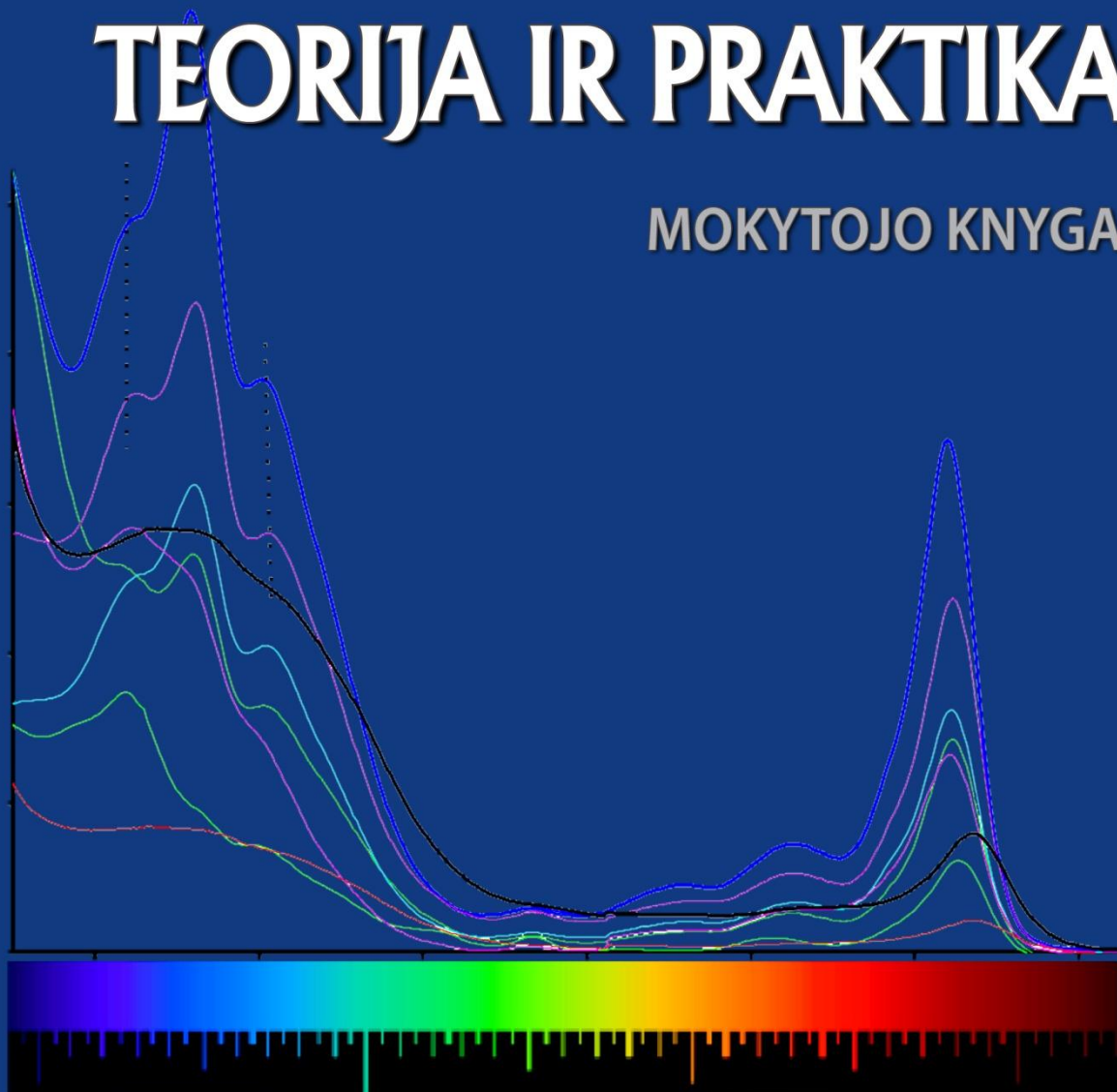




# MOKYKLINIŲ FIZIKOS EKSPERIMENTŲ TEORIJA IR PRAKTIKA

MOKYTOJO KNYGA



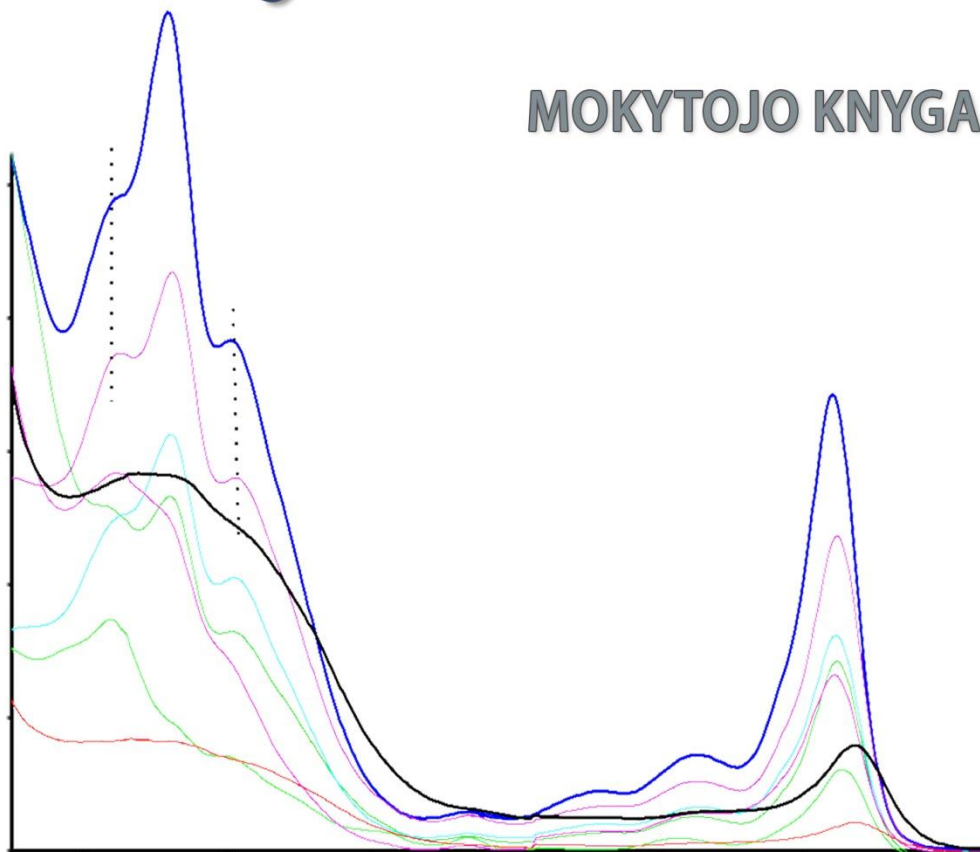




Vykintas Baublys, Regina Čekianienė, Valdas Girdauskas,  
Arvydas Kanapickas, Nerijus Lamanauskas, Saulius Mickevičius,  
Palmira Pečiuliauskienė, Lina Ragelienė, Loreta Ragulienė, Jūratė Sitonytė,  
Violeta Šlekienė, Mindaugas Tamošiūnas, Raimundas Žaltauskas

# MOKYKLINIŲ FIZIKOS EKSPERIMENTŲ TEORIJA IR PRAKTIKA

MOKYTOJO KNYGA



Vilnius, 2014



UDK 53(072)  
Mo 53

2007–2013 m. Žmogiškųjų išteklių plėtros veiksmų programos 2 prioriteto „Mokymasis visą gyvenimą“ VP1-2.2-ŠMM-03-V priemonę „Mokymo personalo, dirbančio su lietuvių vaikais, gyvenančiais užsienyje, užsienio šalių piliečių vaikais, gyvenančiais Lietuvoje, ir kitų mokymosi poreikių turinčiais mokiniais, kompetencijų tobulinimas“ projektas „**Gamtos mokslų mokytojų eksperimentinės veiklos kompetencijos tobulinimas atnaujintų mokymo priemonių ir 9–12 klasių bendrųjų programų pagrindu (VP1-2.2-ŠMM-03-V-01-002)**“. Projekto vykdytojas – **Lietuvos edukologijos universitetas**. Partneriai – Vytauto Didžiojo universitetas ir Šiaulių universitetas.

#### **Mokyklinių fizikos eksperimentų teorija ir praktika. Mokytojo knyga. Vilnius, 2014**

**Autoriai:** Vykintas Baublys<sup>1</sup>, Regina Čekianienė<sup>2</sup>, Valdas Girdauskas<sup>1</sup>, Arvydas Kanapickas<sup>1</sup>, Nerijus Lamanauskas<sup>1</sup>, Saulius Mickevičius<sup>1</sup>, Palmira Pečiuliauskienė<sup>2</sup>, Lina Ragelienė<sup>1</sup>, Loretą Ragulienė<sup>3</sup>, Jūratė Sitonytė<sup>3</sup>, Violeta Šlekienė<sup>3</sup>, Mindaugas Tamošiūnas<sup>1</sup>, Raimundas Žaltauskas<sup>2</sup>.

Metodinė priemonė apsvaistyta Lietuvos edukologijos universiteto Gamtos, matematikos ir technologijų fakulteto Tarybos posėdyje 2014-05-15 (protokolo Nr.21).

Metodinę priemonę sudaro keturi skyriai. Pirmasis knygos skyrius yra teorinio pobūdžio, jame išryškintas pažinimo kompetencijos vaidmuo eksperimentinėje veikloje, nagrinėjamas tyrinėjimu grindžiamas mokymasis, aktyvieji mokymosi metodai, kurie galėtų pajvairinti edukacinę praktiką. Antrajame skyriuje aprašytos kompiuterizuotos mokymo sistemos, pritaikytos gamtamoksliam ugdymui. Trečiasis mokytojo knygos skyrius yra praktinio pobūdžio, susijęs su dalyko laboratoriniais darbais. Tyrimai laboratorijoje, konkrečios situacijos analizė, problemų sprendimas padeda nuo mokymo pereiti prie mokymosi, gamtos mokslus daro patrauklius, o patį mokymosi procesą įdomesnį ir prasmingesnį. Aprašomos tyrimų metodikos skiriasi tyrimo objektais, veiklų apimtimi ir sudėtingumu, todėl kiekvienas mokytojas, priklausomai nuo moksleivių pasirengimo lygio, gali pasirinkti tinkamus tyrimus. Ketvirtasis knygos skyrius yra praktinio tarpdalykinio pobūdžio. Šioje metodinėje priemonėje aprašytos metodikos yra išbandytos pedagogų kvalifikacijos tobulinimo kursuose su gamtos dalykų (biologijos, chemijos, fizikos) mokytojais. Mokymuose gamtamokslinę kompetenciją tobulino per 330 gamtos dalykų mokytojų, mokymų trukmė – 60 val.

**Leidinio ekspertė** – Alvida Lozdienė.

<sup>1</sup> Vytauto Didžiojo universitetas

<sup>2</sup> Lietuvos edukologijos universitetas

<sup>3</sup> Šiaulių universitetas



## TURINYS

Pratarmė.....	8
I. EKSPERIMENTINĖS VEIKLOS TEORINIAI PAGRINDAI .....	9
1.1. Kūrybinės visuomenės iššūkiai gamtamoksliam ugdymui .....	9
1.2. Eksperimentinės veiklos filosofija .....	9
1.3. Eksperimento vaidmuo moksliniame realybės pažinime. Eksperimento struktūra ir R. Marzano tikslų taksonomija.....	11
1.4. Bendrųjų kompetencijų modeliai. Kompetentingumas.....	13
1.5. Pažinimo kompetencija – eksperimentinės veiklos pagrindas. Pažinimo kompetencijos ir kitų bendrųjų kompetencijų dermė.....	15
1.6. Konstruktyvizmas. Tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapai .....	17
1.7. Tyrinėjimu grindžiamo mokymosi lygmenys .....	19
1.8. Grafų metodo taikymas tarpdalykinių ryšių paieškai.....	21
1.9. Probleminės situacijos tiriamojoje veikloje. Euristinis pokalbis .....	24
1.10. Diskusijos tinklo ir mokymosi dienoraščio taikymas gamtamokslinių dalykų pamokose..	25
II. KOMPIUTERINIS EKSPERIMENTAS .....	27
2.1. Kompiuterizuotos mokymo sistemos gamtamoksliam ugdymui .....	27
2.2. Nova .....	28
2.2.1. Nova 5000 paskirtis ir sandara .....	28
2.2.2. Nova 5000 išorinės jungtys ir valdymas .....	30
2.2.3. Nova 5000 eksperimentų atlikimas su MultiLab .....	31
2.2.4. Kiti Nova 5000 programų įrankiai .....	33
2.2.5. Būdingos jutiklių charakteristikos.....	34
2.3. Xplorer GLX įvadas .....	38
2.3.1. Xplorer GLX paskirtis ir savybės.....	38
2.3.2. Xplorer GLX išorinės jungtys ir valdymas .....	38
2.3.3. Matavimo atlikimas su Xplorer GLX.....	39
2.3.4. Pagrindinio ekrano funkcijos .....	40
III. DALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI.....	43

3.1. Mechanikos laboratoriniai darbai .....	43
3.1.1. Grafinis judėjimo vaizdavimas (GLX).....	43
3.1.2. Antrojo Niutono dėsnio patikrinimas /GLX/ (Tyrimas atliekamas su vienu padėties / atstumo jutikliu) .....	51
3.1.3. Antrasis Niutono dėsnis (Su dviem jutikliais, GLX+DataStudio) .....	58
3.1.4. Maksimalios statinės ir kinetinės trinties koeficientų nustatymas .....	65
3.1.5. Huko dėsnis (GLX) (Gniuždymo deformacija) (Vežimėlių svaidyklės spyruoklių standumo koeficientų radimas) .....	72
3.1.6. Svyruojančio kūno energijos virsmai .....	80
3.1.7. Šokinėjančio kamuolio energijų virsmai .....	87
3.2. Makrosistemų fizikos laboratoriniai darbai.....	98
3.2.1. Elektrinis šilumos ekvivalentas .....	98
3.2.2. Idealiųjų dujų būsenos lygties patikrinimas /GLX su DataStudio/ .....	105
3.2.3. Izoterminis procesas .....	113
3.3. Elektros laboratoriniai darbai .....	124
3.3.1. Laidininko varžos nustatymas .....	124
3.3.2. Laidininko savitosios varžos nustatymas .....	130
3.3.3. Elektros srovės stiprio nuosekliojo laidininkų jungimo grandinėje nustatymas .....	138
3.3.4. Rezistoriaus varžos nustatymas.....	147
3.3.5. Elektros srovės šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros tyrimas .....	154
3.3.6. Kondensatoriaus iškrovos tyrimas .....	161
3.3.7. Elektromagnetinės indukcijos tyrimas .....	170
3.3.8. Temperatūros įtaka termistoriaus varžai .....	176
3.3.9. Puslaidininkinio diodo voltamperinės charakteristikos tyrimas.....	181
3.4. Optikos laboratoriniai darbai .....	188
3.4.1. Medžiagos lūžio rodiklio nustatymas taikant šviesos lūžimo ir visiškojo atspindžio dėsnius .....	188
3.4.2. Šviesos atspindys nuo plokščiojo, įgaubtojo ir iškiliojo veidrodžių .....	195

3.4.3.	Lęšio židinio nuotolio nustatymas.....	201
3.4.4.	Praėjusios per du poliarizatorius šviesos intensyvumo tyrimas .....	207
3.4.5.	Fotometrija. Apšvietos priklausomybės nuo atstumo tyrimas .....	212
3.4.6.	Fotometrija. Apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos tyrimas .....	216
3.5.	Atomo fizikos laboratoriniai darbai .....	220
3.5.1.	Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybės nuo medžiagos tankio tyrimas .....	220
3.5.2.	Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybės nuo medžiagos storio tyrimas .....	224
IV.	TARPDALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI .....	228
4.1.	Bakterijų buvimo nustatymas pagal jų gaminamų porfirinų sugerties spektrus .....	228
4.2.	Dujų difuzija.....	238
4.3.	Dirvožemio elektrinio laidžio tyrimas.....	249
4.4.	Energija iš vaisių ir daržovių.....	253
4.5.	Fotosintezė ( $O_2$ slėgio matavimo metodu) .....	271
4.6.	Gliukozės ir fruktozės optinio aktyvumo tyrimas .....	276
4.7.	Smėlio ir vandens savitųjų šilumų palyginimas .....	293
4.8.	Spektroskopinis chlorofilo nustatymas augalų ekstraktuose.....	306
4.9.	Transpiracija.....	319
4.10.	Vaisių sulčių biologinių, cheminių ir fizinių savybių tyrimas .....	325
4.11.	Vandens, esančio moliniame ąsotyje, šilumos kitimo tyrimas.....	342
4.12.	Žmogaus kūno ir aplinkos šilumos apykaitos tyrimas žmogui prakaituojant .....	348

## PRATARMĖ

Mokytojo knygos paskirtis padėti mokytojui pasirengti ir vesti laboratorinio darbo pamoką naudojant skaitmenines laboratorinių darbų priemones. Šioje mokytojo knygoje aprašomos metodikos, kaip organizuoti laboratorinio darbo pamoką, atsižvelgiant į šiuolaikines ugdymo paradigmas, grindžiamas konstruktyvizmu ir humanizmu.

Mokytojo knygą sudaro trys skyriai. Pirmasis knygos skyrius yra teorinio pobūdžio, jame apžvelgiami kūrybinės visuomenės bruožai, bendrųjų kompetencijų ugdymo aktualijos ir realijos, išryškinamas pažinimo kompetencijos vaidmuo eksperimentinėje veikloje, pažinimo kompetencijos ir kitų bendrųjų kompetencijų dermė, nagrinėjamas tyrinėjimu grindžiamas mokymasis, aktyvieji mokymosi metodai, kurie galėtų pajvairinti edukacinę praktiką laboratorinio darbo pamokoje.

Antrasis mokytojo knygos skyrius yra praktinio pobūdžio, susijęs su dalyko laboratorinių darbų atlikimu. Kiekvieno laboratorinio darbo tema išdėstoma tokiu nuoseklumu:

1. Temos pavadinimas.
2. Laboratorinio darbo teorinis pagrindimas.
3. Eksperimento metodika.
4. Eksperimento eiga.
5. Kontrolinių užduočių atsakymai.

Trečiasis mokytojo knygos skyrius yra praktinio tarpdalykinio pobūdžio. Jame aprašomos tarpdalykinio turinio užduočių atlikimo metodikos. Tarpdalykinio turinio laboratoriniai darbai pateikiami tokiu pat nuoseklumu kaip ir dalykiniai laboratoriniai darbai: tema, laboratorinio darbo teorinis pagrindimas, eksperimento metodika, eksperimento eiga, kontrolinių užduočių atsakymai. Mokytojo knygos turinys suderintas su laboratorinių darbų sąsiuvinių turiniu. Mokytojo knygos kiekvieno praktinio pobūdžio temoje paaiškinama, kaip mokytojas turėtų naudoti laboratorinių darbų sąsiuvinį pamokoje.

Autoriai

# I. EKSPERIMENTINĖS VEIKLOS TEORINIAI PAGRINDAI

## 1.1. KŪRYBINĖS VISUOMENĖS IŠŠŪKIAI GAMTAMOKSLIAM UGDYMIUI

Mokykla – visuomenės institucija. Visuomenės pokyčiai sąlygoja mokyklos pokyčius. Sociologijoje išskiriami keturi visuomenės tipai: tradicinė, industrinė, poindustrinė, informacinė. Šiuolaikinis laikotarpis – perėjimo iš informacinės visuomenės į kūrybinę visuomenę laikotarpis.

Kūrybinės visuomenės sąvoką pirmą kartą pavartojo JAV ekonomistas, profesorius Ričardas Florida (*Richard Florida*). Knygoje *The rise of the creative class* (2002) jis aprašė naują visuomenės sluoksnį – kūrybinę klasę, kurios kūrybingumas yra pagrindinis visuomenės variklis. Jo manymu, kūrybinėje visuomenėje 25–30 proc. žmonių turėtų dirbti naujų technologijų industrijos, mokslo ir inžinerijos, meno, muzikos, kultūros; finansų nuostatų ir teisinės kūrybos bei kitose kūrybinių pajėgumų reikalaujančiose veiklos srityse. Kūrybinei visuomenei būdingas sudėtingumas, dinamiškumas, sparti technologijų pažanga, beveik vienodi inovacijų kūrimo ir įgyvendinimo tempai, ūkinės veiklos poslinkis iš tradicinių priemonių dauginimo į naujų kūrimą.

Svarbus šiuolaikinės visuomenės bruožas – nuolatinė žinių kaita. Kūrybinėje visuomenėje neįmanoma įgyti žinių visam gyvenimui, svarbu išmokti reikiamu momentu susirasti žinių ir gebėti jomis pasinaudoti. Pokyčiai tapo gyvenimo norma, ir kuo toliau, tuo jie darosi spartesni. Maža to, stabilumas – jau patologija ir dabar gali būti išlaikomas nebent dirbtinėmis priemonėmis, kadangi šiuolaikinės visuomenės ir modernių organizacijų prigimčiai būdinga orientacija į nuolatinę kaitą.<sup>1</sup> Vykstant pokyčiams, keičiasi ir švietimo sistema, o kartu ir esminis jos komponentas – ugdymo proceso „ląstelė“<sup>2</sup> – ugdomoji situacija. Besikeičiančioje visuomenėje kinta svarbiausi ugdomosios situacijos didaktiniai komponentai: ugdymo turinys, ugdymo technologijos, ugdytojų profesinės kompetencijos.

Kaitos požiūrį teoriškai įprasmina naujausia ugdymo teorija – konektyvizmas, susijęs su modernių informacinių komunikacinių technologijų (saityno Web2) diegimu į edukacinę praktiką. G. Siemens (2004)<sup>3</sup> metais pasiūlytos teorijos – konektyvizmo – idėjos pateisina elektroninių mokymosi priemonių, naujos kartos saitynų naudojimą. Pagal konektyvizmą *mokymasis yra ryšio su informacijos šaltiniais sudarymo procesas*, informacija nuolat keičiasi, atnaujinama, todėl svarbu palaikyti ryšį su informacijos šaltiniais. Tampa aktualūs informacijos paieškų, valdymo gebėjimai. Išskyla bendrųjų, plačiai pritaikomų kompetencijų poreikis.

Gamtamokslių dalykų mokymasis mokykloje sudaro savitas sąlygas bendrųjų kompetencijų ugdymui, kūrybingumui puoselėti. Jį galima ugdyti per mokinio ir aplinkos aktyvią sąveiką, pasireiškiančią tyrinėjimu, eksperimentine veikla. Netradicinės mokymosi priemonės, virtualios mokymosi aplinkos atveria naujas galimybes mokinių kūrybingumui ugdyti.

### **Klausimas refleksijai**

Kokie kūrybinės visuomenės bruožai ir kokie jos iššūkiai gamtamoksliniam ugdymui?

## 1.2. EKSPERIMENTINĖS VEIKLOS FILOSOFIJA

Eksperimentinės veiklos metodologinis pagrindas – pažinimo filosofija, kuri dar vadinama gnoseologija. Pažinimas yra aktyvus žmogaus santykis su tikrove. Žmogus priima informaciją iš aplinkos jutimo organais: regėjimu, lytėjimu, klausa. Pažintinė asmens veikla įvairi: stebėjimai, bandymai, eksperimentai, mintiniai eksperimentai ir pan.

Atsakymo į klausimą, kas yra pažinimo procesas, filosofai ieško daugiau nei du tūkstančius metų. Filosofai, kurie pažinimo šaltiniu laiko protą, vadinami racionalistais (lot. *ratio* – protas).

<sup>1</sup> Želvy, R. (1998). Švietimo kaitos samprata. *Švietimo reformos. Švietimo studijos*, 4, p. 11.

<sup>2</sup> Bitinas, B. (2006). *Edukologinis tyrimas: sistema ir procesas*. Vilnius.

<sup>3</sup> Siemens, G. (2004). *Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age*. Internaktyvus. Prieiga per internetą adresu: <http://www.elearnspace.org/Articles/connectivism.htm>



Priešingo požiūrio filosofai vadinami empirikais (gr. *Empeiria* – patirtis) arba sensualistais (lot. *sensus* – pojūtis).

Skirtingo istorinio laikmečio filosofai įvairiai aiškino pažinimo procesą. Antikos filosofai Demokritas ir Platonas buvo įsitikinę, kad filosofinio pažinimo šaltinis yra intelektas, protas. Jų manymu, remiantis logika galima įrodyti tai, ko nežinome iš patirties. Demokritas teigė, kad svarbu atskleisti daiktų esmę. Ją sudaro atomai, kurių juslėmis patirti neįmanoma. Todėl tik protu žmogus gali pažinti nekintamus, nedalijamus atomus.

Aristotelis atsižvelgė ir į juslinį patyrimą. Jis teigė, kad faktų nustatymas yra būtinas mokslinio pažinimo etapas. Vėliau nuo patyrimo faktų pereinama prie bendrųjų principų, kurių tikrumui nustatyti būtinas protas. Tačiau Aristotelis buvo racionalistinių pažiūrų filosofas.

Empirikai teigia, kad niekas iš mūsų gimdamas neatsineša į pasaulį jokių, nors ir menkiausių, žinių. Anglų filosofas Džonas Lokas (*John Locke, 1632–1704*) teigė, kad gimstant žmogaus protas yra lyg neprirašyta lenta – *tabula rasa* (lot. švari lenta). Pirmuosius ženklus žmogaus prote palieka juslėmis įgyjama patirtis.

Racionalistai kritikuodami empirikus teigė, kad jutimais galima pažinti tik pavienius reiškinius. Tarkime gerai žinodami vieno žmogaus savybes, nieko negalima pasakyti apie kitus žmones, žmoniją. Be to, racionalistai skelbia, kad įvairūs žmonės skirtingai suvokia išorės poveikį, kad jutimais gautos žinios turi subjektyvų pobūdį. Pavyzdžiui, žmonės skirtingai suvokia šilumos, šalčio poveikį.

XVII a. sparčiai vystantis gamtos mokslams vis didesnę reikšmę įgavo empirizmas. Anglų filosofas *Francis Baconas (Francis Bacon, 1561–1626)* kaltino racionalistus atitrūkimu nuo gyvenimo. Jis rašė, kad racionalistai sugalvojasavo teorijas kaip voras, verpiantis voratinklį. F. Bacono filosofija padėjo klasikinės naujųjų laikų gamtotyros pagrindus.

Naujųjų amžių filosofijos pradininkas R. Dekartas (*René Descartes, 1596–1650 m.*) buvo racionalizmo šalininkas. Jis teigė, kad juslinė patirtis negali būti tikras pažinimo šaltinis. Patyrimu įgytoms žinioms aiškią struktūrą suteikia protas. R. Dekaro manymu, per patyrimą įgytos žinios nepasižymi visuotinumu ir būtinumu. Patyrimą gali nustatyti tik protas. Pavyzdžiui, Pitagoro teorema pasižymi visuotinumu, nes ji tinka visiems statiesiems trikampiems. Matydami lietu, negalime tvirtinti, kad lyja visur. Juslinė patirtis nusako tai, kas vyksta čia ir dabar. Protas, pasak R. Dekarto, gali nustatyti ne tik tai, kas yra, bet ir kas turi būti visur ir visada. Todėl protas ir yra pažinimo šaltinis.

XIX–XX a. susiformavo nauja filosofijos kryptis – pozityvizmas [pranc. *positivisme* < *positif* – pagrįstas]. Jos atstovai pabrėžė žinojimo reikšmę žmonijos pažangai. Jų požiūriu, mokslinio žinojimo šaltinis yra patyrimas. Šiuo atžvilgiu pozityvizmas yra artimas empirizmui.

Materialistinė filosofija pažinimo objektu laiko tikrovę, o pažinimą – jos atspindžiu. XVII ir XVIII amžiaus materializme gyvavo požiūris, kad jutimo organais žmogus suvokia tikrovę tokią, kokia ji yra iš tikrųjų. Netgi buvo manoma, kad skoniai, spalvos egzistuoja ir objektyvioje tikrovėje. XIX a. vokiečių fiziologas J. Miuleris (*Johan Peter Muller, 1801–1858*) įrodė, kad spalvos suvokimas susidaro žmogaus nervų sistemoje, kai šviesos bangos dirgina akies tinklainę. Spalvos suvokimas yra psichinis vaizdas, kuris neegzistuoja objektyviai (nepriklausomai nuo žmogaus), o objektyviai egzistuoja tik įvairaus dažnio elektromagnetiniai virpesiai. Vadinasi, pažinimas nėra tiesioginis tikrovės atspindys žmogaus sąmonėje.

Materialūs daiktai tampa pažinimo objektu tada, kai jie yra išreiškiami sąvokomis. Pavyzdžiui, stebime nuo kalno rogutėmis besileidžiančius vaikus. Buitinio pažinimo lygmeniu svarbios įvairios detalės: vaikų apranga, amžius, nuotaika, bendravimas ir pan. Minėtas reiškinys tampa mokslinio pažinimo objektu, kai jis išreikštas minties konstrukcijomis, mokslo sąvokomis. Šiuo atveju fizikas šį reiškinį apibūdintų taip: nuožulnia plokštuma juda m masės kūnas, kurio pradinis greitis lygus **nuliui**, galutinis greitis lygus **v**. Fizikos mokslo atstovui pažinimo objektas yra ne realus reiškinys (su spalvomis, garsais), o tik savybių, būdingų ne tik šiam reiškiniui, bet ir visiems judantiems ir masę turintiems kūnams, visuma.

Fizikos eksperimentų metodologinis pagrindas – įvairios filosofinės kryptys. Svarbus empirizmas, pozityvizmas, materializmas. Tai yra tos filosofinės kryptys, kurios pripažįsta

objektyviai egzistuojančią tikrovę, galimybę ją pažinti. Atliekant fizikos eksperimentus svarbu vadovautis ir racionalistine filosofija, pripažįstančią žmogaus proto, abstrahavimo vaidmenį pažinimo procese.

### **Klausimas refleksijai**

Kaip filosofiniu požiūriu paaiškinamas gamtos pažinimo procesas?

### **1.3. EKSPERIMENTO VAIDMUO MOKSLINIAME REALYBĖS PAŽINIME. EKSPERIMENTO STRUKTŪRA IR R. MARZANO TIKSLŲ TAKSONOMIJA**

„Aplinkos pažinimo galimybės, kurias lemia žmogaus pojūčiai, yra ribotos. Žmogaus uoslė skiria tik keleto rūšių dujų arba jų mišinių kvapus, skonio receptoriai jautrūs taip pat nedaugeliui cheminių junginių ir medžiagų. Lytėdamas žmogus gali justi tik siauro intervalo temperatūrų skirtumus. Jis girdi ne visus gamtoje egzistuojančius garsus, o tik tuos, kurių dažnis yra nuo 16 Hz iki 20 kHz <...>, suvokia elektromagnetines bangas, kurių ilgio diapazonas yra tik nuo 380 nm iki 760 nm, skiria objektus, kurių matmenys apytiksliai lygūs vienam mikrometrui. <...> Nuolatinis prieštaravimas tarp mažo informacijos srauto, kurį teikia pojūčiai, ir milžiniškos informacijos, glūdinčios žmogų supančiame pasaulyje, sudarė prielaidas tobulinti pažinimo procesą. Naudodamas įvairius prietaisus bei įrenginius, žmogus praplėtė savo pažinimo ribas, įgijo daugiau žinių apie aplinką.“<sup>4</sup> Žmogaus pažinimo ribas išplečia pažinimo procese naudojami prietaisai, įranga, naudojamos naujos technologijos.

Eksperimentas (lot. *experimentum* – mėginimas, bandymas) – tai empirinis tyrimas, padedantis planingai valdant daikto ar reiškinių sąlygas patikrinti priežastinių ryšių hipotezes (Kardelis, 1997). Eksperimentas – yra bendramokslis metodas naujoms žinioms gauti, siekiant nustatyti priežastinius ryšius. Jo eiga yra kontroliuojama, atsiribojama nuo pašalinių veiksnių įtakos.

Eksperimentinio tyrimo etapai:

1. Apibrėžiama tyrimo problema;
2. Suformuluojama eksperimento hipotezė;
3. Numatomas eksperimento tikslas;
4. Pasirenkamos eksperimento priemonės;
5. Pasirenkami eksperimento būdai;
6. Renkami eksperimento duomenys;
7. Formuluojamos eksperimento išvados;
8. Patvirtinamos arba paneigiamos hipotezės.

Problemos formuluotėje paprastai glūdi mus dominančio objekto ar reiškinių nežinoma savybė, požymiui išsiaiškinti skirti praktiniai ir teoriniai klausimai. Mokslinė problema – tai klausimas (*kas, kodėl, kaip?*), į kurį tyrėjas turi atsakyti, pasitelkęs tyrimo priemones. Pavyzdžiui, kaip keičiasi laisvai krintančių kūnų greitis? Suformulavus tyrimo problemą, numatomas galimas jos sprendimo rezultatas. Jis atsispindi eksperimento hipotezėje (lot., gr. *hypothesis* – spėjimas). Hipotezės kuriamos, kai, remiantis turimomis mokslo žiniomis, patirtimi neįstengiama paaiškinti naujų reiškinių, objektų. Hipotezės suteikia eksperimentui kryptingumą, nuoseklumą, padeda tyrėjui išlaikyti darną visoje tyrimo eigoje. Pavyzdžiui, laisvai krintančių kūnų greitis didėja. Remiantis tyrimo problema ir hipoteze, formuluojamas tyrimo tikslas. Pavyzdžiui, išmatuoti laisvai krintančio kūno greitį.

Formuluojant tyrimo problemą, hipotezę, tikslą atsiskleidžia tyrėjo metakognityvinis mąstymas. Tai yra pirmasis pažinimo lygmuo pagal šiuolaikinę mokymosi paradigmą. Pagal klasikinę mokymo paradigmą daugiau dėmesio skiriama mokinio kognityviniams mąstymams ugdyti. Šis mąstymas apima informacijos apdorojimą, atgaminimą, lyginimą, klasifikavimą, apibendrinimą, nagrinėjimą, tyrinėjimą ir išvadų formulavimą. Kognityvinis mąstymas neapima visos mokymosi veiklos. Jį papildo metakognityvinis mąstymas. Metakognityvinio ir kognityvinio

<sup>4</sup> Pečiuliauskienė P. (2012). Fizika 11-12. Judėjimas ir jėgos. Kaunas: Šviesa.

mąstymo santykis atsispindi 2005 metais Roberto J. Marzano (*Robert J. Marzano*) pasiūlytame mokymosi modelyje, kuris vadinamas Marzano tikslų taksonomija. Ji sukurta pagal S. Froido (*Sigmund Freud, 1856–1939*) pasiūlytą struktūrinį asmenybės modelį. Pagal šį modelį asmenybę sudaro trys struktūros:

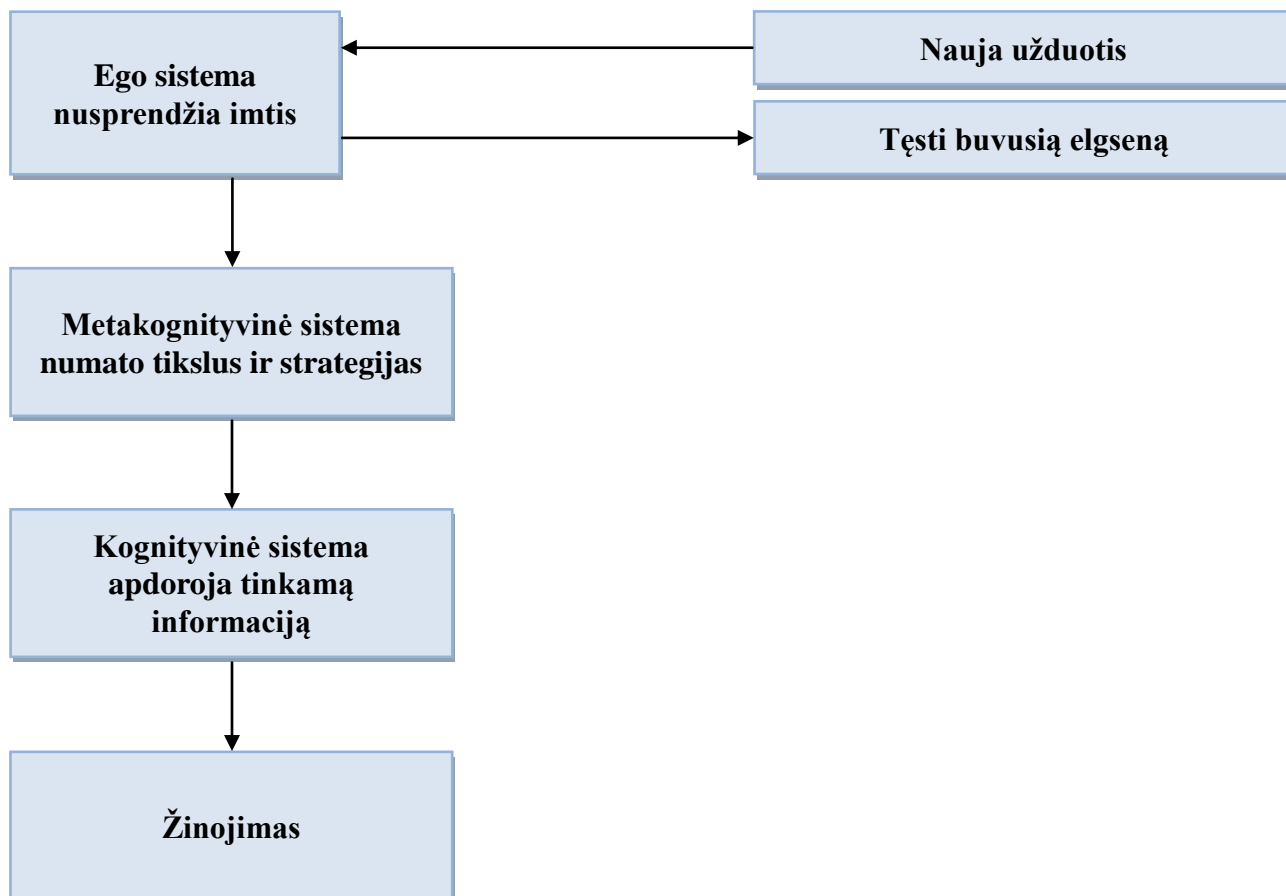
Id (lot. *tai*) – nesąmoningas ir paveldimas asmenybės struktūrinis darinys. Vienintelis psichinės energijos šaltinis. Id veikia pagal malonumo principą. Tai pirminis procesas – instinktyvių poreikių patenkinimas fantazijoje. Tai ikiloginis, ikižodinis, patyrimo ir išmokimo dar nesupavidalintas ir nespecializuotas psichikos vyksmas.

Ego (lot. *aš*) – tai psichikos dalis, atsakinga už sprendimų priėmimą. Ego stengiasi patenkinti id norus, suderindama juos su išorinio pasaulio apribojimais ir superego reikalavimais. Veikia pagal realybės principą, loginį mąstymą ir įgūdžius.

Superego (lot. *virš aš*) – tai internalizuotos tradicinės vertybės, idealai, kuriuos vaikui perduoda tėvai. Pagrindinė užduotis – įvertinti vieno ar kito reiškinių teisingumą, remiantis moraliniais standartais. Superego padeda palaikyti tradicijas ir tęstinumą, perduodamas vertybes iš kartos į kartą.

R. Marzano tikslų taksonomija apima tris mąstymo lygmenis: ego („aš“ sistemos), metakognityvinį ir kognityvinį (žr. 1 pav.). Tarp jų yra aiškus hierarchinis ryšys – ego sistemos lygmens mąstymas kontroliuoja abu lygmenis – metakognityvinį ir kognityvinį mąstymą.

Atliekant eksperimentą ego sistema yra atsakinga už eksperimento atlikimo svarbos, mokymosi veiksmingumo įvertinimą, motyvaciją. Ego sistema sprendžia, ar eksperimento tema atitinka jo patirtį, ar tema jam įdomi, įveikiama. Jei eksperimento tema mokiniui įdomi, jis įsitrauks į darbą ir sėkmingai jį atliks. Jei vidiniai motyvai atlikti eksperimentą silpni, mokinys gali eksperimentą atlikti paviršutiniškai. Eksperimentinės užduoties suformulavimas priklauso nuo tyrinėjimu grindžiamo lygmens (1.6 tema). Todėl mokytojai, pasirinkdami tyrinėjimu grindžiamo mokymosi lygmenį, turėtų atsižvelgti į mokinių tiriamosios veiklos patirtį, nes netinkamai pasirinktas tiriamosios veiklos lygmuo gali slopinti eksperimentinės veiklos motyvaciją.



1 pav. R. Marzano tikslų taksonomijos modelis

„Pedagogai, patys to nepastebėdami, dažnai patiria nesėkmę būtent šiuo mokymo etapu – skirdami mokiniams užduotį. Tolesni mokymo žingsniai – užduoties atlikimas, vertinimas – tokiu atveju būna betiksliai.“ (*Inovatyvių mokymo(si) metodų taikymas, I knyga* (2010, p.17)

Jei ego sistema nusprendžia imtis eksperimentinės užduoties, pradeda veikti metakognityvinė sistema. Ji atsakinga už konkretų eksperimento problemos, hipotezės, tikslo formulavimą, eksperimento eigos planavimą, eksperimento priemonių pasirinkimą. Metakognityvinis mąstymas sąlygoja kognityvinį mąstymą (1 pav.). Atliekant tiriamojo pobūdžio eksperimentą, kognityvinis mąstymas apima informacijos rinkimą, atgaminimą, analizavimą, apibendrinimą, išvadų formulavimą, eksperimento hipotezės tikrinimą.

### **Klausimas refleksijai**

Kaip eksperimento eiga susijusi su R. Marzano tikslų taksonomija?

## **1.4. BENDRŲJŲ KOMPETENCIJŲ MODELIAI. KOMPETENTINGUMAS**

Kompetencijos sąvoka vartojama nuo XVI a., tačiau iki šiol nėra priimtas jos vienodas apibrėžimas. Vienu autorių požiūriu, kompetencija (lot. *Competentia* – priklausomybė (pagal teisę)) – tai gebėjimas atlikti tam tikrą veiklą, grindžiamas individo žiniomis, mokėjimais, įgūdžiais, požiūriais, patirtimi, polinkiais, asmenybės savybėmis bei vertybėmis.

Kiti autoriai kompetenciją apibūdina kaip įgūdžius, gebėjimus, žinojimą ir charakteristikas, išryškėjančias žmonių veikloje bendraujant su pasauliu ir siekiant sėkmingo rezultato, kai atliekamos tam tikros užduotys ir veikiama tam tikromis aplinkybėmis.

Kompetencija (lot. *Competentia* – priklausomybė (pagal teisę)) apibūdinama kaip gebėjimas atlikti tam tikrą veiklą priimtiniu lygiu. Europos švietimo dokumentuose kompetencija apibrėžiama kaip „žinių, gebėjimų ir nuostatų derinys“<sup>5</sup>. Dažniausiai mokslinėje literatūroje *kompetencija* apibūdinama kaip asmens gebėjimas atlikti tam tikrą veiklą, grindžiamą *žiniomis, mokėjimais, įgūdžiais vertybėmis*. Asmens kompetencijos lemia kompetentingumą. *Kompetentingumas* suprantamas kaip gebėjimas praktikoje panaudoti kompetencijas. Kompetentingumo pagrindas yra kompetencijos. *Kompetentingumas* – tai asmens veiklos efektyvumas, kokybė arba gebėjimas praktikoje panaudoti tam tikras kompetencijas arba kvalifikaciją.

Kompetencijos gali būti bendrosios ir dalykinės. **Bendrosios kompetencijos** tai universali, dinamiška ir nuolat atsinaujinanti vertybinių nuostatų, gebėjimų ir žinių integrali visuma, sudaranti prielaidas atlikti įvairias veiklas nuolat besikeičiančiuose unikaliose ugdymo turinio, socialinėse, kultūrinėse ir ekonominėse situacijose.

Europos Komisijos darbo grupė pasiūlė aštuonias pagrindines kompetencijas:

1. Komunikavimas gimtąja kalba;
2. Komunikavimas užsienio kalba;
3. Matematinis raštingumas ir pagrindinės gamtos mokslų ir technologijų kompetencijos;
4. Informacinių ir komunikacinių technologijų gebėjimai;
5. Mokymasis mokyti;
6. Tarpasmeniniai ir pilietiniai gebėjimai;
7. Verslumas;
8. Kultūrinė kompetencija.

Europos Komisijos darbo grupė pažymėjo, kad pagrindinės kompetencijos turėtų sudaryti Europos modelį, kuris būtų įtrauktas į visas valstybines bendrąsias programas. Į šalyje parengtas Bendrąsias programas įtrauktos šešios bendrosios kompetencijos: mokėjimo mokyti, komunikavimo, kūrybingumo ir iniciatyvumo, pažinimo, asmeninė, socialinė.

Bendrosios kompetencijos yra svarbi sudėtinė visų dalykinių kompetencijų dalis, jos papildo ir išplečia dalykinių kompetencijų turinį. **Dalykinės kompetencijos** – tai žinių, gebėjimų, įgūdžių ir

<sup>5</sup> *Concept document of the Commission expert group on „Key competencies“*, 2002.

vertybinių nuostatų integrali visuma, sąlygojanti sėkmingą veiklą konkrečioje ugdymo turinio srityje / konkurencijoje. Ugdant dalykines kompetencijas kartu ugdomos ir bendrosios kompetencijos.

**Mokėjimo mokytis** kompetencija pasireiškia atsakingumu už savo mokymąsi, gebėjimu valdyti mokymosi procesus, tobulinti savo mokymąsi. Kompetencijos ugdymas yra ilgalaikis procesas, kurį galima išskaidyti į atskirus etapus. Mokėjimas mokytis prasideda nuo savo žinių, gebėjimų įsivertinimo, gebėjimų refleksijos.

Įsivertinęs savo dalykinę patirtį, mokinys turi gebėti kelti mokymosi tikslus, uždavinius, pasirinkti mokymosi laiką, mokymosi priemones, mokymosi strategijas ir pradėti savarankišką mokymąsi. Mokėjimas mokytis pasireiškia ne tik gebėjimu savarankiškai mokytis, bet ir gebėjimu reflektuoti mokymosi veiklą, įsivertinti mokymosi procesą, pasiektus rezultatus, kelti naujus mokymosi tikslus.

Daug vertingos mokytojų informacijos apie mokėjimo mokytis kompetenciją, jos turinį, ugdymo priemones ir būdus, vertinimą ir įsivertinimą skelbiama internetinėje svetainėje adresu: <http://www.ugdome.lt/kompetencijos5-8/pagrindinis/pagrindiniai-kompetenciju-ugdymo-aspektai/siuolaikinio-ugdymo-tikslas-asmens-kompetencijos/bendrosios-ir-esmines-dalykines-kompetencijos/>

**Komunikavimo kompetencija** apibrėžiama kaip integrali žinių, gebėjimų ir nuostatų visuma, sudaranti prielaidas suprantamai perduoti ir priimti informaciją, ją suprasti, analizuoti bei tinkamai reaguoti realiuose ir virtualiuose kontekstuose.

**Pažinimo kompetencija** atsiskleidžia kritiniu mąstymu, gebėjimu spręsti problemas, tyrinėti aplinką, gebėjimu pažinti tikrovę ir save<sup>6</sup>.

**Iniciatyvumo ir kūrybingumo kompetencija** pasireiškia gebėjimu matyti idėjų sąsajas ir kurti naujas idėjas, originaliai mąstyti, gebėti pritaikyti patirtį naujose situacijose, numatyti alternatyvius iškilusių problemų sprendimo būdus; gebėjimu priimti kitų idėjas, jas analizuoti, užduoti klausimus; gebėjimu pritaikyti sumanymus naujose situacijose. Iniciatyvus ir kūrybingas žmogus yra atviras pokyčiams, nebijo rizikos, neapibrėžtumo, ne tik pats aktyviai dalyvauja įgyvendinant naujas idėjas, bet ir įtraukia kitus. Daugelis iniciatyvumo ir kūrybingumo kompetencijos gebėjimų būdingi verslumo kompetencijai.

**Socialinė pilietinė kompetencija.** Kiekvienas asmuo yra visuomenės dalis, todėl jis privalo išmanyti visuomenės gyvenimo normas, reikalavimus. Socialinės žinios yra svarbios, svarbus socialinės aplinkos supratimas, socialinių vertybių suvokimas, nusiteikimas pozityviam bendravimui ir bendradarbiavimui. Bendrosiose programose teigiama, jog **socialinės pilietinės kompetencijos** ugdymo tikslas – „išugdyti atsakingą, sąžiningą, aktyvų, demokratinėmis nuostatomis besivadovaujantį, tėvynę mylintį pilietį“. Išsiugdęs socialinę kompetenciją asmuo moka gerbti įvairių kultūrų, socialinių ir amžiaus grupių žmones, žino savo ir kitų teises ir pareigas, suvokia save kaip bendruomenės ir visuomenės narį, geba palaikyti draugiškus santykius, valdyti konfliktus, padėti kitiems.

**Asmeninė kompetencija.** Asmeninė kompetencija yra glaudžiai susijusi su socialine kompetencija. Tik išsiugdęs asmeninę kompetenciją, asmuo gebės tinkamai elgtis visuomenėje. **Asmeninė kompetencija** suprantama kaip asmeninių savybių visuma, grindžiamų aukšta savimone, savirefleksija. Šią kompetenciją išsiugdęs asmuo geba pozityviai mąstyti, naudotis turima patirtimi, įveikti sunkumus, susikurti tinkamą gyvenimo aplinką, geba numatyti savo elgesio padarinius.

Bendrųjų kompetencijų ugdymo metu vyksta vertikalūs mokinių asmeninės patirties perkėlimas, tai yra mokinių patirtis perkeliama į vis aukštesnį lygmenį. Todėl planuojant bendrųjų kompetencijų ugdymą, svarbu išskirti bendrosios kompetencijos komponentų lygmenis, numatyti jų tobulinimo kryptis, priemones, būdus. Į šį procesą svarbu įtraukti mokinius, kad jie patys suvoktų savo bendrųjų kompetencijų tobulėjimo kelią, galėtų diskutuoti dėl pasirenkamų tikslų, priemonių.

### **Klausimas refleksijai**

Koks yra kompetencijos ir kompetentingumo santykis?

---

<sup>6</sup> 1.5 temoje pažinimo kompetencija aptarta detaliau.



## 1.5. PAŽINIMO KOMPETENCIJA – EKSPERIMENTINĖS VEIKLOS PAGRINDAS. PAŽINIMO KOMPETENCIJOS IR KITŲ BENDRŲJŲ KOMPETENCIJŲ DERMĖ

Pažintinė veikla sudaro sąlygas mokinių bendrųjų kompetencijų formavimuisi. Savarankiška tiriamojo pobūdžio veikla skatina kritinį mąstymą, gebėjimą spręsti problemas, tyrinėti aplinką, gebėjimą pažinti aplinką ir save.

Mokinių eksperimentinėje veikloje formuojasi pažinimo kompetencija ir kitos bendrosios kompetencijos. Bendrosios kompetencijos turi daug bendrų bruožų, yra susijusios tarpusavyje (1 lentelė). Vadinasi, ugdant pažinimo kompetenciją, sudaromos sąlygos formuoti ir kitoms kompetencijoms: mokėjimo mokytis, asmeninei, socialinei ir pan. Pirmoje lentelėje atskleistas pažinimo kompetencijos turinys (2 stulpelis) ir kitų bendrųjų kompetencijų turinio komponentai, kurie siejasi su pažinimo kompetencija (4 stulpelis).

Pažinimo kompetencijos turinį ir struktūrą lemia bendrieji eksperimentinės veiklos etapai. Eksperimentinėje veikloje formuojasi gebėjimas atrasti tyrimo problemą, išskirti tyrimo objektą, apibūdinti jo požymius, formuluoti tyrimo hipotezes, numatyti tyrimo temą, iškelti tyrimo tikslą ir uždavinius, pasirinkti tyrimo priemones, numatyti tyrimo eigą, atlikti tyrimą, analizuoti tyrimo rezultatus, formuluoti tyrimo išvadas, patikrinti hipotezę. Šiuos dalykus papildo pažintinės veiklos vertybinės nuostatos: saugiai veikti, nekenkiant sau, kitiems ir aplinkai; prisiimti atsakomybę už tyrimo rezultatų skaidrumą ir patikimumą.

Anksčiau minėti pažinimo kompetencijos gebėjimai ir nuostatos yra susiję su mokėjimo mokytis kompetencijos gebėjimais ir nuostatomis. Pavyzdžiui, gebėjimas formuluoti tikslus yra tiek pažinimo kompetencijos, tiek mokėjimo mokytis kompetencijos komponentas. Eksperimentinėje veikloje svarbu mokėti numatyti eksperimentinės veiklos tikslus ir uždavinius. Mokėjimo mokytis kompetencijoje tikslų formulavimas yra svarbus komponentas. Besimokantis asmuo turi išmokti pats išsikelti mokymosi tikslus.

Atlikdamas eksperimentą mokinys turi gebėti pasirinkti tyrimo priemones, numatyti tyrimo eigą. Šie gebėjimai yra svarbūs ir mokėjimo mokytis kompetencijoje. Mokinys turi gebėti pats pasirinkti mokymosi priemones, organizuoti savo mokymąsi.

Refleksija yra svarbi eksperimentinėje veikloje ir savarankiškai mokantis. Pavyzdžiui, atlikęs eksperimentą mokinys turi gebėti atlikti tyrimo rezultatų analizę, formuluoti išvadas. Šiuose eksperimentinės veiklos etapuose mokinys reflektuoja eksperimento eigą, pasiektus rezultatus.

**1 lentelė.** Pažinimo kompetencijos ir kitų bendrųjų kompetencijų dermė

<b>Pažinimo kompetencija</b>	Geba atrasti tyrimo problemą Geba išskirti tyrimo objektą, apibūdinti jo požymius Geba formuluoti tyrimo hipotezes Geba numatyti tyrimo temą Geba iškelti tyrimo tikslą ir uždavinius	<b>Socialinė kompetencija</b>	Pasitiki savimi ir kitais Gerbia ir toleruoja kitus Konstruktyviai bendradarbiauja Geba susitarti Išmintingai naudoja informaciją
	Geba pasirinkti tyrimo priemones Geba numatyti tyrimo eigą Geba atlikti tyrimą Geba analizuoti tyrimo rezultatus Geba formuluoti tyrimo išvadas Geba patikrinti hipotezę	<b>Mokėjimo mokytis kompetencija</b>	Suvokia mokymosi svarbą Numato mokymosi tikslus ir uždavinius Numato mokymosi strategijas Planuoja mokymosi laiką Pasirenkia tinkamą mokymosi vietą ir šaltinius Savarankiškai mokosi Reflektuoja mokymąsi

	Saugiai veikia, nekenkdami sau, kitiems ir aplinkai Prisiima atsakomybę už tyrimo rezultatų skaidrumą ir patikimumą	<b>Komunikavimo kompetencija</b>	Analizuoja, lygina žodinę ir informaciją Interpretuoja ir vertina informaciją Skleidžia, perteikia informaciją
		<b>Iniciatyvumo ir kūrybingumo kompetencija</b>	Generuoja idėjas Kūrybiškai mąsto Tyrinėja įvairias galimybes Naudoja originalius idėjų realizavimo ir problemų sprendimo būdus Nevengia rizikos ir klaidų
		<b>Asmeninė kompetencija</b>	Pasitiki savo jėgomis Atsakingai siekia tikslo Numato savo elgesio pasekmes Įveikia kliūtis ir sprendžia konfliktus Priima iššūkius ir pokyčius Saugo save, kitus ir aplinką
<b>Pažinimo kompetencija</b>	Geba atrasti tyrimo problemą Geba išskirti tyrimo objektą, apibūdinti jo požymius Geba formuluoti tyrimo hipotezes Geba numatyti tyrimo temą Geba išskirti tyrimo tikslą ir uždavinius Geba pasirinkti tyrimo priemones Geba numatyti tyrimo eigą Geba atlikti tyrimą Geba analizuoti tyrimo rezultatus Geba formuluoti tyrimo išvadas Geba patikrinti hipotezę Saugiai veikia, nekenkdami sau, kitiems ir aplinkai Prisiima atsakomybę už tyrimo rezultatų skaidrumą ir patikimumą	<b>Socialinė kompetencija</b>	Pasitiki savimi ir kitais Gerbia ir toleruoja kitus Konstruktyviai bendradarbiauja Geba susitarti Išmintingai naudoja informaciją

Eksperimentinėje veikloje formuojasi mokinių asmeninė, socialinė, komunikacinė kompetencija. Šių kompetencijų formavimuisi svarbu atlikti eksperimentus grupėse. Grupinėje eksperimentinėje veikloje formuojasi socialinės kompetencijos gebėjimai: mokiniai pasitiki savimi ir kitais, gerbia ir toleruoja kitus, konstruktyviai bendradarbiauja, geba susitarti. Eksperimentinėje veikloje formuojasi asmeninė mokinių kompetencija: pasitikėjimas savo jėgomis, atsakingas tikslo siekimas, savo elgesio pasekmių numatymas ir pan. Grupinėje eksperimentinėje veikloje mokiniai mokosi komunikuoti: apsvarstyti informacijos paieškų būdus, keisti informaciją.

Eksperimentinėje veikoje tobulėja mokinių iniciatyvumo ir kūrybingumo kompetencija. Ji ypač svarbi pirmuosiuose eksperimentinės veiklos etapuose atrandant tyrimo problemą, apibūdinant tyrimo objektą, atliekant eksperimento atlikimo galimybių analizę.

Apibendrinant pažinimo kompetencijos vaidmenį mokinių bendrųjų kompetencijų sistemoje, galima teigti, kad ši kompetencija yra integruojanti, todėl jos ugdymas eksperimentinėje veikloje duoda impulsą kitų bendrųjų kompetencijų tobulinimui.

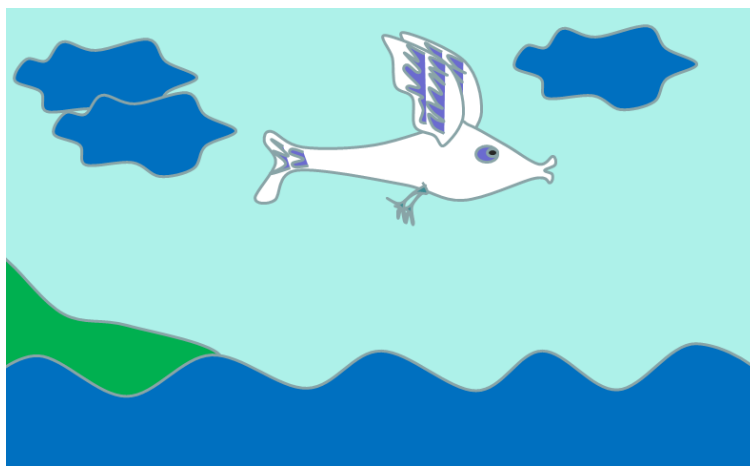
### **Klausimas refleksijai**

Kaip pažinimo kompetencija susijusi su kitomis bendrosiomis kompetencijomis?

## **1.6. KONSTRUKTYVIZMAS. TYRINĖJIMU GRINDŽIAMO MOKYMOSI ETAPAI**

Mokinių eksperimentinės veiklos pagrindas – konstruktyvizmo teorija. Pagal ją žinios nėra galutinės, nekintamos ir tokios, kurias galima perteikti. Žinojimas iš dalies yra asmeniškasis (subjektyvus), o reikšmę konstruoja pats mokinys, remdamasis savo patirtimi. Mokymasis suprantamas kaip interaktyvus, dinamiškas ieškojimo procesas, kuriame tyrinėjant aplinką bei su ja sąveikaujant gimsta naujas supratimas apie save patį ir supantį pasaulį.

Konstruktyvizmo teorijos vaidmenį mokymosi procese puikiai iliustruoja G. Petty knygoje *Šiuolaikinis mokymas* pasaka apie skrendančius paukščius (2 pav.). Pasakojama, kad tvenkinyje gyveno žuvis ir varliukas. Jie labai norėjo sužinoti, kas yra paukščiai. Pavasarį varliukas išsoko iš tvenkinio ir pamatė skrendančius paukščius. Grįžęs į tvenkinį jis papasakojo žuvytei, kaip atrodo paukščiai. Kaip žuvis įsivaizdavo skrendantį paukštį, iliustruoja 1 paveikslas. Skrendantis paukštis yra panašus į skrendančią žuvį – įsivaizduojamo paukščio kūnas yra žuvies formos. Tai atspindi patirties vaidmenį kuriant naują žinojimą. Žuvis žinojo, kaip atrodo kitos žuvys, todėl naują objekto vaizdinį pradeda kurti nuo ankstesnio žinojimo. Bendraudama su varliuku žuvis kuria naują žinojimą – prie žuvies kūno prideda sparnus, kojas. Vadinasi, bendravimas ir bendradarbiavimas yra naujo žinojimo kūrimo veiksnys.



**2 pav.** Konstruktyvizmas piešiniuose, pagal G. Petty

Pedagoginėje literatūroje konstruktyvizmu grindžiamos mokymo organizavimo metodikos vadinamos įvairiai:

- Atradimais grindžiamas mokymasis;
- Problemų sprendimu grindžiamas mokymasis (*Problem-based learning*);
- Tyrinėjimu grindžiamas mokymasis (*Inquiry learning*);
- Eksperimentais grindžiamas mokymasis (*Experiential learning*);
- Konstruktyvizmu grindžiamas mokymasis (*Constructivist learning*).

Gamtamokslinio ugdymo pedagoginėje literatūroje dažniausiai vartojama tyrinėjimu grindžiamo mokymosi sąvoka. Jo studijoms ir praktiniam įgyvendinimui Europoje buvo skirti tarptautiniai projektai: Mind the Gap: Learning, Teaching, Research and Policy in Inquiry-Based Science Education (7BP pajėgumai), Gamtos mokslų mokytojų mokymas pažangiais metodais (Science-Teacher Education Advanced Methods) (7 BP pajėgumai).

Kadangi tyrinėjimu grindžiamu mokymusi remiasi eksperimentinė veikla, aktualu aptarti pedagoginius psichologinius jo pagrindus. Kitaip tariant, reikia atsakyti į klausimą, kaip mokinyms mokosi naudojant tyrinėjimu grindžiamo mokymosi strategiją. Tik suprantant mokymosi proceso esmę, galima ją sėkmingai planuoti, vykdyti, koordinuoti.

Tyrinėjimu grindžiamas mokymasis skaidomas į tris etapus, kurie pedagoginėje literatūroje vadinami skirtingai. Fizikos dėstytojas R. Karplius (1967) (*Robert Karplus*)<sup>7</sup> išskiria tris tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapus: tyrinėjimas (*exploration*), išradimas (*invention*) ir atradimas (*discovery*). Tyrinėjimo etape renkami duomenys; išradimo – apibrėžiamos sąvokos, nustatomi jų ryšiai, kuriamos žinių sistemos; atradimo etape – žinių sistemos pritaikomos naujiems reiškiniams tyrinėti. D. C. Edelsonas (*Daniel C. Edelson*) (1999) tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapus įvardija kitaip: motyvacija (*motivation*), konstruktas (*construct*), tobulinimas (*refine*) (2 lentelė).

Pirmasis tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapas pagal D. C. Edelsoną yra motyvacija. Svarbu pastebėti, kad šį etapą D. C. Edelsonas susieja su mokinio patirtimi. Išskiriami du patirties aspektai: patirties poreikis ir patirties įdomumas. Patirties poreikį skatina strategijos, kurios sukuria žinių poreikį. Patirties įdomumą užtikrina strategijos, kurios išryškina žinių spragas, besimokančiojo asmens patirties ribotumą (2 lentelė).

**2 lentelė.** Tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapai, procesai, strategijos

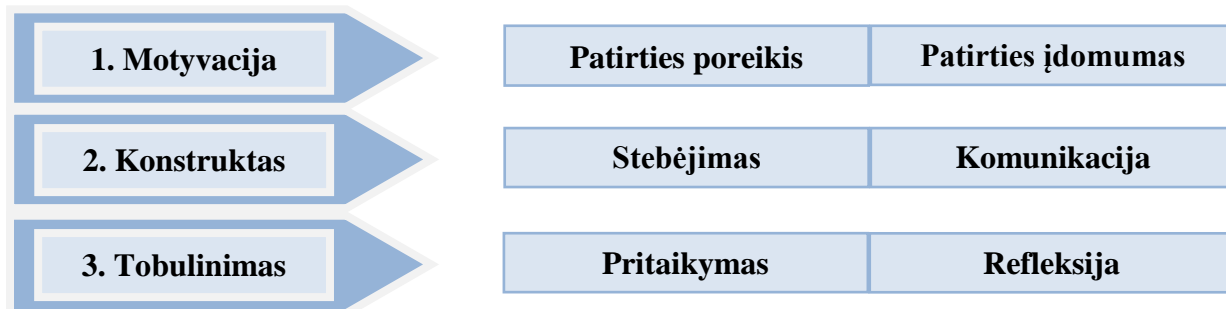
Tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapai	Procesas	Strategijos
Motyvacija	Patirties poreikis	Veikla, kuri sukuria žinių poreikį, skatina jas sėkmingai sisteminti, pritaikyti.
	Patirties įdomumas	Veikla, kuri skatina susidomėjimą nagrinėjama problema, išryškina žinių spragas, besimokančiojo patirties ribotumą.
Konstruktas	Stebėjimas	Veikla, kuri tiesiogiai susijusi su besimokančiųjų patirtimi ir nauju fenomenu, kuri skatina pastebėti sąvokų tarpusavio sąryšingumą ir jų inkorporavimą į naujas žinių struktūras.
	Komunikacija	Veikla, kuri užtikrina tiesioginį ar netiesioginį bendradarbiavimą ir sudaro sąlygas naujų žinių sistemų kūrimui mokantis bendradarbiaujant.
Tobulinimas	Pritaikymas	Veikla, kuri skatina prasmingai pritaikyti žinias, padeda stiprinti ir pertvarkyti supratimą taip, kad jis būtų praktiškai pritaikomas.
	Refleksija	Veikla, kuri suteikia galimybę besimokančiajam įsivertinti savo žinojimą supratimą, suteikia galimybę jį tobulinti ar keisti.

Antrasis tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapas – konstrukto. Jame išskiriamas stebėjimo ir komunikacijos procesas. Stebėjimo procesą užtikrina veikla, kuri skatina pastebėti sąvokų

<sup>7</sup> Karplus, R., & Thier, H.D. (1967). A new look at elementary school science. Chicago: Rand McNally.

tarpusavio sąryšingumą ir jų inkorporavimą į naujas žinių struktūras. Komunikacijos procesą skatina tiesioginis ar netiesioginis bendradarbiavimas.

Trečiasis tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapas pavadintas tobulinimo etapu. Jame vyksta du procesai: pritaikymas ir refleksija. Pritaikymo procesą laiduoja veikla, kuri skatina prasmingai pritaikyti žinias, padeda stiprinti ir pertvarkyti supratimą taip, kad jis būtų praktiškai pritaikomas. Refleksijos procesą užtikrina strategija, kuri suteikia galimybę besimokančiajam įsivertinti savo žinojimą, supratimą, suteikia galimybę jį tobulinti ar keisti.



3 pav. Tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapai

Aptartus tyrinėjimu grindžiamo mokymosi procesus galima pavaizduoti klasifikacine schema (3 paveikslas).

Į aptartus tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapus derėtų atsižvelgti planuojant ir organizuojant mokinių veiklą pamokoje. Pamokos plane, kuriame numatoma taikyti tyrinėjimu grindžiamą mokymąsi, turėtų atsispindėti tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapai, numatytos priemonės jam įgyvendinti.

### Klausimas refleksijai

Kokie yra tyrinėjimu grindžiamo mokymosi etapai? Kuriuos etapus sunkiausiai praktiškai įgyvendinti?

## 1.7. TYRINĖJIMU GRINDŽIAMO MOKYMOŠI LYGMENYS

Žinoma, kad tą patį laboratorinį darbą, naudojant tas pačias laboratorines priemones, galima atlikti skirtingais būdais. Edukacinėje praktikoje dažniausiai taikomas tas laboratorinių darbų atlikimo modelis, kai mokiniui pateikiamas išsamus laboratorinio darbo aprašymas. Jį sudaro darbo tikslas, priemonės, darbo eiga, paklaidų skaičiavimo paaiškinimai. Tačiau galima taikyti ir kitas laboratorinių darbų atlikimo metodikas.

H. Banchi ir R. Bell (2008)<sup>8</sup> nagrinėjo tyrinėjimu grindžiamą mokymąsi ir išskyrė keturis jo lygmenis (metodikas): patvirtinantis tyrinėjimas, struktūruotas tyrinėjimas, koordinuotas tyrinėjimas, atviras tyrinėjimas (4 paveikslas). Šie lygmenys yra išskiriami pagal tris kriterijus: klausimą, procedūrą, sprendimą (3 lentelė).

3 lentelė. Tyrinėjimu grindžiamo mokymosi lygmenys (pagal H. Banchi, R. Bell, 2008)

Tyrinėjimo lygmuo	Klausimas/problema	Procedūra	Sprendimas
Patvirtinantis tyrinėjimas	+	+	+
Struktūruotas tyrinėjimas	+	+	
Koordinuotas tyrinėjimas	+		
Atviras tyrinėjimas	-	-	-

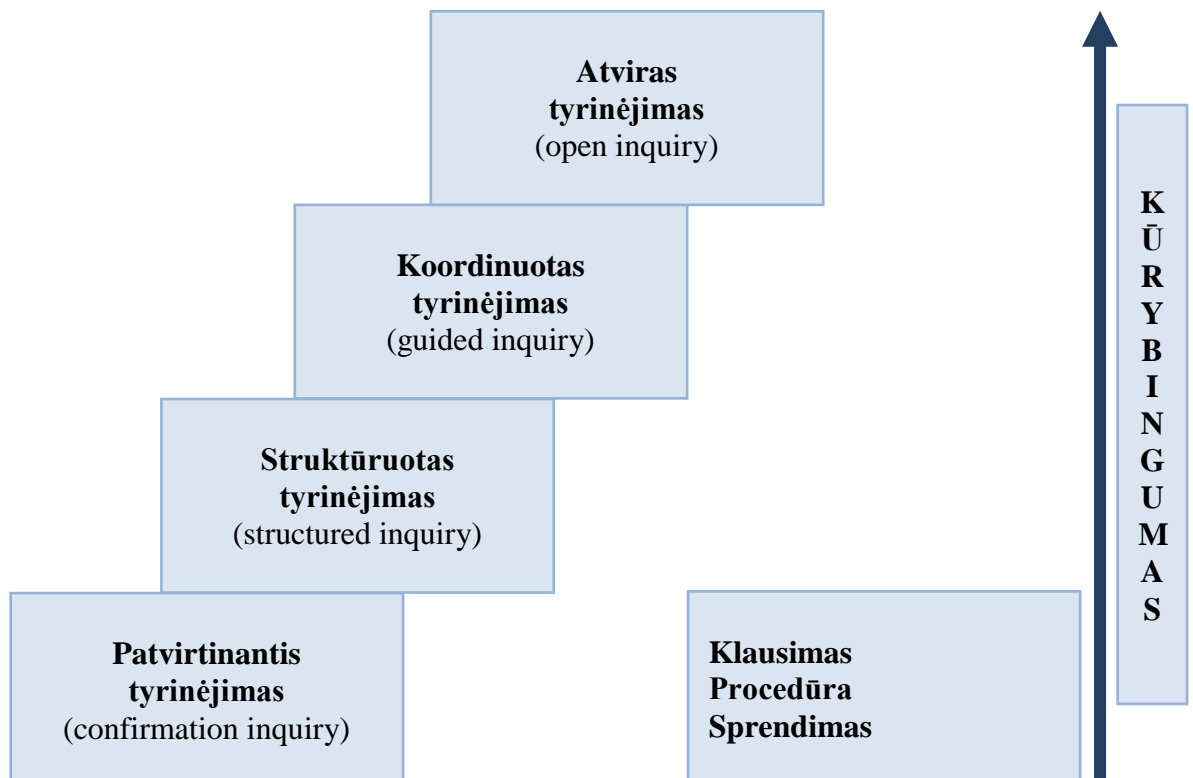
<sup>8</sup> Banchi, H. & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46 (2), 26–29.



- 1. Patvirtinantis tyrinėjimas.** Šį tyrinėjimo lygmenį atitinka klasikiniai laboratoriniai darbai. Mokinys žino laboratorinio darbo temą, darbo eigą ir laboratorinio darbo atsakymą. Pavyzdžiui, atlikdamas laboratorinį darbą apie kūno laisvojo pagreičio skaičiavimą, žino, kad turi gauti atsakymą  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Tokio pobūdžio laboratoriniai darbai neskatina mokinių kūrybingumo.
- 2. Struktūruotas tyrinėjimas.** Šį tyrinėjimo lygmenį atitinka klasikiniai laboratoriniai darbai, kurių atsakymas iš anksto nėra žinomas. Pavyzdžiui, mokiniai matuoja spyruoklės standumo koeficientą, medžiagos tamprumo modulį. Tokio pobūdžio laboratoriniai darbai sudaro galimybę abejoti atsakymo teisingumu, sudaro sąlygas diskusijai grupėse. Jie efektyvūs, kai laboratorinį darbą atlieka 3–5 mokinių grupė.
- 3. Koordinuotas tyrinėjimas.** Šį tyrinėjimo lygmenį atitinka netradiciniai laboratoriniai darbai. Juos atliekant mokiniams žinoma tyrimo tema, tačiau nežinoma tyrimo eiga. Mokiniam galėtų būti pateikiamos tik reikalingos priemonės darbui atlikti. Darbo eigą mokiniai turėtų pasirinkti patys. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai ieškant teisingo darbo eigos būdo. Koordinuoto tyrinėjimo darbai skatina mokinių komunikavimą, informacijos paiešką, bendradarbiavimą.
- 4. Atviras tyrinėjimas.** Šį tyrinėjimo lygmenį atitinka laboratoriniai darbai, kai mokiniai nežino tyrimo temos, darbo eigos, darbo rezultato. Tai aukšto kūrybingumo reikalaujantys darbai. Atliekant gamtamokslio turinio laboratorinius darbus, galima mokiniams situaciją palengvinti. Pavyzdžiui, pasiūlyti mokiniams laboratorinių darbų temų sąrašą ir pateikti priemonių komplektą, iš kurio jie turėtų pasirinkti reikiamas priemones.

Tyrinėjimu grindžiamo mokymosi lygmenys skiriasi kūrybinės veiklos sudėtingumu. Mažiausiai kūrybingumo reikalauja pirmasis lygmuo, daugiausiai – ketvirtasis atviro tyrinėjimo lygmuo (4 pav.).

Edukacinėje praktikoje svarbu atsižvelgti į mokinių patirtį tyrinėjimu grindžiamoje veikloje. Mokiniam, neturintiems struktūruoto tyrinėjimo patirties, paskyrus koordinuoto arba atviro tyrinėjimo laboratorinį darbą, gali kilti problemų jį atliekant. Koordinuoto ir atviro tyrinėjimo laboratoriniai darbai turi daug projektinės veiklos bruožų



4 pav. Kūrybingumo ir tyrinėjimu grindžiamo mokymosi lygmenys

## Klausimas refleksijai

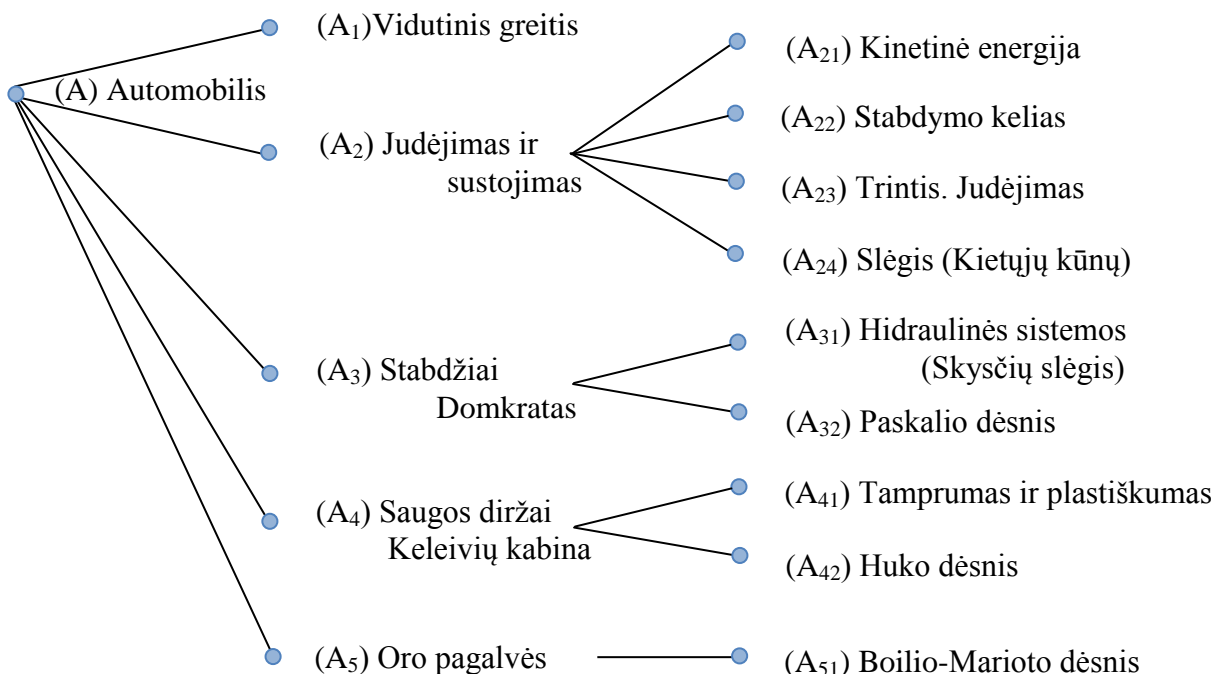
Kokie yra tyrinėjimu grindžiamo mokymosi lygmenys? Kodėl sunku išugdyti atviro tyrinėjimo gebėjimus?

### 1.8. GRAFŲ METODO TAIKYMAS TARPDALYKINIŲ RYŠIŲ PAIEŠKAI

Atskleidžiant tarpdalykinius ryšius aktualu aprėpti visą nagrinėjamo turinio struktūrą, nustatyti atskirų turinio struktūrinių komponentų tarpusavio priklausomybę. Šiam tikslui galima taikyti grafų-medžių metodą. Jis yra taikomas matematikoje, tačiau gali būti pritaikytas ir edukacinėje praktikoje. Bet kokios rūšies grafą sudaro keli taškai, vadinami viršūnėmis, ir kelios taškus jungiančios atkarpos, vadinamos grafo briaunomis. Grafu-medžiu yra vadinamas grafas, kuriame nėra ciklų (O. Ore, 1973)<sup>9</sup>. Grafai-medžiai leidžia visapusiškai pamatyti struktūrą to dalyko, kurį analizuojame, atskleisti jo struktūrinių komponentų tarpusavio priklausomybę, jų tarpusavio hierarchiją. Ypač jis tinkamas vidinės ir tarpdalykinės integracijos prielaidų, glūdinčių mokymo turinyje, analizei. Pagal grafo-medžio formą galima spręsti apie ugdymo turinio integralumą. Kuo didesnis yra turinio integralumo laipsnis, tuo grafas yra šakotesnis ir sudėtingesnis.

Grafų-medžių metodą patogu naudoti taikant integraciją reiškinio ar objekto pagrindu. Tai toks integravimo būdas, kai, pasirinkus vieną reiškinį ar objektą, skirtingų mokomųjų dalykų turinys yra susiejamas integraciniais ryšiais, atskleidžiančiais turinio panašumą ir giminingumą, parodančiais pagrindinių idėjų bendrą raidą. Pavyzdžiui, nagrinėjant judėjimo reiškinį per fizikos pamoką, integracijos objektu galima pasirinkti automobilį ir jo sandaros pagrindu ieškoti ryšių su kitomis fizikos temomis.

Automobilio temos grafo medžio šaknį (A) atitinka objekto (automobilis) pavadinimas (5 pav.). Paveiksle pavaizduoti taškai, pažymėti raidėmis A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, ..., A<sub>5</sub>, yra atskirų temų pavadinimai, o A<sub>21</sub>, A<sub>22</sub>, ..., A<sub>25</sub> yra temos „Judėjimas ir sustojimas“ potemių pavadinimai.



5 pav. Automobilio temos grafas

Automobilio temos nagrinėjimas gali būti dvejopas: 1) nagrinėjamas automobilio mechaninis judėjimas (vidutinis greitis, judėjimas ir sustojimas), 2) fizikiniu požiūriu nagrinėjamos kai kurios automobilyje esančios priemonės (stabdžiai, domkratas, saugos diržai, oro pagalvės),

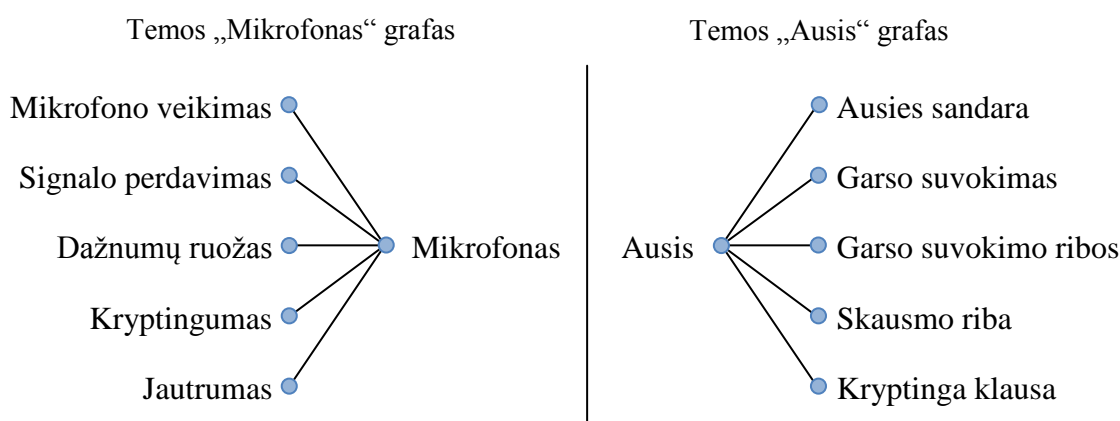
<sup>9</sup> Ore O. (1973). Grafai ir jų taikymas. Vilnius.

kurių veikimo principui paaiškinti reikia naudotis kituose fizikos skyriuose esančia mokomąja medžiaga. Nagrinėjant automobilyje esančių stabdžių, taip pat domkrato veikimą (grafo viršūnė  $A_{23}$ ) fizikiniu požiūriu, „Mechanikos“ skyriuje yra pateikiamos šios „Slėgio“ skyriaus temos: skysčių slėgis, Paskalio dėsnis, kietųjų kūnų slėgis; jos šiame vadovėlyje daugiau nėra nagrinėjamos. „Mechaninio judėjimo“ skyriuje pateikiamos slėgio skyriaus pagrindinės temos, sudarančios prielaidas fizikos mokomojo dalyko turinio vidinei integracijai. Tas pats pasakytina ir apie saugos diržų bei keleivių kabinos (grafo viršūnė  $A_4$ ) deformacinių savybių paaiškinimą fizikiniu požiūriu. Tokiu būdu į judėjimo skyrių yra integruoti dinamikos skyriaus klausimai: tamprumas, plastiškumas, Huko dėsnis.

Vidinis fizikos temų integralumas sustiprinamas paaiškinant automobiliuose esančių oro pagalvių veikimą. Kadangi „Mechaninio judėjimo“ skyriaus žinių automobilio veikimui nepakanka, tenka remtis vienu iš pagrindinių makrosistemų fizikos dujų dėsnų (Boilio-Marioto).

Nagrinėjant automobilio stabdymą (grafo viršūnė  $A_2$ ) svarbu žinoti, kaip stabdymo kelias priklauso nuo automobilio kinetinės energijos, trinties tarp stabdžių ir ratų bei trinties tarp ratų ir kelio paviršiaus. Taip mechaninio judėjimo temos susiejamos su kitų skyrių temomis: kinetinė energija, trintis, slėgis.

Grafų-medžių metodą galima taikyti paralelinei integracijai. Jos esmė – beveik tuo pačiu metu nagrinėjami panašūs klausimai skirtingų dalykų pamokose, arba remiamasi anksčiau nagrinėta mokomąja medžiaga. Pavyzdžiui, nagrinėjant mikrofono sandarą, jo veikimo principus, galima panaudoti anatomijos pamokas nagrinėta mokomąja medžiaga apie ausies sandarą, anatominius garso suvokimo principus. Galimą paralelinę temų „Mikrofonas“, „Ausis“ turinio integraciją vaizduoja šeštasis paveikslas.



6 pav. Temų „Mikrofonas“, „Ausis“ grafai

Grafų-medžių metodas gali būti taikomas tarpdalykinio turinio projektų kūrimui. Pavyzdžiui, fizikos vadovėlyje<sup>10</sup> kiekvieno skyriaus pabaigoje pateikiami tarpdalykinio turinio projektai. Pirmojo fizikos skyriaus apie mechaninį judėjimą pabaigoje pateikiamas šis tarpdalykinio turinio projektas:

„Bendradarbiaudami su klasės draugais grupėse aptarkite įvairius judėjimo atvejus gyvojoje gamtoje:

- a) Pirmuonių judėjimas.
- b) Gyvūnų judėjimas (greičiausi, lėčiausi gyvūnai).
- c) Judėjimas ląstelės, augalo, žmogaus viduje, įvairių organizmų medžiagos perneša.
- d) Augimas kaip judėjimas.“

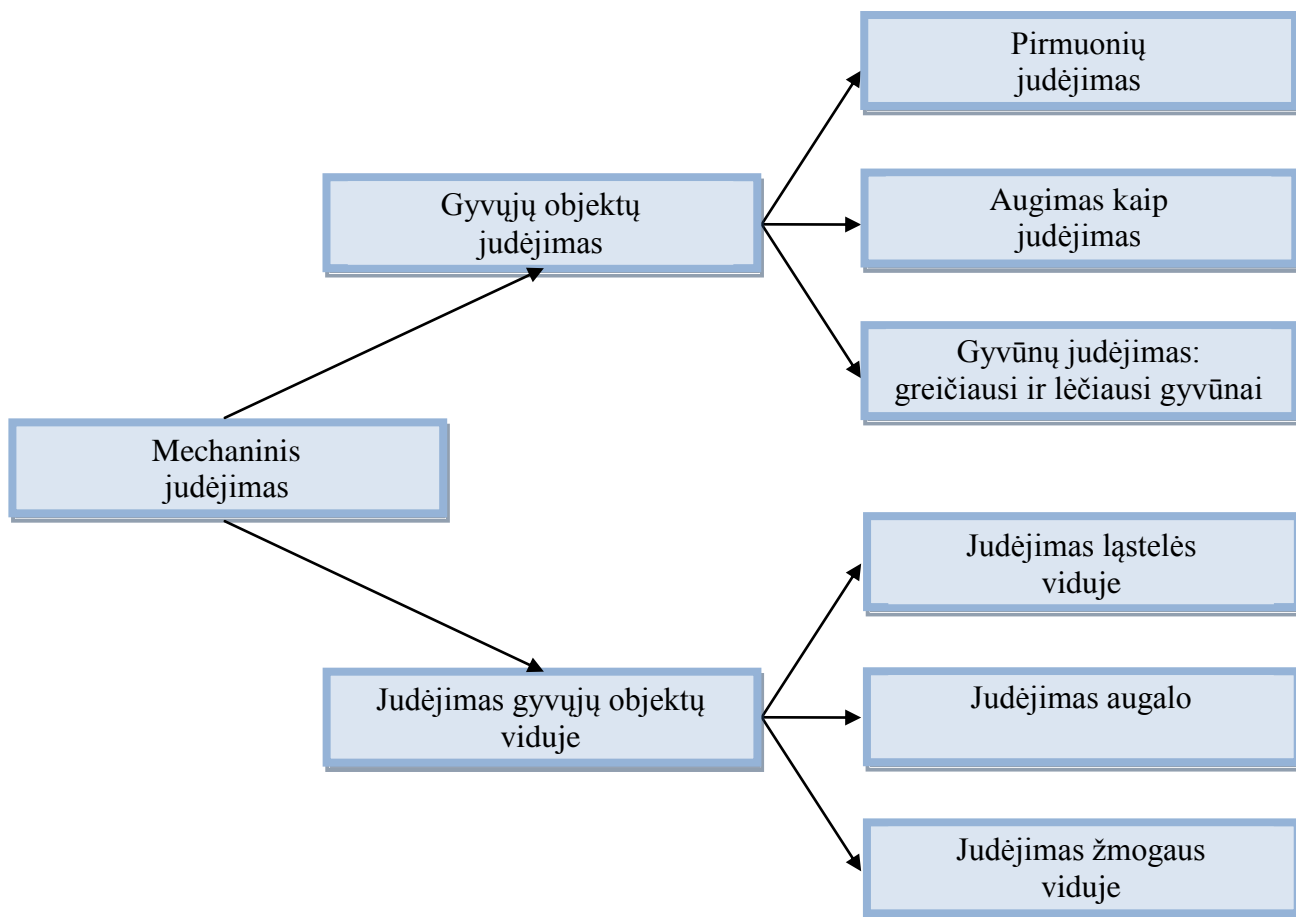
<sup>10</sup> Pečiuliauskienė P. (2012). Fizika 11–12. Judėjimas ir jėgos. Kaunas: Šviesa. Tarp skaičių visada turi būti ilgasis brūkšnyš be tarpų.

Atlikus išsamią bendrųjų programų ir gamtamokslių dalykų vadovėlių analizę, buvo sukurtas medis-grafas (7 paveikslas).

Ieškant tarpdalykinių fizikos ir biologijos ryšių mechaninio judėjimo skyriuje, tikslinga nagrinėti gyvųjų organizmų judėjimą. Tai sudaro prielaidas pereiti prie gyvosios gamtos kinematikos – gyvųjų organizmų judėjimo. Gyvųjų organizmų pasaulis labai platus: nuo pirmuonių iki sudėtingų gyvųjų sistemų (gyvūnų, žmogaus). Projektuojant tarpdalykinio projekto turinį buvo pasirinkta tokia gyvųjų objektų klasifikacija: pirmuoniai, gyvūnai (greičiausi, lėčiausi), augalų judėjimas (augimas kaip judėjimas). Gyvosios gamtos kinematiką nuspręsta nagrinėti dviem požiūriais: gyvųjų organizmų judėjimas ir judėjimas gyvųjų organizmų viduje (7 pav.).

Fizikos vadovėliuose<sup>11</sup> esantys tarpdalykiniai projektai gali būti sėkmingai naudojami ne tik fizikos, bet ir biologijos, chemijos pamokose. Jie gali papildyti tarpdalykinius eksperimentus, atliekamus su skaitmeninėmis laboratorinėmis priemonėmis. Atliekant tarpdalykinio turinio projektus, mokiniais galima rekomenduoti savarankiškai sukurti grafus-medžius pagal tarpdalykinio projekto aprašymą. Ši metodika skatina įsigilinti į užduoties sąlygą, atrasti įvairių užduotyje aprašomų reiškinių sąryšius, juos vizualizuoti.

Edukacinėje praktikoje dažnai taikomas idėjų žemėlapių metodas yra panašus į grafų-medžių metodą. Grafų-medžių metodas nuo idėjų žemėlapių metodo skiriasi griežtesne objektų klasifikacija, klasifikacijos loginiu pagrindimu ir jos pavaizdavimu (grafo-medžio šaknis, viršūnės, šakos).



7 pav. Mechaninio judėjimo grafas-medis. Fizikos ir biologijos tarpdalykiniai ryšiai.

<sup>11</sup> Pečiuliauskienė P. (2012). Fizika 11–12. Judėjimas ir jėgos. Kaunas: Šviesa  
 Pečiuliauskienė P. (2012). Fizika 11–12. Makrosistemų fizika. Kaunas: Šviesa

### **Klausimas refleksijai**

Kokius metodus taikote vidinei, tarpdalykinei integracijai? Koks jūsų požiūris į grafų – medžių metodo taikymą tarpdalykinei integracijai?

## **1.9. PROBLEMINĖS SITUACIJOS TIRIAMOJOJE VEIKLOJE. EURISTINIS POKALBIS**

Gamtamokslius tyrimus galima atlikti taikant aktyvius mokymosi metodus: diskusijas, didaktinius žaidimus, projektinę veiklą ir kitus. Šie metodai turi skatinti mokinį priimti sprendimus; analizuoti įvairius požiūrius, kontekstus; nagrinėti pateiktus klausimus; priimti ir patikrinti prielaidas; pateikti suprantamus ir pagrįstus argumentus; kurti ir patikrinti hipotezes, atlikti tyrimus.

Kiekvienas tiriamasis darbas prasideda mokslinės problemos atradimu. Problema – tai užduotis, kurios sprendimo rezultato mokiniai iš anksto nežino, bet turi pakankamai žinių ir įgūdžių, kad galėtų surasti sprendimo atsakymą ir būdą. Probleminių situacijų kūrimo prielaidos gali būti eksperimentus papildančiose užduotyse. Jų sprendimas susideda iš šių etapų: problemos formulavimas, problemos sprendimo planavimas, hipotezių kėlimas, hipotezių įrodymas, problemos sprendimo patikrinimas, problemos sprendinio siejimas su praktika. Pavyzdžiui, mokantis fizikos, probleminio turinio užduotis vadovėlyje gali būti formuluojama klausimu: *Kaip apskaičiuoti netaisyklingos formos kūno tūrį?* (Per matematiką mokiniai mokosi apskaičiuoti taisyklingos formos kūnų tūrį). Problemos sprendimo planavimas: *eksperimentinis būdas*. Hipotezė: *eksperimentiniu būdu galima išmatuoti netaisyklingų kūnų tūrį*. Hipotezės įrodymas: *naudojant menzurą, vandenį išmatuojamas akmenuko tūris*. Problemos sprendimo patikrinimas: *tomis pačiomis priemonėmis išmatuojamas trintuko tūris*. Problemos sprendinio siejimas su praktika: *namuose būtiniomis priemonėmis išmatuojamas šaukštelio, kiaušinio tūris*.

Probleminės situacijos skiriasi savo turiniu. Sudarant užduočių sistemą, turėtų būti į tai atsižvelgta. Pagal turinio pobūdį probleminės situacijos gali būti šios: netikėtumo, konfliktinės, spėjimo, neatitikimo, neigimo.

- Netikėtumo situacija – mokiniai supažindinami su reiškiniais, išvadamis, faktais, kurie sukelia nuostabą, atrodo neįprasti. Pavyzdžiui: *Žvaigždės matomos kaip taškeliai nakties danguje. Saulė – taip pat yra žvaigždė. Kodėl ji matoma dieną? Kodėl Saulė atrodo kitaip nei naktį matomos žvaigždės?*
- Konfliktinė situacija – nagrinėjami skirtingi požiūriai, dėsningumai, pasireiškiantys skirtingomis sąlygomis. Pavyzdžiui, nagrinėjant temą apie panaudoto branduolinio kuro panaudojimą, galima pasiūlyti mokiniams aptarti panaudoto branduolinio kuro neigiamas ir teigiamas savybes.
- Spėjimo situacija – iš vieno reiškinio spėjama, kad galimas kitas panašias dėsningumais pasižymintis reiškinys. Pavyzdžiui, fizikinio turinio užduotis: *Iš rankų iškritęs trintukas krinta žemyn. Pagrįskite, ar kris beorėje erdvėje trintukas, plaukas, vandens lašelis?*
- Neatitikimo situacija – būtinė patirtis prieštarauja mokslo dėsniams. Dar viena fizikinio turinio užduotis: *Net ir nesimokęs fizikos, Domantas iš savo patirties žinojo, kad gatvės triukšmas kambaryje geriau girdimas pro atvirą langą. Tačiau, kai per fizikos pamoką mokytoja aiškino, jog stiklas mažiau sugeria garsą negu oras, berniukas sutriko. Kaip paaiškintumėte jam šį reiškinį?*

Problemines situacijas galima sukurti taikant euristinį pokalbį. Tai – kūrybinis metodas, skatinantis mokinių kritinį mąstymą, žadinantis aktyvumą pamokoje. Pagrindinis euristinio pokalbio įrankis – klausimas. Pagal santykį su mokomąja medžiaga klausimai gali būti atgaminamieji, mokomieji (priežastis – pasekmė), taikomieji, vertinamieji. Klausimai pagal mokinių kognityvinės veiklos lygį skirstomi į tikslaus atsakymo (*gebėti pasakyti; pakartoti; išvardyti; atpažinti; rūšiuoti; atkartoti; informuoti; aprašyti..*), interpretavimo (*gebėti paaiškinti; pateikti argumentus; nustatyti priežastis; iliustruoti*), pritaikymo (*gebėti naudoti; taikyti*);



konstruoti; spręsti; rūšiuoti...), analizės (suskaidyti į dalis; surasti ryšius, susieti, atskirti, klasifikuoti, grupuoti, palyginti, sisteminti, nustatyti kategoriją...), sintezės (gebėti kelti hipotezes, apibendrinti, argumentuoti; organizuoti; projektuoti; sukurti; paaiškinti priežastis...), vertinimo (priimti sprendimą; vertinti; pateikti argumentus už ir prieš; kritikuoti...). Neturi dominuoti į vieną kognityvinės veiklos lygį orientuoti klausimai, o ypač reikalaujantys tik tikslių faktinių žinių. Mokomojoje medžiagoje turėtų būti suformuluoti į įvairią kognityvinę veiklą orientuoti klausimai, skatinantys minčių vientisumą, apmąstymus, kūrybingumą.

### Klausimas refleksijai

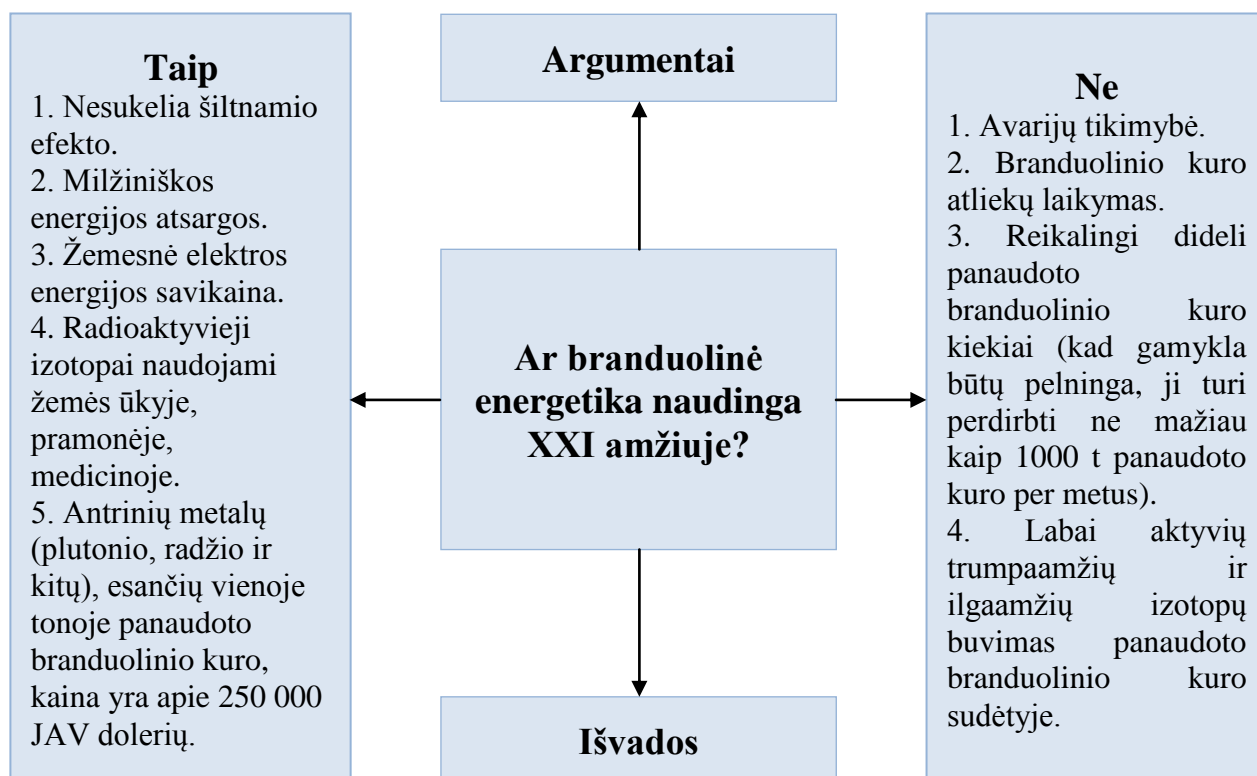
Kokias problemines situacijas dažniausiai taikote gamtamokslinių dalykų edukacinėje praktikoje?

## 1.10. DISKUSIJOS TINKLO IR MOKYMO SI DIENORAŠČIO TAIKYMAS GAMTAMOKSLINIŲ DALYKŲ PAMOKOSE

Kiekvieną situaciją galima nagrinėti skirtingais požiūriais. Gilindamiesi į situacijos esmę pažįstame ir pripažįstame kitas nuomones. Gamtamokslis turinys turi savo specifiką, nes jis pasižymi tikslumu, vienareikšmiu sąvokų apibrėžimu. Todėl diskusijai gamtamokslinio turinio pagrindu lengviau pritaikyti taikomojo pobūdžio mokomąją medžiagą, o ypač apibendrinamojo, tarpdalykinio turinio. Fizikos vadovėliuose 11–12 klasei (autorė P. Pečiuliauskienė) kiekvienas fizikos skyrius baigiamas tarpdalykinio turinio tema. Ją nesunku pritaikyti nagrinėjamo skyriaus laboratorinių darbų papildymui taikant diskusijos tinklo metodą.

Taikant šį metodą skatinama įvairi mokinių veikla: skaitymas, rašymas, kalbėjimas, klausymas. Pirmasis diskusijos tinklo etapas – skaitymo. Mokiniais siūloma perskaityti apibendrinamojo tarpdalykinio turinio temą. Pavyzdžiui, *Branduolinės energetikos privalumai ir problemos* (Pečiuliauskienė P. Fizika 12. Išplėstinis kursas, p. 219). Suformuluojamas pagrindinis diskusijos klausimas: ar gali XXI amžiaus visuomenė išgyventi be branduolinės energetikos?

Antrasis diskusijos tinklo etapas – rašymo etapas. Mokiniai suskirstomi poromis. Jie raštu užpildo diskusijos tinklo formą (8 paveikslas). Užpildydami diskusijos tinklo formą mokiniai turi



8 pav. Diskusijos tinklas *Branduolinė energetika*

išdėstyti argumentus *Taip* ir *Ne* abiejose diskusijos tinklo lapo pusėse. Svarbu, kad abiejose pusėse būtų pateikta kuo daugiau svarbių teiginių.

Trečiasis diskusijos tinklo etapas yra kalbėjimo – rašymo etapas. Mokinių poros sugrupuojamos po dvi. Taip vienoje grupėje jau gali dirbti keturi mokiniai, jie turi suderinti skirtingų grupių požiūrius, papildyti diskusijos tinklo formą. Svarbu tai, kad mokiniai turi prieiti bendrą išvadą diskusijos tema ir ją užrašyti diskusijos tinklo apačioje.

Ketvirtasis diskusijos tinklo etapas – kalbėjimo. Mokinių grupės atstovai turi pateikti savo darbo rezultatus klasei. Kiekvienos grupės atstovas pristato klasei, kuo jų nuomonės grupėje diskutuojant išsiskyrė, kaip buvo prieita prie vieningos apibendrinančios išvados. Grupės atstovo pasisakymui siūloma skirti tris minutes.

Diskusijos pabaigoje mokiniai randa atsakymą į pagrindinį diskusijos klausimą. Mokiniai gali išsakyti savo požiūrį ir remtis kitų klasės draugų nuomonėmis. Mokiniai yra skatinami, kad prieš išsakydami savo požiūrį permąstyti priešingus faktus ir informaciją, remtąsi susistemintais argumentais.

Atliekant laboratorinius darbus galima taikyti mokymosi dienoraščio (apmąstomojo rašymo) metodą. Šis metodas sudaro galimybę mokiniams panagrinėti savo pačių mokymosi kelią. Edukologų manymu (D. Buehl, 2001)<sup>12</sup>, mokiniai sunkiai atsako į kasdieninį klausimą „Ko šiandien mokykloje mokėtės?“. „Vaikai į tokius kasdieninius klausimus atsako neryžtingai, gūžčiodami pečiais ir kažką miglotai aiškindami. Mokiniam sunku prasmingai apibendrinti tai, ką mokosi...“ (Interaktyviojo mokymosi strategijos, p.76).

Prieš taikant šį metodą svarbu pasikalbėti su mokiniais apie gebėjimo reikšti mintis raštu svarbą. Tik gerai suprantant reiškinį, lengva reikšti mintis raštu. Laboratorinių darbų sąsiuvinuose galima skirti vietos mokymosi dienoraščiui. Mokymosi dienoraštis – tai laisvi, nenugludinti sakiniai. Dienoraščio rašymas neturėtų kelti jokios vertinimo baimės, jis turėtų būti skirtas saviraiškai. Sistemingai taikant mokymosi dienoraščio metodą, jis turėtų tapti sudedamąja eksperimento dalimi. Mokymosi dienoraščio metodas skatina įsivertinti savo patirtį, reflektuoti mokymosi procesą, o tai yra svarbūs mokėjimo mokytis kompetencijos gebėjimai.

D. Buehl (2001) duomenimis, šis metodas tinkamas atliekamo eksperimento arba situacijos rezultatams numatyti, nuomonei apie mokymosi objektą išreikšti, stebėjimams (pavyzdžiui, atliekant gamtamokslineis eksperimentus) fiksuoti, palyginti, kaip pasikeitė dalyko supratimas, kokia padaryta mokymosi pažanga.

### **Klausimas refleksijai**

Kuo diskusijos tinklo metodas skiriasi nuo diskusijos metodo? Kurį metodą lengviau taikyti gamtamokslių dalykų pamokose?

---

<sup>12</sup> Buehl D. (2001). Interaktyviojo mokymosi strategijos. Vilnius: Garnelis.

## II. KOMPIUTERINIS EKSPERIMENTAS

### 2.1. KOMPIUTERIZUOTOS MOKYMO SISTEMOS GAMTAMOKSLINIAM UGDYMIUI

Informacinės technologijos (IT) tampa neatsiejama ugdymo sistemos dalimi, nes suteikia daug platesnes galimybes tiek mokytojui organizuojant mokymo procesą, tiek mokiniui siekiant geresnių mokymosi rezultatų. Pastaraisiais metais spartus kompiuterinių sistemų tobulėjimas bei didelės investicijos į mokyklų aprūpinimą kompiuteriais ir komunikacijomis sudarė sąlygas vis plačiau naudoti IT metodus. Dėl to vis daugėja mokytojų, gebančių parengti ir savo mokomąją, ir mokiniui skirtą mokymosi medžiagą. Atlikti tyrimai akivaizdžiai rodo, kad kompiuterį ilgiau naudojančių mokinių pasiekimai yra ženkliai aukštesni nei tų mokinių, kurie kompiuterį naudoja nedaug<sup>13,14</sup>. Todėl šiandien keliamas klausimas ne ar technologijos padeda gerinti mokinių pasiekimus, bet kaip keisti mokymo(si) praktiką, kad informacinių technologijų naudojimas ugdymo procese būtų prasmingas.

Didėjantys informacijos, tiek susijusios su dalykinėmis žiniomis, tiek su programine įranga, srantai mokytojo kompetencijos palaikymą paverčia sudėtingu kasdieniu darbu. Lietuvoje iki šiol trūksta konkrečių metodikų, gerosios praktikos pavyzdžių ir rekomendacijų integruoto ugdymo problemai spręsti. Jau daugiau kaip dešimtmetį vykdoma mokyklų kompiuterizavimo programa, kurios dėka mokyklose sparčiai gausėja kompiuterių, mokomųjų kompiuterinių priemonių ir kitų šiuolaikinių technologijų. Tačiau šioje programoje nėra sukurta detalių sisteminių rekomendacijų, metodinių ir organizacinių priemonių, kaip integruoti šiuolaikines IT priemones mokomųjų dalykų mokymo(si) procese<sup>15</sup>.

Tai rodo, kad didelės investicijos į IT (aprūpinimas internetu paslaugomis, kompiuteriais ir kitomis mokomosiomis priemonėmis) neužtikrina ugdymo proceso ir mokinių pasiekimų pagerėjimo efekto. Viena iš to priežasčių yra tai, kad mokytojams dalykininkams, tame tarpe gamtos mokslų mokytojams, trūksta tiek bendrosios kompetencijos šiuolaikinių IT srityje, tiek metodinio patyrimo kaip veiksmingai taikyti IT ugdymo procese. Darbas su elektroniniu turiniu iškelia aukštus reikalavimus mokytojo kompetencijai:

1. Neretai šiuolaikiniai moksleiviai apie vaizdo techniką, informacines technologijas išmano daugiau negu mokytojas. Šiandien mokytojas turi nuolat atnaujinti savo IT žinias.
2. Nepakanka būti tik savo dalyko žinovu. IT metodai verčia keisti savo darbo stilių, įvairinti mokymosi metodus, savarankiškai siekti žinių, tradicinę mokymą keisti naujais, skatinančiais dirbti darbo metodais, organizuoti moksleivių mokymąsi.
3. Išmanyti ne tik tradicinę programinę įrangą (teksto apdorojimui, demonstravimui, interneto naršyklė, elektroninio pašto programa), bet ir specializuotą programinę įrangą, naudojamą konkreitiems ugdymo turinio uždaviniams spręsti.

IT naudojimo gamtos mokslų dalykų mokyme tikslai gali būti suskirstyti į tokias plačias sritis: informacijai gauti, demonstravimui, įgūdžių formavimui bei lavinimui, žinių ir įgūdžių patikrinimui bei vertinimui, kūrybiniais darbais atlikti. Nors kiekvienai iš šių sričių siūlomas platus programinės ir techninės įrangos spektras, tačiau siekiant palengvinti mokytojui darbą su elektroniniu turiniu vis dažniau pasaulinėje praktikoje pereinama prie vieningų, kompiuterizuotų sistemų naudojimo. Tokių sistemų naudojimas jau tapo nusistovėjusia praktika rengiant kompiuterizuotų eksperimentų metodikas. Daug tiekėjų (PASCO<sup>16</sup>, Leybold Didactic<sup>17</sup>, Fourier

<sup>13</sup> Are the New Millennium Learners Making the Grade? Technology Use and Educational Performance in PISA. OECD, 1. 2010.

<sup>14</sup> [http://www.smm.lt/svietimo\\_bukle/docs/pr\\_analize/sv\\_problema\\_7.pdf](http://www.smm.lt/svietimo_bukle/docs/pr_analize/sv_problema_7.pdf).

<sup>15</sup> Denisovas V., ir kt. Kitų šalių patirtis kuriant integruotą gamtos mokslų turinį IKT pagrindu analizė, Tyrimo ataskaita, Klaipėda, 2007.

<sup>16</sup> [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

<sup>17</sup> <http://www.ld-didactic.de/index.php?id=2&L=2>

education<sup>18</sup>, PHYWE<sup>19</sup>) siūlo kompiuterizuotas laboratorines sistemas įvairių fizikinių, cheminių, biologinių eksperimentų atlikimui, duomenų analizei bei vizualizavimui.

Šių sistemų pagrindas yra sąsaja su kompiuteriu bei programinė įranga. Prie šios sąsajos jungiami įvairūs įrenginiai – jutikliai, kurie yra matavimo prietaisų analogai, tik jų rodmenys atvaizduojami ne prietaiso ekrane, o kompiuterio monitoriuje. Tuo būdu matavimo duomenys patenka tiesiogiai į kompiuterį, kur gali būti įvairiai analizuojami, atvaizduojami grafiškai ir pan.

Dažnai kompiuterinė sąsaja yra atskiras įrenginys, jungiamas prie kompiuterio (PASCO, Leybold Didactic, PHYWE), tačiau tokios sistemos mokymo procese turi eilę trūkumų: tenka prižiūrėti įprastą ir operacinę sistemą, ir prie jos priderinti prijungiamą sąsają; tokią sistemą sudėtinga transportuoti ir naudoti mobiliems eksperimentams; tenka papildomai ieškoti sprendimų organizuojant vieną ar kitą eksperimentą.

Tokių trūkumų neturi mobilios kompiuterizuotos sistemos, kurios pritaikytos aktyviam eksperimentavimui (pavyzdžiui, NOVA5000-data-logger). Jutiklių prijungimą gamintojas pilnai suderina, o programinė įranga atlieka visas funkcijas, kurių gali prireikti mokytojui ar mokiniui darbo eigoje: įdiegta eksperimentų valdymo, duomenų gavimo ir duomenis užrašanti įranga, prijungiamos skaitmeninės video kameros ir kita įranga duomenų fiksavimui; skaičiuoklės (arba kita dialoginę duomenų apdorojimo sistema) ir diagramų vaizdavimo priemonės, grafiniai paketai; duomenų apdorojimo (tvarkymo, valdymo) ir analizės įranga, neretai ir GIS; imitavimo ir modeliavimo priemonės ir animacija; multimedia priemonės; numatyta prieiga prie mokymosi objektų, jų saugyklų, elektroninių informacinius šaltinių, interneto svetainių, duomenų bazių ir kt. Tokia sistema kompiuterinė sistema sudaro sąlygas organizuoti tyrimais grindžiamą gamtos mokslų mokymą (Inquiry Based Science Education).

Tuo būdu, siekiant pritaikyti IT gamtamokslinio ugdymo gerinimui, galima apibrėžti tris sąlygas, kurios tiesiogiai parodo įgyvendinimo kelius: 1) skaitmeninio turinio sistema (pavyzdžiui, NOVA); 2) mokymo(-si) išteklių (parengta eksperimentavimo metodika); 3) mokytojų kvalifikacijos IKT srityje kėlimas.

## 2.2. NOVA

### 2.2.1. NOVA5000 PASKIRTIS IR SANDARA

Skaitmeninė kompiuterinė laboratorija Nova5000 skirta fizikos, chemijos, biologijos laboratoriniams darbams mokykloje atlikti. Kiekvieną laboratoriją sudaro mobilus eksperimentų duomenų fiksavimo, kaupimo ir analizės įrenginys – mini kompiuteris ir jutiklių rinkinys, kurie skirti eksperimentų metu kintančių dydžių registravimui bei jų perdavimui į mini kompiuterį.

Mini kompiuteryje visi eksperimento metu užregistruoti duomenys atvaizduojami lentelėse ir grafikuose arba pateikiami kitu pasirinktu būdu: gali būti rodomos įvairių matavimo prietaisų matavimo vertės fiksuojančios skalės, dydžių kitimas eksperimento metu, spalvomis ar kitaip palyginami matavimo duomenys. Grafikai, diagramos ir eksperimento vaizdo įrašas ekrane gali būti demonstruojami vienu metu.

#### 2.2.1.1. KOMPIUTERINĖS LABORATORIJOS SAVYBĖS

Mini kompiuteris: architektūra ARM, RAM atmintis 128 MB. Mini kompiuteris komplektuojamas su 2 GB SD kortele. Mini kompiuteris atsparus drėgmei, mechaniniams poveikiams, aptakios formos, lengvai paruošiamas darbui. Mini kompiuteris valdomas jo ekraną liečiant lazdele, taip pat galima naudoti išorinę klaviatūrą ir pelę. Mini kompiuteris pritaikytas naudojimui horizontalioje ir vertikalioje padėtyje (korpuse įmontuota atrama). Mini kompiuteris turi 17,50 cm. įstrižainės TFT LCD prisilietimams jautrų ekraną, kurio raiška 800x600 taškų. Kompiuteryje yra 3 USB jungtys, 1 vidinė RJ45 tinklo jungtis 10/100 Mbps; VGA (D-sub 15 pin)

<sup>18</sup> <http://fourieredu.com/store/products/nova5000-data-logger/>

<sup>19</sup> <http://www.phywe.com/313>

išvestis projektoriaus /monitoriaus pajungimui, atminties kortelės jungtis. Yra integruotas WiFi 802.11b/g. Mini kompiuteryje integruotos 4-ios jutiklių jungtys, jutikliai atpažįstami automatiškai. Mini kompiuteryje integruotas vienas garsiakalbis, jungtis ausinių ar išorinių garsiakalbių prijungimui (stereo), jungtis mikrofonui. Įrenginys sukomplektuotas su prijungiama sulietuvinta klaviatūra ir kompiuterine pele. Kompiuteris turi integruotą maitinimo šaltinį. Sukomplektuotas su kompiuterio baterija įgalinančia nepertraukiamai dirbti (neprijungus prie kito maitinimo šaltinio) 6 valandas. Komplekte yra baterijos pakrovėjas. Maitinimo įtampa  $220-240 \pm 15\% \text{ V}$ ,  $50/60 \text{ Hz} \pm 3 \text{ Hz}$ . Mini kompiuterio svoris (su baterijomis) 1,2 kg. Yra mini kompiuterio ir jutiklių nešiojimo krepšys, pritaikytas darbui „lauke“ t.y. galima, neišėmus mini kompiuterio iš krepšio, atlikti eksperimentus lauke.

### **2.2.1.2. ĮDIEGTA PROGRAMINĖ ĮRANGA**

Windows CE.NET 5.0 Programa skirta video failų peržiūrai (Windows Media Player 9), programa PDF formato failų, paveikslėlių peržiūrai, programa pristatymų kūrimui bei redagavimui, teksto redaktorius, darbo su lentelėmis (Plan Maker ) (alternatyvus Exel), elektroniniam paštui Inbox, internetinė naršyklė. Yra programinė įranga MultiLab laboratorinių darbų atlikimui (lietuvių kalba), kuri turi šias funkcijas: leidžia vienu metu valdyti ne mažiau kaip 8 sensorius, įrašyti iš jų gaunamus duomenis; nustatyti matavimų dažnį ir matavimų kiekį kiekvienam atliekamam bandymui; pateikia grafiškai ir skaitmenimis išreikštą matuojamų duomenų informaciją; programa leidžia analizuoti grafinius duomenis; leidžia pasirinkti bet kurią kombinaciją iš keturių langų, tokių kaip matuojamų duomenų grafiko, duomenų lentelės, video vaizdo ir programų Meniu; programa turi duomenų analizės funkcijas (išvestinė ir integralas);• leidžia peržiūrėti pilnai sinchronizuotus (vaizdu bei garsu) nufilmuotus bandymus su bandymo metu gautais matavimo duomenimis; eksportuoja duomenis į Plan Maker (alternatyva Exel).

### **2.2.1.3. NOVA5000 JUTIKLIŲ RINKINYS**

Kartu su mini kompiuteriniu laboratorijos įrenginiu komplektuojami šie jutikliai:

1. Nuotolio jutiklis DT020-1 Nustato atstumą tarp jutiklio ir objekto. Matavimo ribos nuo 0,2 iki 10 m.
2. Pagreičio jutiklis DT138 Matavimo ribos  $\pm 49 \text{ m/s}^2$ .
3. Jėgos jutiklis DT 272 dviejų matavimo diapazonų. Matavimo ribos  $\pm 50 \text{ N}$  ir  $\pm 10 \text{ N}$ .
4. Slėgio jutiklis DT015-1 Matavimo ribos nuo 0 iki 700 kPa.
5. Santykinės drėgmės jutiklis DT014 Matavimo ribos nuo 0 iki 100 %.
6. Nuolatinės ir kintamosios įtampos. jutiklis DT019 Siūlomas daviklis trijų matavimo ribų, kurių matavimo ribos  $\pm 1\text{V}$ ,  $\pm 10\text{V}$  ir  $\pm 25\text{V}$ .
7. Nuolatinės srovės stiprio jutiklis DT005 Matavimo ribos  $\pm 2,5 \text{ A}$ .
8. Magnetinio lauko indukcijos jutiklis - dviejų diapazonų - DT156 Matavimo ribos  $\pm 0,2\text{mT}$  ir  $\pm 10 \text{ mT}$ .
9. Apšviestumo jutiklis (matomos šviesos) trijų diapazonų- DT009-4 Matavimo ribos nuo 0 – 600 lux, 0 – 6000 lux, 0 – 150 000 lux.
10. Garso bangų dažnumo jutiklis (mikrofonas) DT008. Matavimo ribos nuo 35 Hz iki 10 000 Hz.
11. pH matuoklis DT016A Matavimo ribos nuo 0 iki 14 pH, matavimo temperatūra nuo 0 laipsnių C iki 50 laipsnių C.
12. Deguonies jutiklis DT222A Matavimo ribos nuo 0 iki 25 % O<sub>2</sub>.
13. Anglies dioksido nustatymo jutiklis DT040 Matavimo ribos nuo 350 iki 5000 ppm<sub>2</sub>.
14. Temperatūros jutiklis DT029 Matavimo ribos nuo – 25 iki + 110° C. Komplektas pilnai paruoštas darbui – jame yra visi reikalingi laidai, papildomi įrengimai ir priedai.

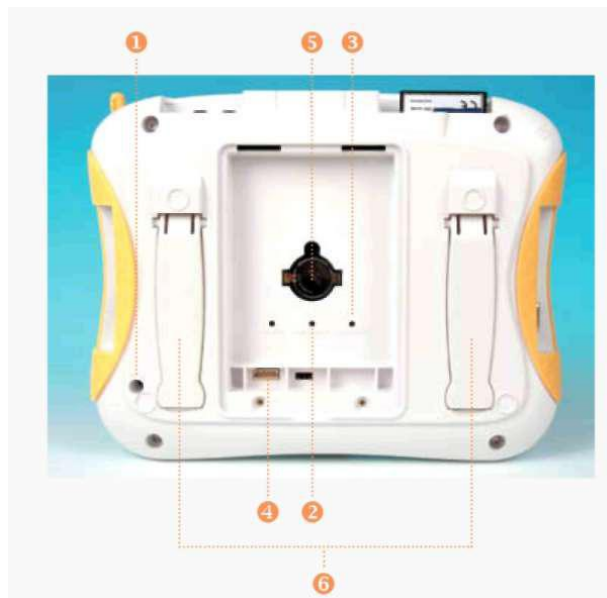


## 2.2.2. NOVA 5000 IŠORINĖS JUNGTYS IR VALDYMAS

Nova 5000 išorėje išdėstyta daug valdymo elementų, kuriuos trumpai aptarsime. Priekinėje pusėje (1 pav.) yra įjungimo mygtukas, kurį reikia paspaudus palaikyti 4 sekundes, norint įjungti sustabdymo būseną; norint baigti operaciją reikia vėl paspauskite mygtuką. Valdyti Nova 5000 per jutiminį ekraną (2) galima ir naudojant valdymo lazdele (3), kuri yra laikiklyje prietaiso korpuse. Naudojamiesi valdymo lazdele galima įvesti informaciją ekrane. Galios būseną rodo galios lemputės (5).



**1 pav.** Priekinė Nova 5000 pusė: 1 – įjungimo mygtukas, 2 – LCD jutiminis ekranas, 3 – valdymo lazdele, 4 – garsiakalbis, 5 – būsenos lemputės.

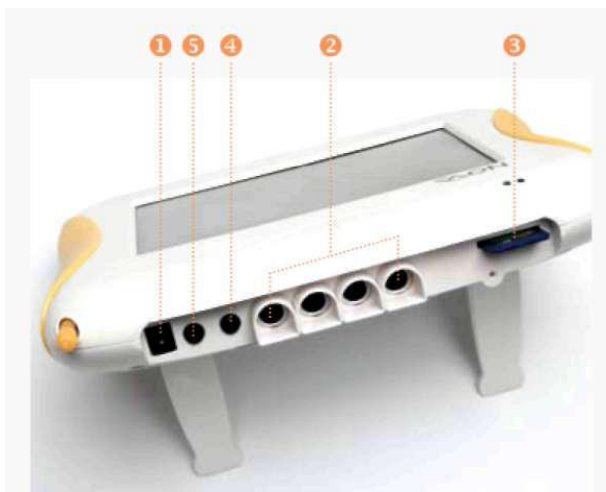


**2 pav.** Užpakalinė Nova 5000 pusė: 1 – išorinis perkrovimo mygtukas, 2 – vidinis perkrovimo mygtukas, 3 – OS atnaujinimo mygtukas, 4 – maitinimo elemento jungtis, 5 – ličio baterija, 6 – kairė ir dešinė kojelės.

Užpakalinėje pusėje (2 pav.) išdėstyti tokie kompiuterio elementai: išorinis (1) ir vidinis (2) perkrovimo mygtukas skirti perkrauti Windows CE operacinei sistemai, taip pat operacijų sistemos atnaujinimo mygtukas (3). Užpakalinėje pusėje taip pat montuojama ličio baterija (5), kuri jungiama į jungtį (4). Dvi kojelės (5, 6) leidžia patogiai pastatyti Nova 5000 ant lygaus paviršiaus.

Viršutinėje Nova 5000 pusėje (3 pav.) išdėstyti keturi jutiklių lizdai (2), atminties kortelės (3), garsiakalbio jungtis (4) ir mikrofonas (5) bei maitinimo pakrovimo lizdas (1). 4 paveiksle parodyti Nova 5000 šonai, kur matyti šoninės dalys, kuriose matyt pagrindinė USB jungtis (1), kuri naudojama Nova 5000 prijungimui prie kompiuterio ir failų perkėlimui. Prie jungčių (2) gali būti prijungti klaviatūra, pelė ar spausdintuvas. Per CRT jungtį (3) Nova 5000 gali būti prijungta prie išorinio ekrano ar projektoriaus. Įrenginys taip pat turi Interneto jungtį (4).





**3 pav.** Viršutinėje Nova 5000 pusėje išdėstyti jutiklių lizdai (2), atminties kortelės (3), garsiakalbio jungtis (4) ir mikrofonas (5) bei maitinimo pakrovimo lizdas (1).



**4 pav.** Nova 5000 šonuose yra USB jungtys (1,2), CRT jungtis (3) bei interneto jungtis (4).

### 2.2.3. NOVA 5000 EKSPERIMENTŲ ATLIKIMAS SU MULTILAB

Nova 5000 eksperimentavimo aplinkos trumpą įvadą anglų kalba galima rasti gamintojo tinklapyje<sup>20</sup>. Šiame dokumente trumpai, bet iš esmės supažindinama su svarbiausia programine įranga, naudojama šiame mini kompiuteryje: MultiLab CE, Softmaker, textMaker, Presentations, Internet Explorer, Inbox, Image Viewer, PocketXpdf, Windows media Player, Nova Paint, NZip, Sound Recorder, CalcCE bei keletas eksperimento atlikimo pavyzdžių. Šių programų pavadinimai atitinka įprastus kompiuteriuose naudojamus programinius įrankius, todėl jų paskirtis skaitytojui turėtų būti numanoma pagal anglišką programinės įrangos pavadinimą.

Atsižvelgiant į Nova 5000 galimybes, sukurta speciali Windows CE versija su MultiLab programine įranga, kurią palaiko Nova 5000. Naudojant 4 daviklių jungtis galima prijungti vienu metu iki 8 iš 50 galimų jutiklių. Tiek pačios OS, tiek Multilab atnaujinimus galima rasti žemiau nurodytuose tinklapiuose<sup>21</sup>.

MultiLab sukurta taip, kad galėtų atlikti įvairias su eksperimentu susijusias užduotis: rinkti ir rodyti duomenis realiuoju laiku; pateikti duomenis grafikuose, lentelėse; analizuoti duomenis naudojant specialias programas; importuoti ir eksportuoti duomenis kaip failus; stebėti vaizdo failus peržiūrėti eksperimentus.

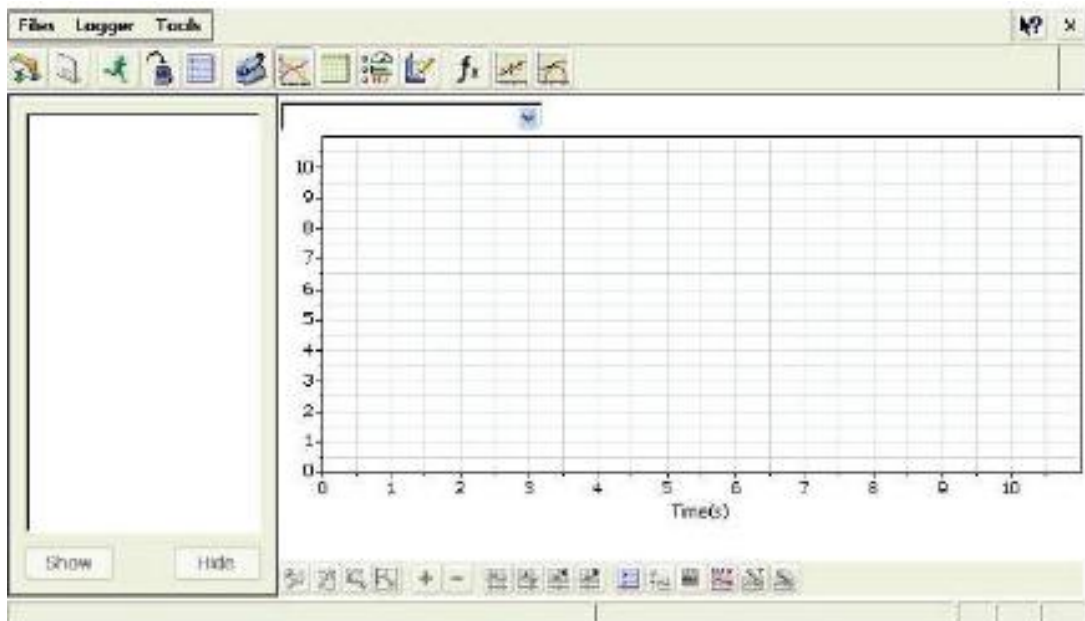
Trumpai aptarsime eksperimentavimo eigą naudojant Nova 5000.

#### 2.2.3.1. MATAVIMO ATLIKIMAS



1. Pirmiausia paleidžiame MultiLab CE programą: *Start* → *Programs* → *Science and math* → *Multilab*. Nuorodą į šią programą galite rasti ir pagrindiniame lange. Turėtų pasirodyti pagrindinis MultiLab langas, kuris parodytas 5 paveiksle.

<sup>20</sup>Nova 5000 eksperimentavimo aplinkos trumpas įvadas (anglų k.), [http://fourieredu.com/fwp/wp-content/uploads/support-downloads/nova5000support/introduction\\_to\\_nova5000\\_learning\\_environment.pdf](http://fourieredu.com/fwp/wp-content/uploads/support-downloads/nova5000support/introduction_to_nova5000_learning_environment.pdf).

<sup>21</sup> Nova 5000 operacijų sistemos binariniai atvaizdai, <http://fourieredu.com/support/nova5000-support/nova5000-os-images> arba Windows CE reinstaliavimo failai <http://www.mokslotechnologijos.lt/nova-5000-mobili-laboratorija>.



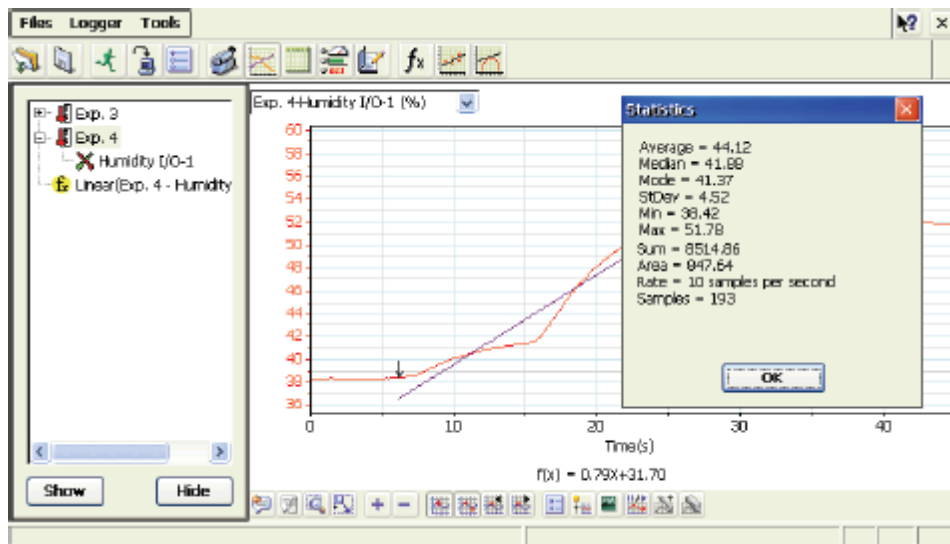
5 pav. MultiLab pagrindinis langas.

2. Įjungiamo matavimui pasirinktą jutiklį į jam skirtą Nova 5000 lizdą. Visada pradėdame nuo 1 lizdo. Jei pirmas jutiklis įjungtas ne į 1 lizdą, tuomet Nova 5000 jo nepažins. Antrasis jutiklis turėtų būti jungiamas į antrą lizdą ir t.t.
3. Pagrindiniame MultiLab meniu pasirinkite: *Logger* → *Setup* arba paspauskite ikoną *Setup* , kuri atvers *Setup* dialogo langą. Jame galite matyti, kad temperatūros daviklis yra atpažintas – *Auto-identified*. Galite naudoti numatytuosius parametrus arba galite juos pakeisti. Spauskite *OK*, jei naudosite numatytuosius.
4. Spauskite ikoną *Run*  norėdami pradėti matavimą. Kaupiami duomenys bus atvaizduojami grafike realiuoju laiku. Temperatūros jutiklį įkiškite į šaltą, o paskui į karštą vandenį. Grafikas rodytų, kaip keičiasi temperatūra.
5. Eksperimentas baigiamas, kaip apspaudžiamas *Stop* ženklelis arba kai užpildomas duomenų kaupimui skirtas atminties segmentas. Jo tipinis dydis būna nustatytas prieš eksperimentą (predifined), norint jį galima pakeisti.

### 2.2.3.2. DUOMENŲ ANALIZĖ

6 paveiksle parodytas MultiLab langas su atliktais eksperimentais. Kairiajame lange matyti, kad buvo atlikti keli eksperimentai. Analizei pasirenkame vieną jų.

6. Atliksime statistinę duomenų analizę. Pasirinkite du žymeklius grafike paspaudę ant žymeklių ikonų. Žymeklius galima perkelti spustelėjus ant jų.
7. Tuomet pasirinkite *Tools* → *Analysis* ir regresijos tipą. Duomenys rodomi standartinėje formoje po grafiku. Atkreipkite dėmesį, kad žemiau grafiko atsirado tiesės lygtis, atitinkanti pasirinktą duomenų intervalą.



6 pav. MultiLab eksperimento duomenų analizė.

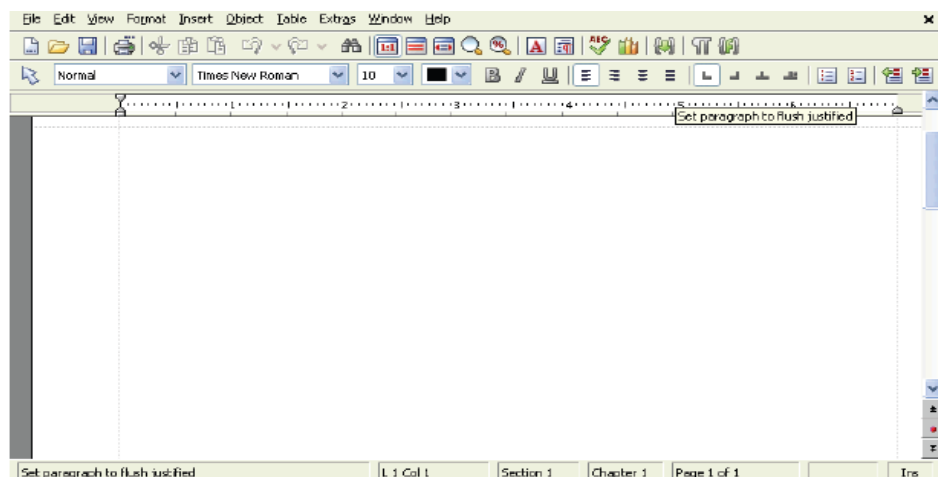
### 2.2.3.3. DUOMENŲ ĮRAŠYMAS

Tiek duomenis, tiek grafikus galima įrašyti ar eksportuoti į failų saugyklą arba perkelti į išorinį įrenginį – USB raktą. Įrašytų duomenų formatas suderinamas su įprastais darbui naudojamais formatais, pavyzdžiui, MS Excel.

### 2.2.4. KITI NOVA 5000 PROGRAMŲ ĮRANKIAI

Teksto, skaičiuoklės ir prezentacijų rengimo įrankiai yra įprastos kompiuterio programos. Atidarytas TextMaker lankas parodytas 7 paveiksle. Nedidelės apimties tekstams įvesti galima klaviatūrą ekrane, kurią galima suaktyvinti paspaudus žymę dešiniame apatiniame kampe. Šioje klaviatūroje galite aptikti ir lietuvišką raidyną. Suprantama, didesnės apimties tekstams įvesti tokia klaviatūra nepatogi, tačiau galima prijungti originalias Nova 5000 mini klaviatūrą ir mini pelę.

Išsamios tiek Textmaker, tiek kitų programinių įrankių pilni vartotojo vadovai yra pateikiami gamintojo tinklapyje<sup>22</sup>.



7 pav. Teksto redagavimo programos TextMaker langas.

<sup>22</sup> NOVA 5000 support, <http://fourieredu.com/support/nova5000-support/>



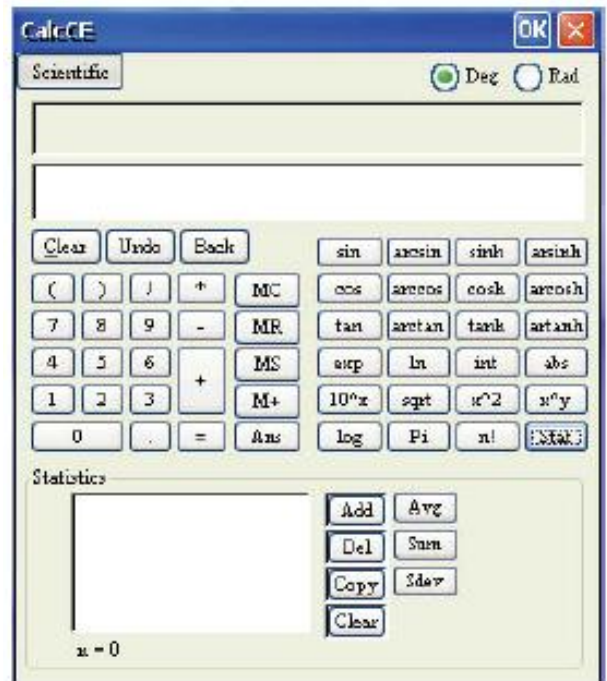
**8 pav.** Mini klaviatūra ir mini pelė – patogesnės priemonės dirbti su didesnės apimties tekstais.

Viena iš įdomesnių ir naudingų įdiegtų programinių įrankių yra skaičiuotuvas (9 pav.), kuris paleidžiamas tokia seka: *Start* → *Program* → *Science & Math* → *CalcCE*. Skaičiuotuvas gali būti įjungiamas į tris pozicijas: pagrindinę (*basic mode*), mokslinę (*scientific*) ir statistinę (*statistics mode*).

### 2.2.5. BŪDINGOS JUTIKLIŲ CHARAKTERISTIKOS

Kaip jau minėta, prie Nova 5000 galima prijungti iki 50 įvairių jutiklių. Standartinį komplektą sudaro 14 jutiklių, kurių dauguma skirti fizikiniams matavimams. Įgyvendinant projektą „Technologijų, gamtos mokslų ir menų mokymo infrastruktūra“ buvo nupirkta dar antra tiek specializuotų jutiklių, kurie daugiausia skirti cheminiams, biologiniams ar aplinkotyrimams matavimams, pavyzdžiui, širdies ritmo jutiklis DT155A, kalcio elektrodas AC019A, dirvožemio drėgmės jutiklis DT171A.

Šiame aprašyme pateiksime dviejų jutiklių savybių ir jų naudojimo būdingus bruožus, kitų jutiklių charakteristikos ir prijungimas prie Nova 5000 yra panašūs.



**9 pav.** Skaičiuotuvas gali būti naudinga Nova 5000 įrankis įvairiems skaičiavimams atlikti.

#### 2.2.5.1. ATSTUMO JUTIKLIS DT020-1

Atstumo matuoklis skirtas matuoti atstumą tarp jutiklio ir objekto 0,2 iki 10 m intervale. Šio jutiklio pagalba matavimo duomenys gali būti užfiksuojami 50 kartų per sekundę, todėl jį galima naudoti objekto judėjimo eksperimentams atlikti. Jutiklis tiekiamas su tvirtinimo strypu (10 pav.).

Atstumo jutiklio veikimas pagrįstas sonarinių sistemų veikimo principu. Jame yra įmontuoti ultragarso siųstuvai ir imtuvai. Prie garsiakalbio yra prijungtas kondensatorius, kuris pastoviai įsikrauna ir išsikrauna. Įsikrovimo ir išsikrovimo dažnį pasirenka naudotojas. Kondensatoriaus išsikrovimo metu garsiakalbis išspinduliuoja ultragarso impulsą, kuris pasiekęs artimiausią objektą atsispindi nuo jo ir grįžta į jutiklį. Procesorius esantis jutiklio viduje, priklausomai nuo ultragarso impulso trukmės kelyje, apskaičiuoja atstumą iki objekto.

Kadangi jutiklis pasižymi dideliu srovės suvartojimu, rekomenduojama atlikti matavimus su įjungtų išoriniu maitinimo šaltiniu. Matuojamas objektas būtų ne arčiau nei 20 cm iki atstumo jutiklio ir turėti kuo didesnę plokščią atspindintį paviršių. Jeigu paviršius pasižymi nesimetrišku atspindžiu, tai ultragarso bangos gali atsispindėti į kitą pusę, nei yra imtuvas. Atstumo jutiklis išmatuos atstumą iki arčiausiai esančio objekto, kuris patenka į jutiklio veikimo zoną (matymo kampą).



**10 pav.** Atstumo jutiklis DT020-1 su tvirtinimo strypu.

#### 1 lentelė. Atstumo jutiklio specifikacijos

Diapazonas:	0,2 m – 10 m
Tikslumas:	2 % nuo viso diapazono
Skiriamoji geba (12 bit):	2,44 mm
Duomenų nuskaitymo dažnis:	Iki 50 matavimų per sekundę.
Imtuvo matymo (veikimo) kampas:	Nuo $\pm 15^\circ$ iki $\pm 20^\circ$
Matavimo charakteristikos:	Parodo poziciją, greitį ir pagreitį.
Duomenų registravimo įrenginio įėjimas:	Skaitmeninis
Jutiklio naudojimo rekomendacijos:	Galima naudoti kai prie duomenų registravimo įrenginio prijungtas AC/DC įtampos šaltinis.

Jutiklis yra sukalibruotas ir paruoštas naudojimui. Jis naudojimas su Nova5000 ir MultiLab programine įranga tokia seka:

- 1) Paleisti MultiLab CE programinę įrangą.
- 2) Prijungti atstumo jutiklį prie Nova5000 skaitmeninio įėjimo lizdo (pradedant nuo 1). Jutiklis turi būti automatiškai atpažintas MultiLab programinės įrangos.
- 3) Paspausti *Setup* pagrindinėje įrankių juostoje (angl.: main toolbar) ir nustatyti duomenų registravimo įrenginio, duomenų nuskaitymo dažnį (angl.: sample rate) bei matavimų skaičių (angl.: number of samples).
- 4) Pradėti matavimus paspaudžiant *Run*.

Pagal nutylėjimą teigiama jutiklio veikimo kryptis nukreipta nuo jutiklio. Norint pakeisti kryptį (teigiama nukreipta į jutiklį) reikia atlikti tokius veiksmus:

- 1) Paspausti *Logger* pagrindinėje įrankių juostoje.
- 2) Paspausti *Preferences* ir pasirinkti *Distance positive direction*.
- 3) Pasirinkti norimus nustatymus ir paspausti *OK*.

Norint nustatyti atskaitos pradžią nuo nulio, paspaudus *Setup*, reikia atlikti tokius veiksmus:

- 1) Paspausti *Properties* .
- 2) Paspausti *Set Zero*.
- 3) Pažymėti *Set the current reading to zero* ir paspausti *OK*.



### 2.2.5.2. GEIGERIO MIULERIO SKAITIKLIS DT116

Yra įmontuotas Geigerio Miulerio vamzdis, kuris gali registruoti alfa, beta ir gama spinduliuotę. Skaitiklis yra sukurtas automatiškai registruoti jonizuojančią spinduliuotę.

Pagrindinė Geigerio Miulerio skaitiklio sudedamoji dalis – daviklis, vadinamas Geigerio-Miulerio vamzdžiu, kuris yra pripildytas inertinėmis dujomis. Kai didelės energijos dalelė patenka į šį vamzdį, jonizuoja dujas, kurios tampa laidžios ir trumpam sukuriama elektros srovė. Vamzdis sustiprina dujų laidumą ir nusiunčia srovės impulsą į skaičiuotuvą, fiksuojantį impulsų skaičių. Geigerio Miulerio skaitiklis tiekiamas su tvirtinimo strypu ir apsauginiu dangteliu (11 pav.). Geigerio Miulerio skaitiklio jonizuojančios spinduliuotės matavimo diapazonas yra 0–4096 Bq (Bekerelių). Jame įrengtas maitinimo indikatorius ir garsinis signalas, kuris informuoja apie kiekvieną užregistruotą impulsą.

Geigerio Miulerio skaitiklis tiekiamas su jame esančiu Geigerio Miulerio vamzdžiu ir integruotu maitinimo šaltiniu. Dėl to jį galima tiesiogiai jungti prie duomenų registravimo įrenginio, kuris išduoda 5 V įtampą reikalingą skaitiklio veikimui. Skaitiklyje yra įmontuotas maitinimo indikatorius, kuris šviečia geltonai, kai pajungtas maitinimas. Taip pat skaitiklyje yra įmontuotas garsinis signalas, kuris skleidžia garsą po kiekvieno įrašyto impulso.

Geigerio Miulerio vamzdžio langas yra padarytas iš labai plonos ir jautrios medžiagos (žėručio), kuri netinkamai naudojama gali būti greitai sugadinta. Dėl šios priežasties yra pridėtas apsauginis dangtelis, kuris daugeliu atveju turi būti uždėtas ant skaitiklio, išskyrus atvejį kai registruojama alfa jonizuojančioji spinduliuotė. Dangtelyje yra skylutė, kad nuėmimo ir uždėjimo metu nesusidarytų vakuumas. Dangtelio nuėmimo ir uždėjimo metu ta skylutė būtų neuždengta.



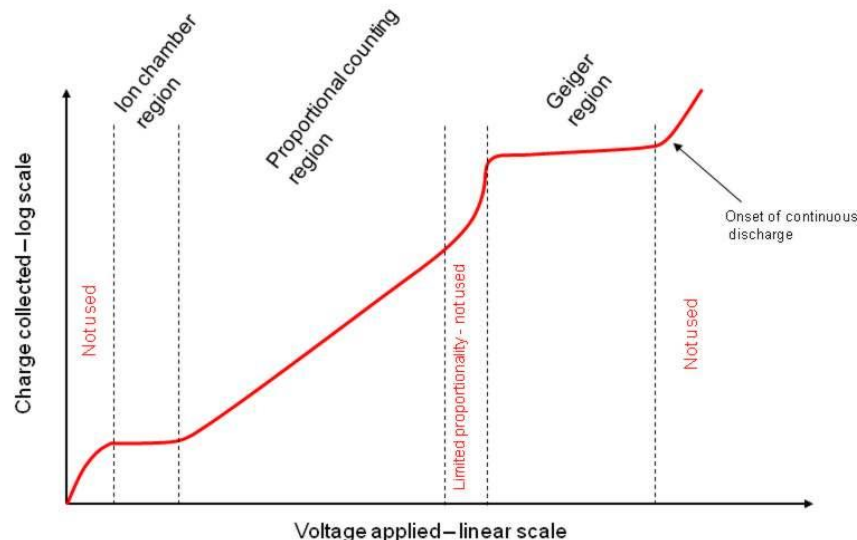
11 pav. Geigerio Miulerio skaitiklis DT116 su tvirtinimo strypu ir dangteliu.

2 lentelė. Geigerio Miulerio skaitiklio specifikacijos

Diapazonas:	0–4096 Bq
Skiriamoji geba (12-bit):	1 Bq
Jautrumas:	Alfa, beta, gama
Langelio storis:	1.5 to 2.0 mg/cm <sup>2</sup>
Langelio medžiaga:	Žėrutis
Dujos:	Neonas, argonas ir halogenai
Mažiausia matavimo trukmė:	90 μs
Įsisotinimo slenkstinė įtampa (Vb1):	450 V
Įsisotinimo ilgis (Vb2-Vb1):	150 V
Rekomenduojama maitinimo įtampa:	500 V
Duomenų kaupiklio įėjimo tipas:	Skaitmeninis

Geigerio Miulerio skaitiklio efektyvumo priklausomybė nuo įtampos pateikta 12 paveiksle. Tinkamiausia matavimams yra tiesinė dalis, kur registruojamų dalelių skaičius priklauso nuo įtampos tiesiškai. Šią sritį naudojantys skaitikliai vadinami proporcingaisiais skaitikliais. Jie naudoja mažesnę potencialų skirtumą (tuo pačiu ir sukuriama elektrinį lauką), todėl gali nustatyti ir jonizuojančiosios spinduliuotės energiją. Įsisotinimu vadinama grafiko sritis, kurioje dalelių kiekis beveik nepriklauso nuo įtampos, todėl neprasminga šios srities naudoti dalelių skaitiklyje.





**12 pav.** Geigerio Miulerio skaitiklio efektyvumo priklausomybė nuo įtampos.  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Detector\\_regions.gif](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f7/Detector_regions.gif)

Geigerio Miulerio skaitiklis yra sukalibruotas ir paruoštas naudojimui. Apsauginis dangtelis daugeliu atveju turi būti uždėtas ant skaitiklio, išskyrus tuos atvejus kai registruojama alfa jonizuojančioji spinduliuotė. Geigerio Miulerio skaitiklio duomenų registravimo įrenginys negali atpažinti automatiškai (žemiau punktas 3), todėl duomenų registravimo įrenginys turi veikti esant 8-*inputs* režimui (žemiau punktas 4).

Norint Geigerio Miulerio skaitiklį naudoti su Nova5000 ir MultiLab, reikia

- 1) Paleisti MultiLab CE programinę įrangą.
- 2) Prijungti Geigerio Miulerio skaitiklį prie Nova5000 įėjimo lizdo.
- 3) Paspausti *Setup* pagrindinėje įrankių juostoje ir nuimti žymėjimą ties *Auto Detect Sensors*.
- 4) Išskleidžiamajame meniu pasirinkti *GM counter 4096 Bq*.
- 5) Paspausti *Rate tab* ir pasirinkti duomenų registravimo įrenginio duomenų nuskaitymo dažnį (angl. *sampling rate*). Paspausti *Sample* ir pasirinkti matavimų skaičių (angl. *number of samples*). Paspausti *OK*.
- 6) Norint pradėti matavimus paspausti *Run*.

## 2.3. XPLOLER GLX ĮVADAS

### 2.3.1. XPLOLER GLX PASKIRTIS IR SAVYBĖS

„Xplorer GLX“ yra eksperimentinių matavimo duomenų kaupimo, pateikimo ir analizės prietaisas, veikiantis kartu su PASPORT tipo jutikliais. Jis skirtas tiek fizikos, chemijos, biologijos laboratoriniams darbams mokykloje atlikti, tiek ir sudėtingesniems matavimams. „Xplorer GLX“ gali būti naudojamas arba kaip visiškai savarankiškas portatyvinis kompiuterizuotas prietaisas, arba gali būti prijungiamas prie stacionaraus arba nešiojamo kompiuterio, kuriame instaliuota „DataStudio“ programinė įranga. Prie „Xplorer GLX“ USB jungčių galima prijungti papildomą kompiuterinę pelę, klaviatūrą arba spausdintuvą. Duomenų kaupiklyje „Xplorer GLX“ yra įmontuotas garsiakalbis ir garso signalų išvestis. papildomoms ausinėms arba sustiprintam garsiakalbiui.

Xplorer GLX įrenginio skystųjų kristalų ekranas apie 7,5 x 5,5 cm, eksperimentų duomenys įrenginio ekrane pateikiami skaitmenine reikšme ir grafiškai, ekrano raiška 320x240 pikselių. Vidinė prietaiso atmintis 12 MB; duomenų rinkimo dažnis – 50 000 Hz; jame integruotas funkcijos generatorius; keturi sensorių prijungimo gnybtai. Ant įrenginio korpuso sumontuoti įrenginio (tame tarpe ekrano, programų) valdymo mygtukai, USB jungtys. Xplorer GLX sukauptus eksperimentų duomenis per USB jungtį galima perduoti į vartotojo kompiuterį. Šiam tikslui rinkinyje yra visi reikalingi priedai bei vartotojo kompiuteriui programinė įranga DataStudio. Vaizdas iš įrenginio ekrano gali būti perduodamas į vartotojo kompiuterio ekraną. Rinkinys pilnai paruoštas darbui – jame yra visi papildomi įrenginiai ar priedai, kad šiuo rinkiniu būtų galima atlikti kinematikos, dinamikos, Huko dėsnų tyrimo ir trinties jėgos matavimo bandymus.

### 2.3.2. XPLOLER GLX IŠORINĖS JUNGTYS IR VALDYMAS

13 paveiksle parodytas išorinių įrenginių prijungimo prie Xplorer GLX jungtys. Maitinimo tiekimas įsijungia automatiškai, kai adapteris įjungiamas į maitinimo tinklą. Jeigu GLX veikia su baterijomis arba jeigu adapteris jau yra prijungtas, paspaudus apie 1 sek. laikykite nuspaustą maitinimo mygtuką (Ⓢ) prietaisas įsijungia. Rekomenduojama GLX naudoti įjungtą į maitinimo tinklą, kai tik tai įmanoma.



**13 pav.** Išorinių įrenginių prijungimas prie Xplorer GLX. **14 pav.** Xplorer jutiklių ir zondų lizdai

Jeigu GLX bus naudojamas su kompiuteriu, pridėdamu USB kabeliu GLX prijungiamas prie kompiuterio USB jungties. Norint naudoti papildomą pelę, ji prijungiama prie USB jungties dešiniojoje GLX pusėje. Pelė nėra būtina darbui – viską, ką galima atlikti naudojant pelę, galima atlikti ir per GLX klaviatūrą. Jeigu tenka įvesti daug duomenų, per USB jungtį dešinėje GLX pusėje prijungiama klaviatūra.

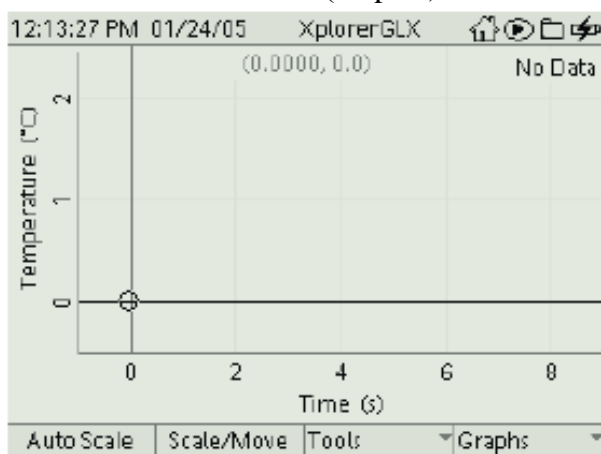
14 paveiksle parodyti lizdai, prie kurių jungiami jutikliai. Prie pagrindinių jungčių, esančių GLX viršuje, galima prijungti iki keturių PASPORT jutiklių. Paprastai GLX automatiškai atpažįsta jutiklį ir įjungia grafiko rodyimą arba atidaro kitą ekraną, kai prijungiamas jutiklis. Komplekte esatys greito atsako zondai ar kiti PASCO temperatūros zondai jungiami prie atitinkamų jungčių kairiojoje GLX pusėje. Greito atsako temperatūros zondų matuojamas diapazonas apima nuo -10 iki +70°C, o nerūdijančio plieno zondų – nuo -10 iki +135°C. Įtampos zondas prie jungties kairiojoje GLX pusėje, kai norima atlikti įtampos nuo -10 iki +10V matavimus. Įtampos zondą galima prijungti prie įtampos šaltinių *tik* prieš tai prijungus jį prie GLX. Nejunkite įtampos šaltinio tol, kol zondas nėra prijungtas prie GLX. Prieš atjungiant zondą pašalinkite visus įtampos šaltinius.

Ausinės arba garsiakalbiai, kurie reikalingi garsui generuoti, prijungiami juos prie signalo išvesties jungties. Taip pat galima naudoti integruotą GLX garsiakalbį. USB duomenų saugojimo įrenginys (atmintinė), prijungiama prie GLX duomenų kaupiklio USB jungties ir taip padidinti talpą duomenų saugojimui ir papildomam saugojimui.

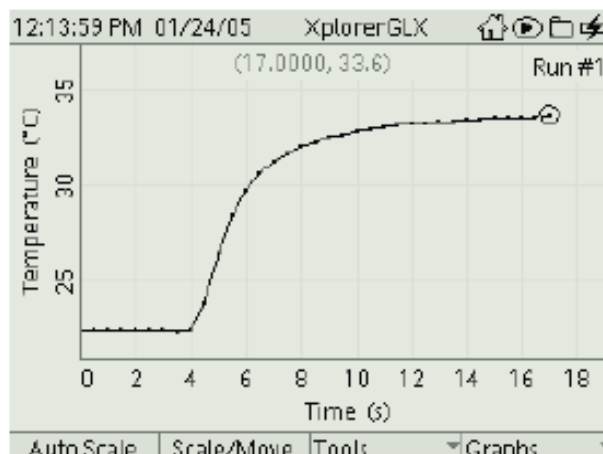
### 2.3.3. MATAVIMO ATLIKIMAS SU XPLOERER GLX

Xplorer GLX galimybės labai plačios, todėl pirmiausia atlikime paprastą eksperimentą, kad tas galimybes galėtume analizuoti.

1. Įjungiamo prietaisą: paspaudžiame mygtuką, esantį apatiniame dešiniajame klaviatūros kampe (Ⓢ) ir laikome jį nuspauštą maždaug vieną sekundę.
2. Temperatūros jutiklį prijungiame prie vienos iš jungčių kairiojoje GLX pusėje. Dažniausiai grafikas su temperatūros (°C) ir laiko (s) ašimis pradedamas rodyti automatiškai (15 pav.).



**15 pav.** Prijungus temperatūros jutiklį, pradedamas rodyti grafikas su temperatūros (°C) ir laiko (s) ašimis.



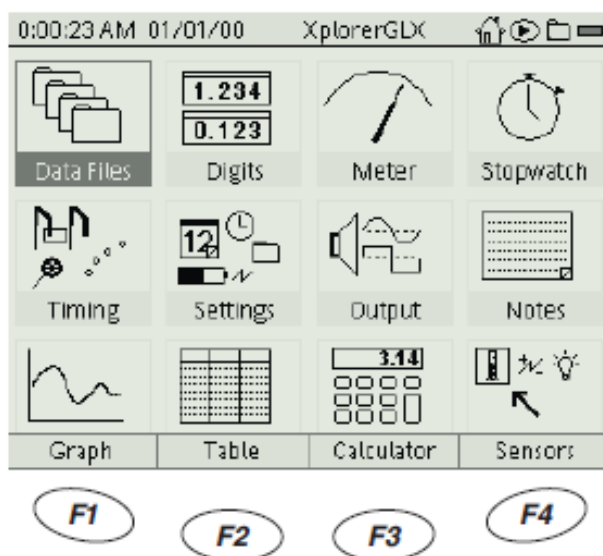
**16 pav.** Laikant rankoje, jutiklio registruojama temperatūra atvaizduojama ekrane.

3. Matavimo atlikimui paspauskite (▶). GLX fiksuoja ir vaizduoja duomenis, gaunamus iš jutiklio. Paspauskite (FI) (Autoscale), kad automatiškai nustatytumėt grafiko mastelį.
4. Temperatūros zondą laikykite rankoje ir stebėkite, kaip keičias grafike pateikiami duomenys (16 pav.).
5. Norėdami sustabdyti duomenų įrašymą, dar kartą paspauskite (▶). Norint surinkti daugiau duomenų, vėl paspauskite (▶).

Yra keletas duomenų surinkimo būdų, naudojant GLX duomenų kaupiklį. Šis yra paprasčiausias ir dažniausiai naudojamas.

## 2.3.4. PAGRINDINIO EKRANO FUNKCIJOS

Visos siūlomos GLX funkcijos išdėstytos pagrindiniame ekrane. Pagrindinį ekraną (17 pav.) sudaro nuorodos, apatinė eilutė ir viršutinė eilutė. Funkcijų valdymas vykdomas naudojant apatinę eilutę (18 pav.).



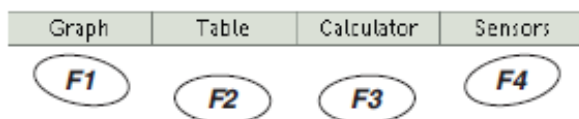
Pagrindinis ekranas

17 pav. Pagrindinį ekraną sudaro nuorodos, apatinė eilutė ir viršutinė eilutė

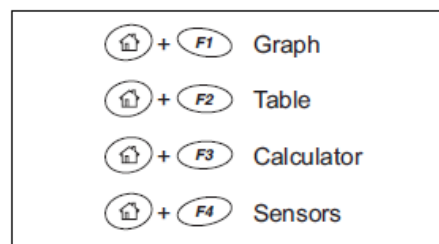
### 2.3.4.1. APATINĖ EILUTĖ

Nuorodas apatinėje pagrindinio ekrano eilutėje galima pasirinkti bet kuriuo funkcinio mygtuku: **F1**, **F2**, **F3** ir **F4**. Grafiko, lentelės, skaičiuotuvo ir jutiklių ekranai yra naudojami dažniausiai, todėl jie yra greičiausiai pasiekiami. Jeigu norite, kad apatinė namų ekrano eilutė laikinai būtų matoma bet kur GLX aplinkoje, paspauskite ir palaikykite nuspaustą mygtuką . Tuo pačiu metu paspauskite funkcinį atitinkamo ekrano mygtuką.

Kituose ekranuose paprastai ekrano apačioje matomos keturios pasirinktys, kurios pasiekiamos funkciniais mygtukais.



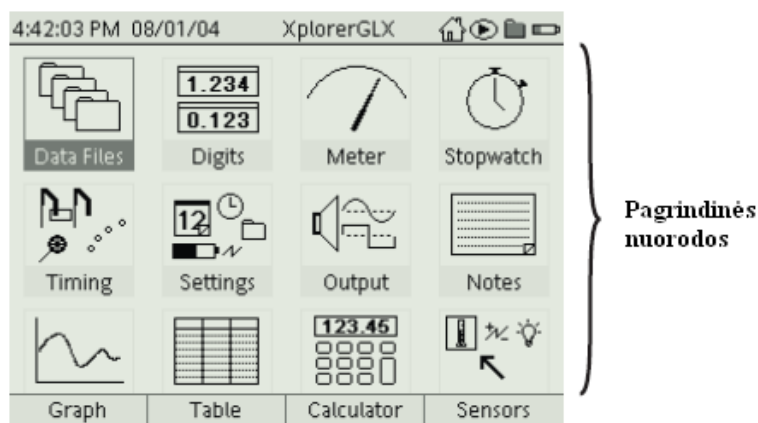
18 pav. Apatinė GLX eilutė.



Trumposios nuorodos GLX aplinkoje  
19 pav. Trumposios FLX ekrano nuorodos.

### 2.3.4.2. PAGRINDINĖS NUORODOS

Pagrindinės nuorodos veda į kitus GLX aplinkos ekranus. Norėdami atidaryti ekraną per nuorodą, rodyklių aukštyn, žemyn, į kairę ir į dešinę mygtukais pažymėkite reikiamą nuorodą, ir paspauskite .



20 pav. Pagrindinės ekrano nuorodos.

**Duomenų failai (Data Files).** Kai baigtas duomenų rinkimas arba GLX konfigūravimas bandymui, duomenų failų (*Data Files*) ekrane galima išsaugoti darbą. Čia taip pat galima atidaryti ar ištrinti išsaugotus failus bei tvarkyti rodmenis, jutiklius, skaičiavimus ir rankiniu būdu įvestų duomenų srautus, kurie yra duomenų failų dalys.

**Skaičiai (Digits).** Šiame ekrane rodomi duomenys realiu laiku, kai jie yra gaunami iš jutiklių ir skaičiavimų. Vienu metu galima matyti iki šešių duomenų šaltinių.

**Matuoklis (Meter).** Šis ekranas imituoja analoginį matuoklį su rodykle, kuris proporcingai atspindi jutiklio atliekamą matavimą.

**Laikmatis (Stopwatch).** Šiame ekrane GLX galima naudoti, kaip laikmatį atliekamų veiksmų laikui matuoti. Laikmatis įjungiamas ir sustabdomas per GLX klaviatūrą. Taigi tam nereikalingi jokie jutikliai.

**Laiko skaičiavimas (Timing).** Laiko skaičiavimo ekranas naudojamas foto užtvarų, skriemulių ir kitų perjungimo ar skaičiavimo jutiklių konfigūravimui.

**Nustatymai (Settings).** Nustatymų ekranas naudojamas pakeisti GLX pavadinimą, laiką, datą ir ekrano parametrus, laiką iki automatinio išsijungimo, GLX reakciją į įjungimą ar jutiklio prijungimą.

**Galingumas (Output).** Galingumo ekrane yra kontroliuojamas signalas, kurį GLX sukuria ir skleidžia per integruotą garsiakalbį arba į ausines ar sustiprintus garsiakalbius.

**Pastabos (Notes).** Pastabų ekrane galima kurti, skaityti ir redaguoti puslapius ar tekstines pastabas, kurios bus išsaugotos su bandymo parametrais arba surinktais duomenimis.

**Grafikas (Graph).** Grafiko ekranas naudojamas duomenims žymėti ir analizuoti. Daugeliu atvejų grafikas yra geriausias būdas matyti duomenis tokius, kokie jie surenkami.

**Lentelė (Table).** Lentelėje duomenys rodomi skaičiais stulpeliuose. Juos galima naudoti redaguojant ir įvedant duomenis bei statistinei analizei.

**Skaičiuotuvus (Calculator).** Šį ekraną galima naudoti, kaip įprastą skaičiuotuvą norint apskaičiuoti paprastų reiškinių rezultata, ir kaip grafinį skaičiuotuvą lygčių sudarymui. Skaičiuotuvu taip pat galima atlikti surinktų duomenų srautų ir rankiniu būdu įvestų duomenų rinkinių matematinius veiksmus.

**Jutikliai (Sensors).** Norėdami pasirinkti, kai jutikliai rinks duomenis, naudokite jutiklių ekraną. Ekrane rodoma, kurie jutikliai yra prijungti prie GLX, ir kiekvieno sensoriaus valdymo elementai.



Išsamios darbo su kiekviena funkcija instrukcijos pateikiamos detaliame GLX Explorer aprašyme lietuvių kalba.


### 2.3.4.3. VIRŠUTINĖ EKRANO EILUTĖ

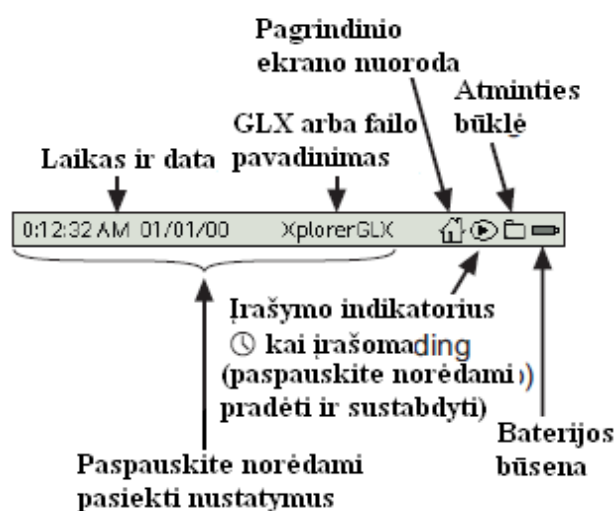
Viršutinė eilutė yra pagrindinio ekrano dalis, kuris visada matoma bet kur GLX aplinkoje. Ji rodo laiką, datą ir GLX pavadinimą arba atidaryto failo pavadinimą. Ji taip pat rodo duomenų įrašymo būklę, baterijos energijos lygį ir naudojamos atminties kiekį.

Viršutinėje eilutėje rodomas **laikas ir data** nustatomi automatiškai, kai GLX yra prijungiamas prie kompiuterio, kuriame instaliuota „DataStudio“ programinė įranga. Laiką ir datą bei jų rodymo formatą galima pakeisti rankiniu būdu nustatymų ekrane.

Pagal gamyklinius nustatymus viršutinėje eilutėje rodomas **pavadinimas** yra „XplorerGLX“. Jeigu klasėje arba laboratorijoje naudojate daugiau negu vieną GLX, kiekvienam galite suteikti unikalų pavadinimą. Kai atidaromas anksčiau išsaugotas failas, vietoje GLX pavadinimo rodomas failo pavadinimas.






Jeigu naudojate pelę, užuot paspaudę mygtuką  duomenų kaupiklio klaviatūroje, galite paspausti **pagrindinio ekrano nuorodą** (). Taip iš bet kurios GLX aplinkos sugrįšite į pagrindinį ekraną.

**Duomenų įrašymo** simbolio pasikeitimas rodo, kad GLX surenka duomenis ir kokiame mėginių atrinkimo režime jis veikia. Jis taip pat pranešama, kai įrašoma arba pranešama garsinė pastaba. Jeigu naudojate pelę, užuot spaudus mygtuką  duomenų kaupiklio klaviatūroje, galite paspausti duomenų įrašymo simbolį ir taip pradėti arba sustabdyti duomenų kaupimą.



21 pav. Viršutinė GLX ekrano eilutė.

### Įrašymo būsenos simboliai

-  Duomenys nerenkami
-  Duomenų atrinkimas nepertraukiamu režimu
-  Duomenų atrinkimas rankiniu režimu
-  Garsinės pastabos įrašymas
-  Garsinės pastabos transliavimas

22 pav. Duomenų įrašymo būklė simboliai.

**Atminties daviklis** rodo, kiek laisvos atminties yra duomenų kaupiklyje. Kadangi duomenys saugomi RAM atmintyje, simbolis tamsėja nuo apačios į viršų. Visiškai užpildytas simbolis reiškia, kad duomenų įrašymui yra mažai atminties arba jos visai nebėra. Jeigu naudojate pelę, spustelkite atminties daviklį ir taip atidarykite duomenų failų ekraną, pradėkite naują failą arba išsaugokite failą, su kuriuo dirbate.

Kai GLX naudoja baterijos tiekiamą energiją, **baterijos daviklis** rodo baterijos įkrovimo lygį. Kai baterija yra visiškai įkrauta, visas daviklis yra pilkos spalvos. Baterijos daviklis taip pat rodo, kada GLX yra prijungtas prie elektros tinklo ir baterija yra kraunama.



### III. DALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI

#### 3.1. MECHANIKOS LABORATORINIAI DARBAI

##### 3.1.1. GRAFINIS JUDĖJIMO VAIZDAVIMAS (GLX)

###### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 12 klasė.

###### 2. Judėjimas ir jėgos

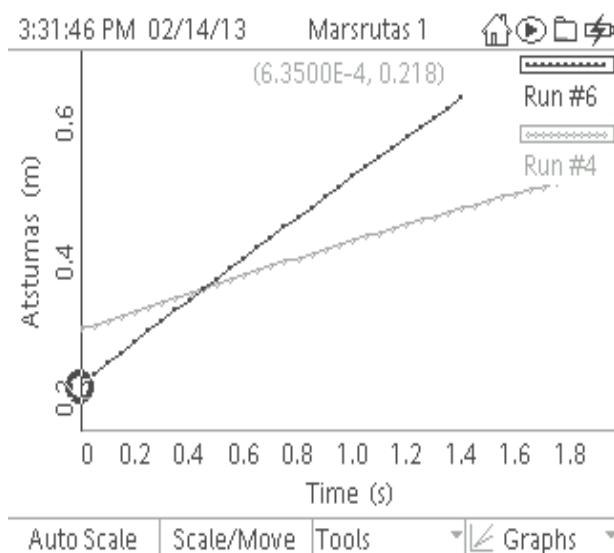
###### Nuostata

Domėtis mechaninius procesus apibūdinančiais dėsniais ir jų taikymu moksle, technikoje ir kasdiniame gyvenime, remtis jais įvairioje veikloje.

###### Esminis gebėjimas

Taikyti pagrindinius judėjimo ir tvermės dėsnius aiškinant įvairių mechanizmų veikimą ir energijos virsmus.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.1. Taikyti žinias apie mechaninį judėjimą ir jo reliatyvumą nagrinėjant judėjimo pavyzdžius, sprendžiant uždavinius, analizuoti judėjimo grafikus. Atlikti tolygiai kintamojo judėjimo ir horizontaliai mesto kūno judėjimo tyrimus.	2.1.1. Apibūdinti <i>poslinkį, momentinį greitį, greitį, pagreitį</i> kaip vektorius. 2.1.2. Apibūdinti tolyginį, tolygiai kintantį slenkamąjį judėjimą, pateikti jų pavyzdžių. 2.1.3. Užrašyti greičio, poslinkio ir koordinatės priklausomybės nuo laiko lygtis, pavaizduoti šias priklausomybes grafiškai. 2.1.4. Apskaičiuoti poslinkį kaip koordinatės ašies ir greičio priklausomybės nuo laiko grafiko ribojamą plotą. 2.1.5. Apibūdinti ir apskaičiuoti vidutinį netolyginio judėjimo greitį



**1 pav.** Du vežimėlio judėjimo grafikai: (Run#6) – statesnis negu (Run#4). Vadinasi, paskesniuju matavimu (Run#6) vežimėlio greitis buvo didesnis.

###### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Kad būtų vaizdžiau, judėjimą galima pavaizduoti grafikai. Grafikas parodo, kaip kinta vienas dydis, kintant kitam dydžiui, nuo kurio jis priklauso. Jeigu abscisių ašyje atidėsime laiką, praėjusį nuo eksperimento pradžios, o ordinačių ašyje – kūno koordinatės reikšmes, gautasis grafikas išreikš kūno *koordinatės priklausomybę nuo laiko*. Toks grafikas vadinamas *judėjimo grafiku* (1 pav.).

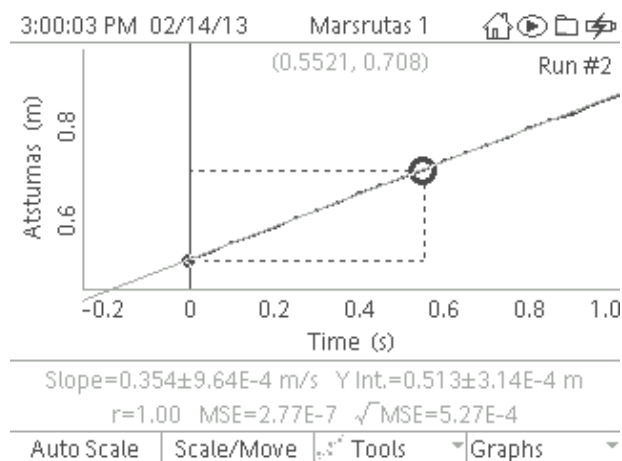
Jeigu kūnas juda tiesiai su pastoviu greičiu, judėjimo grafikas yra tiesė. Tai reiškia, kad koordinatė tiesiškai priklauso nuo laiko (nepainioti su trajektorija).

Iš grafikų galima spręsti ir apie judėjimo greitį: greitis tuo didesnis, kuo statesnis grafikas (1 pav.). Turint kūno judėjimo grafiką galima išspręsti pagrindinį mechanikos uždavinį: rasti kūno padėtį bet kuriuo laiko momentu. (2 pav.).

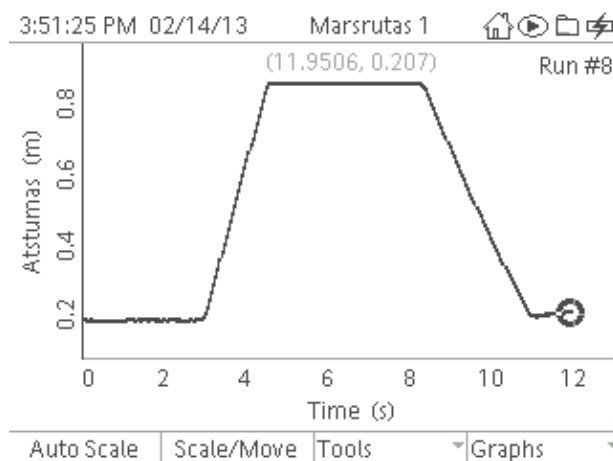
Kūno judėjimo grafiko polinkio kampo tangentas atitinka jo greitį. (2 paveiksle judančio objekto greitis:  $v = ((0,354 \pm 9,64) \cdot 10^{-4})m/s$ . Kūnas judėjo tiesiai „x“ ašies kryptimi 0,354 m/s pastoviu greičiu.

Iš judėjimo grafiko (3 pav.) galima gauti kūno greičio grafiką (3 a pav.), kuris rodo, kaip kinta greitis, kintant laikui. Greičio grafikas geometriškai nustato ir nueitą *kelį*. Kelias lygus plotui stačiakampio, kurio aukštinė yra greitis  $v$ , o pagrindas – laikas  $t$ . Ploto skaitinė vertė atitinka tolygiai judančio kūno kelią.

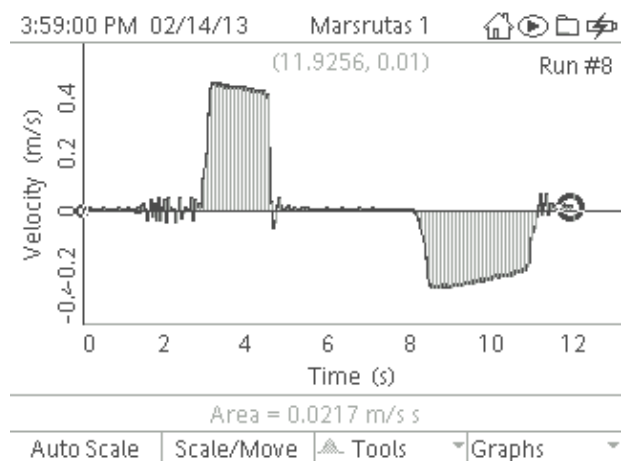
Iš greičio grafikų galima rasti ir judančių kūnų poslinkio per tam tikrą laiko tarpą modulį.



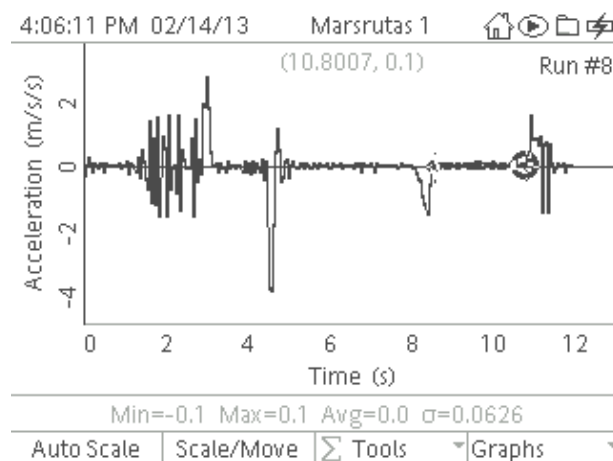
**2 pav.** Aproximavus matavimo duomenis tiesę, pagal sankirtą su „y“ ašimi (Y Int.) galime rasti kokių atstumu nuo atskaitos taško buvo objektas pradėjęs matavimą. (Paveiksle: kai  $t = 0$ , kūno atstumas nuo atskaitos taško buvo  $(0,513 \pm 3,1410) \times 10^{-4}$ ) m. Sankirta su „x“ ašimi rodo per kiek laiko tokiu greičiu judęs objektas galėtų atsidurti taške, nuo kurio pradėjome matavimą.



**3 pav.** Objekto judėjimo grafikas.



**3 a pav.** Objekto greičio grafikas su pažymėtu plotu gautas iš judėjimo (3 pav.) grafiko.



**3 b pav.** Pagreičio grafikas, gautas iš objekto judėjimo (3 pav.) grafiko.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinio darbo metu bus tiriamas tiesiaiegis tolyginis kūno judėjimas. Judančiu kūnu bus „be trinties“ horizontaliu kinematikos ir dinamikos takeliu (Žr. 4 pav.) judantis vežimėlis. (Ši sistema turi labai mažą trintį.) Nors ir labai mažai trinties jėgai kompensuoti, reguliuojant takelio kojelių aukštį, padaroma iki neženklų, apie vieno laipsnio nuokalnė. Vizualiai įvertinama, ar stumtelėtas vežimėlis per visą takelio ilgį nurieda pastoviu greičiu. Atskaitos objektu bus nejudamai įtvirtintas, ant takelio pastatytas atstumo jutiklis, kuris fiksuos vežimėlio priekinės sienelės

koordinatės kitimą laiko atžvilgiu. Duomenų surinkimui ir pateikimui bus naudojamas grafinis duomenų kaupiklis Xplorer'is GLX. Vežimėlio judėjimo maršrutą mokiniai numatys patys. Pavyzdžiui: vežimėlis pastumiamas tolyn nuo jutiklio, sustabdomas, vėl pastumiamas atgal link judesio jutiklio ir t. t. Jutiklis ženklins vežimėlio padėtį pasirinktu duomenų surinkimo dažniu ir įranga nubrėš judėjimo grafiką (Žr. 3 pav.).

Jeigu tyrimą numatoma atlikti **II lygmeniu**, kaip **struktūruotą tyrinėjimą**, mokiniams bus pateikiama nuosekli darbo eiga ir tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Mokiniai tikrins greičius, nustatytus iš koordinatės – laiko grafikų su greičiais, nustatytais tomis pačiomis sąlygomis, iš greičio – laiko grafikų.

Numatant tyrimą atlikti **III lygmeniu**, kaip **koordinuotą tyrinėjimą**, mokiniams bus pateikiamas tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas, tačiau darbo eiga nebus pateikiama. Mokiniai tikrins jų pačių suformuluotas hipotezes, atlikdami eksperimentą pagal jų pačių numatomą darbo eigą.

Lygindami savo iškeltas hipotezes / prielaidas su tyrimo metu gautais rezultatais, mokiniai mokysis kritiškai mąstyti. Esant prieštaravimams, ieškos priežasčių: ar eksperimentuojant padaryta klaida, ar neteisingai iškelta hipotezė. Vienu atveju bus grįžtama į eksperimentą, kitu – gilinamasi į teoriją.

Tyrimą mokiniai gali atlikti grupėmis po 3–4. Kiekviena grupė sugalvoja savo vežimėlio maršrutą. Tyrimą galima atlikti ir be vežimėlio, ir klasėje ir už klasės ribų. Tokiu atveju vienas mokinytis vaikšto pasirinktu maršrutu, antrasis – stovi su GLX'u prie kurio prijungtas atstumo jutiklis ir užrašo jo judėjimą.

Duomenis mokiniai išsaugo GLX atmintyje. Juos apdoroja ir analizuoja jiems tinkamoje aplinkoje. Rezultatus pateikia darbo ataskaitos lape, arba pristato kitoms mokinių grupėms ir mokytojui viešai.

Eksperimentą patogiau atlikti, kai vienas mokinytis aptarnauja įrenginį, kitas GLX'ą. Atlikus keletą matavimų, mokiniai gali / turi pasikeisti vietomis. Tokiu atveju ugdoma kiekvieno mokinio atsakomybė visai komandai už atlikto darbo kokybę ir kiekvieno mokinio gebėjimai dirbti su įranga

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

#### Tyrimo problemos:

- Kaip su turimomis priemonėmis užregistruoti objekto padėtį įvairiais laiko momentais ir pavaizduoti grafiškai.
- Kaip susieti grafiko teikiamą informaciją su realiai stebėtu procesu?
- Kaip grafiko teikiamą informaciją aprašyti fizikiniais dydžiais?

#### Tyrimo hipotezės / Prielaidos:

*(Jas baigia formuluoti patys moksleiviai ir užrašo laboratorinio darbo ataskaitos lape.)*

Manau, kad mano numatytu maršrutu, horizontaliu takeliu judančio vežimėlio:

- I. Koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų atrodyti taip: (Grafiko eskizą nubrėžkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, numatytoje vietoje).
- II. Greičio priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų atrodyti taip: (Grafiko eskizą nubrėžkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, numatytoje vietoje).
- III. Pagreičio priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų atrodyti taip: (Grafiko eskizą nubrėžkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, numatytoje vietoje).

**Eksperimento tikslas** – gauti ir išnagrinėti tikralaikį judėjimo grafiką. Iš šio grafiko gauti greičio ir pagreičio grafikus ir juos išanalizuoti bei padaryti išvadas.

### Laukiami rezultatai:

- Naudodamasis gautomis priemonėmis, gebės registruoti objekto padėties kitimą laiko atžvilgiu, t. y. gauti *tikralaikį judėjimo grafiką*.
- Supras, kad grafikas yra matematinis objekto judėjimo vaizdas.
- Gebės analizuoti judėjimo grafiką: iš jo nustatyti objekto koordinatas įvairiais laiko momentais, grafiškai rasti judėjimo greitį ir kryptį įvairiuose maršruto etapuose, apskaičiuoti objekto vidutinį kelio greitį viso maršruto metu.
- Pagal tikralaikį judėjimo grafiką, nubrėžti / gauti greičio priklausomybės nuo laiko grafiką ir jį išnagrinėti.
- Gauti pagreičio priklausomybės nuo laiko grafiką ir jį išnagrinėti.
- Pagal judėjimo grafiką *aprašyti* objekto maršrutą.

### Eksperimento priemonės

- Grafinis duomenų kaupiklis Xplorer GLX;
- Atstumo / Padėties jutiklis / Motion Sensor;
- Kinematikos ir dinamikos takelis;
- Vežimėlis;
- Papildomas krovinėlis vežimėliui (nebūtinai)



### !Dėl saugaus darbo:

Sekite visas nuorodas naudodami įrangą.

### Darbo eiga

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Paspauskite GLX'o priekyje mygtuką . Sužibus žaliajam signaliniam diodui, mygtuką atleiskite. GLX'as įsijungė.
- 1.2. Atstumo / Padėties jutiklį įjunkite į pirmąjį viršutinį GLX'o lizdą. Žybtelėjęs jo žalias signalinis šviesos diodas parodo, kad jutiklis įsijungė.
- 1.3. Spustelėkite *Home* mygtuką. Duomenų kaupiklio ekrane atsiranda 12 piktogramų. Navigatoriaus rodyklėmis kursorių nuveskite į *Graph* piktogramą ir spustelkite , patvirtindami pasirinkimą.
- 1.4. GLX'as atpažįsta judesio jutiklį ir ekrane pasirodo koordinačių ašys: „y“ ašyje – padėtis (*Position*) (*m*), „x“ ašyje – laikas (*Time*) (*s*). Stambus taškas ženklina koordinačių pradžią.  
PASTABA: atskirais atvejais, esant prijungtam jutikliui arba prijungus jutiklį, grafikas atsiveria savaime.
- 1.5. Atstumo / Padėties jutiklio korpuso viršuje esantį perjungiklį, perjunkite į padėtį, paženklintą vežimėliu. Ši padėtis tinkama trumpiems atstumų intervalams: *Cart.Short Range*.
- 1.6. Takelį pastatykite ant suolo. Svambalu arba gulsčiuuku patikrinkite jo horizontalumą. Nors ir labai mažai trinties jėgai kompensuoti, reguliuodami takelio kojelių aukštį, padarykite mažą, apie vieno laipsnio nuokalnę. Vizualiai įvertinkite, ar stumtelėtas vežimėlis per visą takelio ilgį nurieda pastoviu greičiu. Reikalui esant, koreguokite, keisdami takelio kojelių aukštį.
- 1.7. Atstumo / Padėties jutiklį pastatykite ant vieno takelio galo. Ant antro takelio galo užmaukite smūgius švelninančią atramą, kad vežimėlis nenukristų nuo takelio.

**4 pav.** Prieš atstumo jutiklį, apie 20 cm atstumu nuo jo, pastatytas vežimėlis. Judesio jutiklis įjungtas į pirmąjį viršutinį GLX'o lizdą

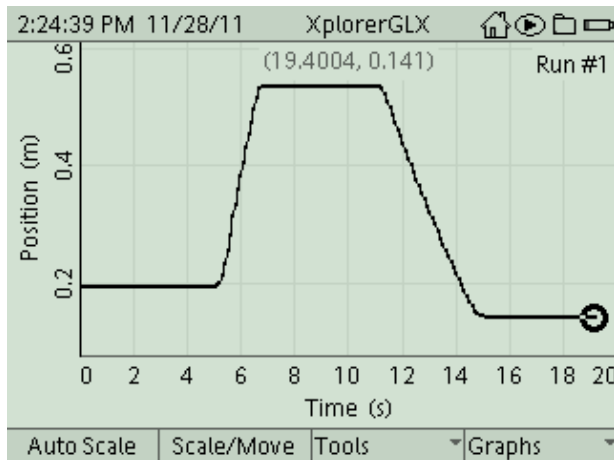
- 1.8. Prieš Atstumo / Padėties jutiklį, apie 20 cm atstumu nuo jo, pastatykite vežimėlį (4 pav.). Rankenėlę, esančią ant Atstumo / Padėties jutiklio korpuso, pasukite taip, kad signalas iš jo sklistų išilgai takelio vežimėlio link.
- 1.9. Visus pašalinius daiktus nukelkite nuo suolo, kad nuo jų neatsispindėtų Atstumo / Padėties jutiklio siunčiami impulsai. Jungiamuosius laidus padėkite taip, kad jie negulėtų judančiam vežimėliui skersai kelio.
- 1.10. Neįjungę įrangos, kelis kartus, stumdydami vežimėlį, pasipraktikuokite „pakeliauti“ numatytu maršrutu: pvz.: dvi-tris sekundes vežimėlio nejudinkite, po to – stumtelėkite tolyn nuo atstumo jutiklio. Atitolus nuo jutiklio dvi-tris sekundes palaikykite vietoje. Po to – stumtelėkite jutiklio link. Priartėjus ne mažiau, kaip 15 cm, sustabdykite.

## 2. Matavimų procedūros:

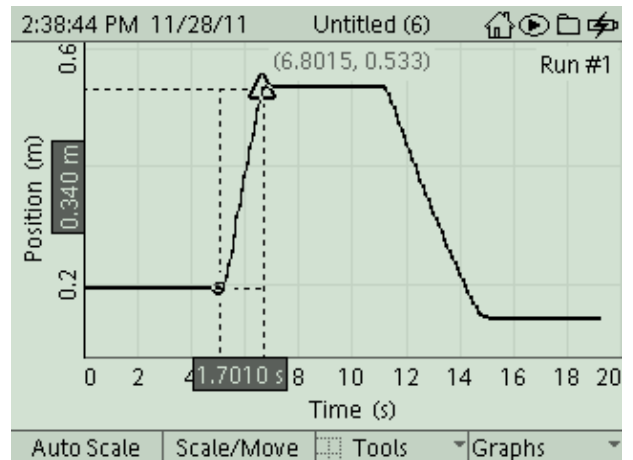
- 2.1. Pradėkite rinkti duomenis: spustelkite *Start* (▶) ant GLX'o ir, stebėdami GLX'o ekraną, stumdykite vežimėlį numatytu maršrutu.
- 2.2. Baigę maršrutą, nuspauskite *Stop* (▶). Jeigu grafikas prastas, eksperimentą kartokite keletą kartų, kol gausite tinkamą analizuoti.
- 2.3. Spustelkite *F1* klavišą (*AutoScale*). Gausite reikiamų matmenų grafiką.
- 2.4. Grafiką įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, jam numatytoje vietoje, arba išspausdinkite (nukopijuokite) ir prisekite prie laboratorinio darbo ataskaitos.

## 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė

*I užduotis.* Aprašykite vežimėlio būseną kiekviename užregistruoto maršruto etape: (a-b), (b-c), (c-d), (e-f).



**5 a pav.** Grafiškai užrašytas vežimėlio maršrutas. Duomenų kaupiklio ekrane, virš grafiko, skliaustuose, matote objekto maršruto galutinio taško (x, y) koordinatas: pirmasis skaičius reiškia laiką. Mūsų atveju – visas maršruto laikas 19,4004 s. Antrasis skaičius reiškia koordinatę. Galutinė judančio objekto koordinatė 0,141 m.



**5 b pav.** Skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) (2) nustatoma, per kiek laiko, pradėjęs judėti, vežimėlis nutolo didžiausiu atstumu nuo pradinio savo padėties taško. Tą laiką matome patamsintame stačiakampyje prie laiko ašies.

Didžiausią atstumą, kuriuo vežimėlis nutolo nuo pradinio savo padėties taško, matome patamsintame stačiakampyje prie „Padėties“ ašies.

Virš grafiko, skliausteliuose, matome trikampėliu paženklinto taško koordinatas: vežimėlio judėjimo laiką ir jo atstumą nuo judesio jutiklio.

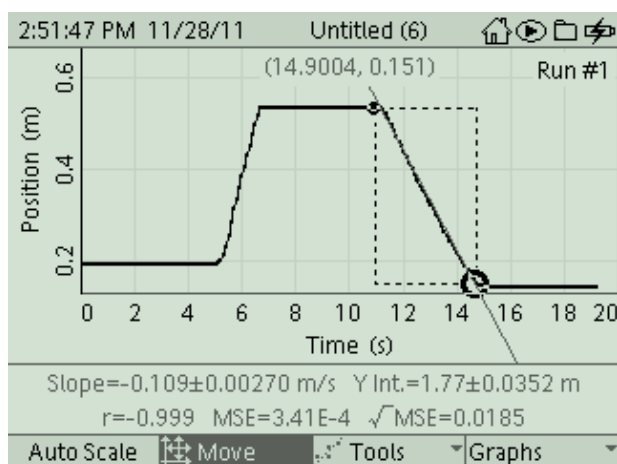
Rezultatų analizė atliekama atsakinėjant į *I užduoties* klausimus:

1. Kiek laiko užtruko vežimėlio kelionė ir kokia galutinė jo padėties koordinatė?
2. Kiek laiko ir koku atstumu nuo jutiklio stovėjo vežimėlis iki pradėdamas jam judėti?



- Per kiek laiko, pradėjęs judėti, vežimėlis nutolo didžiausiu atstumu nuo pradinio savo padėties taško? Kam lygus tas atstumas? Kokiu atstumu, šiuo atveju, jis buvo nutolęs nuo jutiklio?
- Kiek laiko vežimėlis, nutolęs didžiausiu atstumu nuo savo padėties pradinio taško, stovėjo nejudėdamas?
- Per kiek laiko ir kokiu atstumu vežimėlis vėl priartėjo prie jutiklio?
- Kiek laiko šiuo atstumu objektas dar stovėjo, iki matavimo pabaigos?
- Koks galutinis vežimėlio poslinkis?
- Kokį visą kelią nuvažiavo vežimėlis?
- Nurodykite kelias laiko vertes sekundėmis, kai vežimėlis dar vis buvo pradiniam taške.

*II užduotis.* Raskite vežimėlio greitį jam tolstant nuo atstumo jutiklio. Artėjant prie jo? Ar galima teigti, kad vežimėlis ir tolo, ir artėjo pastoviu greičiu? Ar galima teigti, kad vežimėlis ir tolo, ir artėjo tuo pačiu greičiu? Atsakymą pagrįskite tyrimo rezultatais. Apskaičiuokite vidutinį kelio ir vidutinį poslinkio greitį viso maršruto metu.

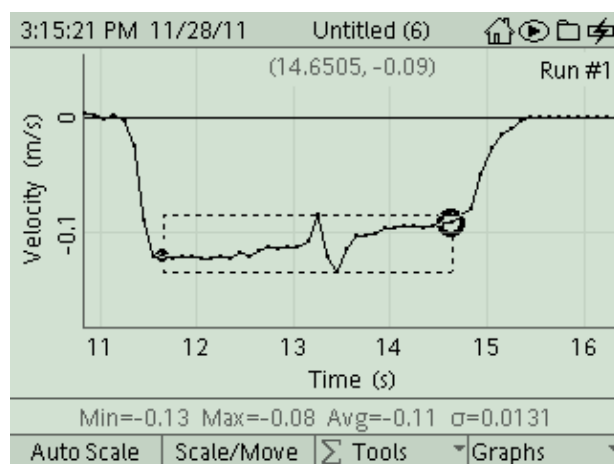


**6 pav.** Vežimėlio judėjimo tikralaikis grafikas (pagal mokinio numatytą maršrutą).

Pasinaudojant skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) (2) ir matavimo duomenis aproksimuojant tiesę (*Linear Fit*) (5) iš įrankių (*Tools*) (F3) meniu, randamas greitis, kuriuo vežimėlis grįždamas artėjo link atstumo jutiklio. Jį matome užrašę po grafiku.

Šis greitis  $v$  lygus tiesės krypties koeficientui:

$$v = -0,109 \pm 0,00270 \text{ m/s.}$$



**7 pav.** Vežimėlio greičio priklausomybės nuo laiko tikralaikio grafiko dalis (išdidinta), vaizduojanti vežimėlio judėjimą link atstumo jutiklio (pagal mokinio numatytą maršrutą).

Pasinaudojant skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) (2) ir statistikos ( $\Sigma$ Statiscs) (4) įrankiu iš įrankių (*Tools*) (F3) meniu, randamas vidutinis greitis, kuriuo vežimėlis artėjo link atstumo jutiklio.

Jį matome užrašę po grafiku:  $v = \text{Avg} = -0,11 \text{ (m/s)}$ .

Šis greitis lygus  $-0,11 \text{ m/s}$ . Palyginkite su užrašu po 3 pav.

Rezultatų analizė atliekama atsakinėjant į *II užduoties* klausimus:

- Paaškindite tiesės krypties koeficiento reikšmę *judėjimo* grafike. Aptarkite, ir išsiaiškinkite, ką reiškia teigiamas krypties koeficientas? Neigiamas? (3 pav.)
- Ką galite pasakyti apie judėjimo tipą, kai judėjimo grafiko polinkis lygus nuliui?
- Ką galite pasakyti apie judėjimą, kai judėjimo grafiko polinkis yra pastovus? (3 pav.)
- Ką galėtumėte pasakyti apie judėjimą, jeigu judėjimo grafiko polinkis kistų? Savo atsakymą į klausimą patikrinkite pasinaudodami gauta įranga ir Atstumo/Padėties jutikliu. Aprašykite, kaip atlikote eksperimentą, kai registravote tokį vežimėlio judėjimą šiuo atveju.
- Ką galite pasakyti apie judėjimo pobūdį, kai *greičio priklausomybės nuo laiko* grafiko polinkis lygus nuliui? (4 pav.)



6. Ką galite pasakyti apie judėjimo pobūdį, kai *greičio priklausomybės nuo laiko* grafiko polinkis nelygus nuliui? Savo atsakymą į klausimą iliustruokite naudodami tyrimo rezultatus.

#### Mokiniai padaro išvadas:

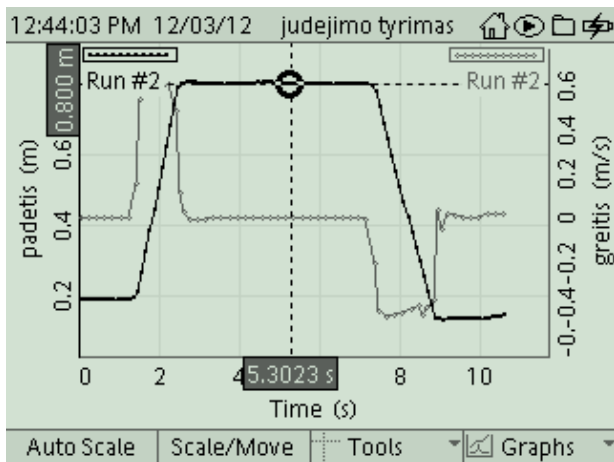
- Tyrimo duomenys parodė, kad turint nurodytą įrenginį, galima užregistruoti objekto judėjimo maršrutą realiu laiku ir pavaizduoti jį grafiškai.
- Judėjimo grafikų analizė suteikė informacijos apie objekto padėtį nagrinėjamu laiko metu: leido išspręsti pagrindinį kinematikos uždavinį.
- Tirtu atveju gavome, kad koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikai – tam tikro polinkio tiesės, greičio priklausomybės nuo laiko grafikai – tiesės, lygiagrečios laiko ašiai. Tai leido teigti, kad objektas tais maršruto etapais judėjo pastoviu greičiu.
- Nagrinėjant tikralaikį *judėjimo* grafiką, iš jo nustatyta: objekto koordinatės įvairiais laiko momentais; grafiškai rastas judėjimo greitis įvairių maršruto etapų metu; apskaičiuotas objekto vidutinis greitis viso maršruto metu.
- Pagal tikralaikį *judėjimo* grafiką, nubrėžti/gauti *greičio priklausomybės nuo laiko grafikai*. Juos analizuojant, nustatytas vidutinis objekto judėjimo greitis įvairių maršruto etapų metu ir palygintas su atitinkamais greičiais, rastais pagal *judėjimo* grafiką. Įrodyta, kad paklaidų ribose jie sutampa.
- *Pagreičio priklausomybės nuo laiko* grafikas parodė, kad stumtelint ir sustabdant vežimėlį, dėl trumpalaikės nesukompensuotos jėgos, įvairių maršruto etapų pradžioje ir pabaigoje, kūnas įgyja pagreitį.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Jeigu judėjimo grafikas yra tiesė. Ką tai reiškia?	1. Tai reiškia, kad koordinatė tiesiškai priklauso nuo laiko.
2. Kas yra kūno judėjimo trajektorija?	2. Tiesė, per kurios visus taškus judėjo kūnas
3. Kai kūnas juda tiesiai ir tolygiai, braižant grafikus, visiškai išsprendžiamas mechanikos uždavinys. Paaiškinti, kodėl?	3. Remiantis grafikais, randama: kūno padėtis bet kuriuo laiko momentu (netgi ir ankstesniais). Iš koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikų, galima spręsti ir apie judėjimo greitį. Greitis tuo didesnis, kuo statesnis grafikas. Galima rasti ir judančių kūnų poslinkius per bet kurį laiko tarpą.
4. Kaip iš judėjimo grafikų galima spręsti, kad kūnas juda pagal pasirinktą kelio ašies kryptį ar prieš?	4. Jeigu judėjimo grafikas leidžiasi žemyn, vadinasi, kūnas juda atgal, t.y. priešinga kelio ašiai kryptimi.
5. Be judėjimo grafikų, dažnai naudojami greičio grafikai. Ką rodo greičio grafikai?	5. Kaip kinta kūno greitis, bėgant laikui, t. y. kaip greitis priklauso nuo laiko.
6. Ką galima sužinoti iš greičio grafiko ?	6. Kūno poslinkio per tam tikrą laiko tarpą absoliutinę vertę / reikšmę.

#### Patarimai, pasiūlymai, pastabos mokytojui

*Atliekant judėjimo ir greičio grafikų lyginamąją analizę, labai vaizdu viename grafinio ekrano lange pateikti abu grafikus.*



**8 pav.** Vežimėlio judėjimo ir greičio grafikai viename grafiniame ekrano lange.

Analizuodami grafikus matome, kad vežimėlis ir tolsta ir artėja prie jutiklio pastoviu greičiu. Visi veiksmai, kuriuos atliksime analizuodami, bus priskirti tamsesniam, judėjimo, grafikui. Norint analizuoti greičio grafiką, reikia jį aktyvuoti (greičio skalė yra dešinėje).

### 3.1.2. ANTROJO NIUTONO DĒSNIO PATIKRINIMAS /GLX/ (TYRIMAS ATLIEKAMAS SU VIENU PADĒTIES / ATSTUMO JUTIKLIU)

#### Bendrosios programos:

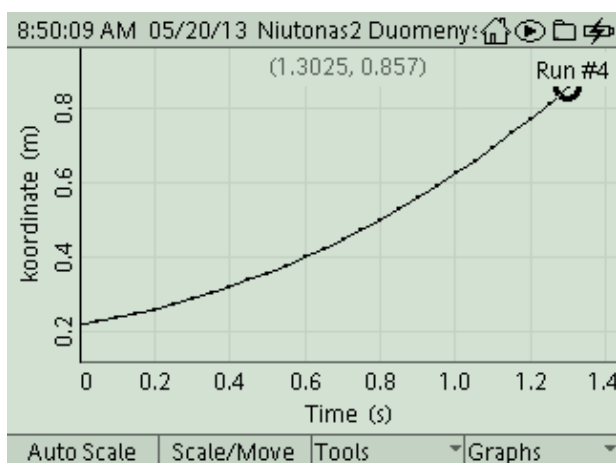
Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11 klasė.

2. Judėjimas ir jėgos	
<p><b>Nuostata</b> Domėtis mechaninius procesus apibūdinančiais dėsniais ir jų taikymu moksle, technikoje ir kasdieniame gyvenime, remtis jais įvairioje veikloje.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti pagrindinius judėjimo ir tvermės dėsnius aiškinant įvairių mechanizmų veikimą ir energijos virsmus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.2. Klasifikuoti jėgas pagal jų pobūdį ir pasireiškimą, analizuoti jėgų dydžio riklausomybę nuo įvairių veiksnių.	2.2.1. Apibrėžti jėgą kaip judėjimo kitimo arba kūnų deformacijos priežastį. 2.2.2. Nurodyti jėgų rūšis ir atsiradimo priežastis.
2.3. Taikyti dinamikos dėsnius nagrinėjant kūnų sąveikos pavyzdžius <....>.	2.3.1. Formuluoti I, II, III Niutono, <...> dėsnius. 2.3.2. Apibūdinti jėgų atstojamąją.

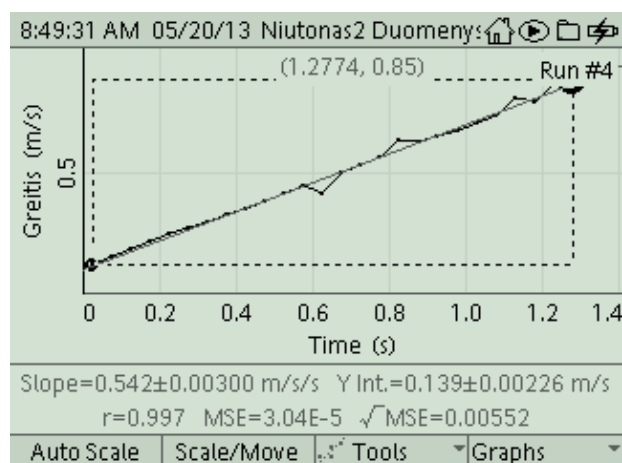
#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Lygtis  $\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$ , yra antrasis Niutono dėsnis. Čia  $-\sum \mathbf{F}$  yra masės  $m$  kūnų ( $m$  masės kūnų sistema), veikiančių jėgų vektorinė suma ir  $\mathbf{a}$  – kūno (kūnų sistemos) įgytas pagreitis.

Įsivaizduokite objektą, kuris iš dviejų priešingų pusių yra traukiamas vienodo didumo jėgomis. Taigi šių jėgų atstojamoji bus lygi nuliui. Remiantis antruoju Niutono dėsniu toks kūnas pagreičio neįgys. Tačiau, jeigu jėgos nėra lygios, objektas judės greitėjančiai atstojamosios jėgos kryptimi. Tokio judėjimo grafikas bus parabolė (1 pav.), o greičio priklausomybės nuo laiko grafikas (2 pav.) – tam tikro polinkio tiesė. Kadangi pagreitis yra apibrėžiamas kaip greičio pokytis per laiko vienetą, tai greičio priklausomybės nuo laiko grafiko polinkis (krypties koeficientas) yra lygus pagreičiui.



**1 pav.** Pastovios traukos jėgos veikiamos judančios kūnų sistemos masės centro koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas

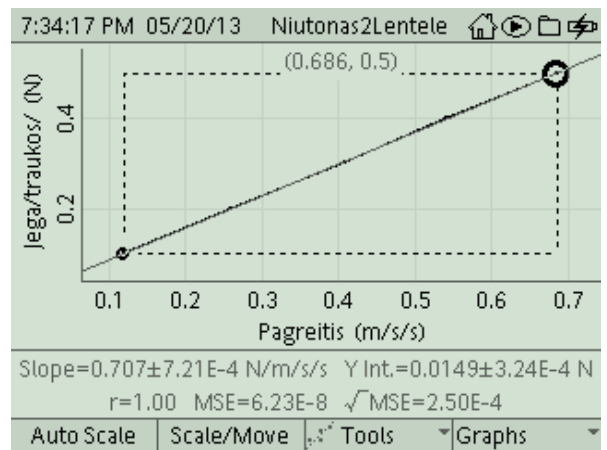


**2 pav.** Tos pačios judančios kūnų sistemos masės centro koordinatės greičio priklausomybės nuo laiko grafikas. Sistemą veikė pastovi traukos jėga. Šio grafiko polinkis (krypties koeficientas) yra lygus pagreičiui. Pagreičio vertę matome užrašę po greičio grafiku.

Pagreitis  $a = 0,542 \pm 0,00300 \text{ m/s}^2$ .

Žinant kūną (kūnų sistemą) veikiančias traukos jėgas ir radus sistemos judėjimo pagreitį, kurį sistema įgyja veikiant šioms jėgoms, iš priklausomybės tarp jėgos ir pagreičio grafiko galima rasti judančios sistemos masę. Ji lygi tiesės polinkiui (3 pav.).

Palyginus eksperimentiškai rastą judančios sistemos masę su mase, gauta sveriant, galima atsakyti į klausimą, ar tyrimo rezultatai patvirtina antrąjį Niutono dėsnį.



## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Eksperimentinį įrenginį moksleiviai sumontuos iš **kinematikos ir dinamikos rinkinio** detalių pagal paveikslą ir aprašą. Judančios sistemos pasirinkto taško greitį matuos **padėties (atstumo) jutikliu, sujungtu su GLX**. Pastarasis gali būti prijungtas prie kompiuterio.

Šio tyrimo metu moksleiviai, nekeisdami judančios kūnų sistemos masės, keis traukos jėgą, perkeldami nuo vežimėlio ant lėkštelės pasirinktos masės krovinėlius. Traukos jėgą kiekvienu atveju apskaičiuos pagal formulę:  $F_{traukos1} = m_1g$ ,  $F_{traukos2} = m_2g$  ir t. t. GLX brėš greičio priklausomybės nuo laiko grafikus. Eksperimentinius greičio taškus aproksimavę tiesėmis, pagreičio vertes, veikiant skirtingoms traukos jėgoms, moksleiviai nustatys pagal užrašus po greičio grafikais. Turėdami judančią kūnų sistemą veikiančias traukos jėgas ir joms atitinkamus judančios kūnų sistemos įgytus pagreičius, braižys priklausomybės tarp traukos jėgos ir pagreičio grafiką. Iš jo nustatys judančios kūnų sistemos masę. Grafiškai pagal  $F_{traukos}$  ir  $a$  matavimo duomenis nustatytą kūnų judančios sistemos masės vertę  $m_{eksperimentinė}$  palygins su verte, gauta sveriant  $m_{sveriant}$  (Braižant pagreičio priklausomybės nuo jėgos grafiką, tiesės krypties koeficientas savo skaitine verte bus lygus dydžiui, atvirkščiam masei. Norėdami rasti judančios kūnų sistemos masę, mokiniai turės rasti šio dydžio inversiją).

Darbas gali būti atliekamas II arba III lygmeniu. Atliekant III lygmeniu, tyrimo eiga mokiniui nepateikiama. Prielaidas ir hipotezes formuluoja patys moksleiviai ir užrašo jas ataskaitos lape. Ten pat nubraižo ir prognozuojamus grafikų eskizus, kuriuos darydami duomenų analizę, lygina su tikralaikiais grafikais. Šioje vietoje turėtų pasireikšti mokinių kritinis mąstymas.

Darbą rekomenduojama atlikti grupėmis po 3–5 mokinius. Vienas mokinys aptarnauja GLX'ą, kitas įrenginį. Atlikus vieną seriją matavimų, pasikeičia vietomis. Taip ugdoma abiejų mokinių gebėjimai dirbti su aparatūra ir atsakomybė už rezultatų patikimumą.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip juda kūnas (kūnų sistema), kai jį veikiančių jėgų atstojamoji yra pastovi ir nelygi nuliui? Koks yra sąryšis tarp sistemą veikiančios atstojamosios jėgos, sistemos pagreičio ir jos masės?

**Tyrimo hipotezė.** Jeigu kūną (kūnų sistemą) veikiančių jėgų atstojamoji yra pastovi ir nelygi nuliui, toks kūnas juda su pastoviu pagreičiu. Jeigu judančios sistemos masė pastovi, tarp veikiančios traukos jėgos ir pagreičio yra tiesinė priklausomybė.

**Eksperimento tikslas** – eksperimentuojant, rasti atsakymą į suformuluotą problemą.

**Užduotis.** Sumontavus įrenginį, atlikti tyrimą su pastovios masės kūnų sistema veikiama skirtingų traukos jėgų. Tyrimo metu nustatyti sistemos judėjimo pobūdį, gauti sistemos judėjimo greičio nuo laiko grafikus, pagal juos rasti pagreičius. Gauti veikiančios traukos jėgos – pagreičio grafiką. Pagal jį nustatyti judančios kūnų sistemos masę ir palyginti su mase, gauta sveriant. Suformuluoti išvadas bei atsakyti į klausimus.

#### Laukiami rezultatai:

- Žinos antrąjį Niutono dėsnį ir gebės jį taikyti.
- Gebės pagal nurodymus parengti priemonės darbui.
- Gebės gauti greičio priklausomybės nuo laiko ir iš jo rasti pagreitį.
- Mokės gauti traukos jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafiką.
- Gebės suprasti šio grafiko tiesės polinkio prasmę ir iš jo rasti judančios sistemos kūnų masę.
- Gebės dirbti komandoje ir aptarnauti minimą įrenginį.

#### Eksperimento priemonės:

- Kinematikos ir dinamikos rinkinio takelis;
- Vežimėlis;
- Padėties (atstumo) jutiklis;
- Mažos trinties skridinys su gnybtu;
- Krovinėlių su pakabukais rinkinys;
- Fizikinė virvelė (apie 1 m ilgio);
- Svarstyklės;
- Xploreris GLX;
- DataStudio programinė įranga (nebūtina).



5 pav. Priemonės tyrimui atlikti.



5 a pav. Padėties (atstumo) jutiklis pastatomas ant vieno takelio galo, o vežimėlis su visa numatoma mase, pastatomas 15-20 cm atstumu nuo jo. Prie antrojo takelio galo prisukamas skridinys. Šis takelio galas turi būti prie pat stalo krašto ir išsikišęs virš jo.

#### Prielaidos – Hipotezės:

*(Jas formuluoja mokiniai ir užrašo laboratorinio darbo ataskaitos lape).*

- Kaip, manote, judės pastovios traukos jėgos veikiama sistema? Koks galėtų būti šios sistemos judėjimo koordinatės nuo laiko grafikas? Grafiko eskizą nubrėškite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.
- Koks, manote, galėtų būti šios sistemos judėjimo greičio priklausomybės nuo laiko grafikas? Grafiko eskizą nubrėškite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.

- III. Kaip manote, koks galėtų būti šios sistemos jėgos-pagreičio priklausomybės grafikas? Grafiko eskizą nubrėžkite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.

## Darbo eiga

### 1. Priemonių parengimas darbui

Įrenginį sumontuokite, kaip paveiksle (5 a pav.).

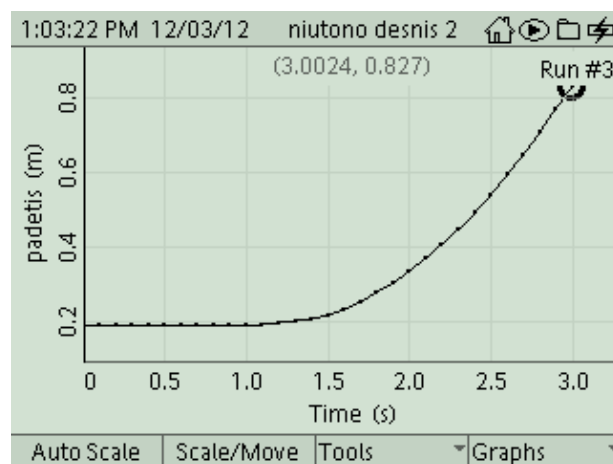
- 1.1. Takelį sureguliuokite taip, kad stumtelėtas vežimėlis riedėtų pastoviu greičiu per visą takelio ilgį. Jei reikia, naudokite justiruojančias kojeles, esančias ant abiejų takelio galų.
- 1.2. Skridinį prisukite prie vieno takelio galo. Šis galas turi būti prie pat stalo krašto ir išsikišęs virš jo.
- 1.3. Vieną (maždaug 1 m ilgio) siūlo galą išsprauskite į krovinių laikiklio, lėkštelės įkarpą.
- 1.4. Antrąjį siūlo galą pririškite prie vežimėlio. Vežimėlį su ant jo esančiu kroviniu, padėkite ant takelio. Siūlą permeskite per skridinį.
- 1.5. Reguluodami skridinio aukštį, užtikrinkite, kad siūlas būtų lygiagretus takeliui.
- 1.6. Padėties (atstumo) jutiklį padėkite ant kito takelio galo. Jo šone esančią rankenėlę pasukite taip, kad signalas iš judesio jutiklio sklistų išilgai takelio ir būtų lygiagretus jam.
- 1.7. Vežimėlį pastatykite 15–20 cm atstumu nuo judesio jutiklio.
- 1.8. Padėties (atstumo) jutiklį prijunkite prie GLX. Patikrinkite, ar ant jo korpuso esantis perjungiklis yra perjungtas į vežimėlio (*Cart, short range*) padėtį.
- 1.9. Atidarykite GLX grafinį ekraną (Gali būti, kad jis jau bus atsidaręs automatiškai).

### 2. Matavimų procedūros

2.1. Ant 5 g masės lėkštelės užmaukite 5 g masės krovinėlių. Dabar sistema judės veikiamą traukos jėgos  $F_1 = m_1 \cdot g = 0,010 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,098 \text{ N}$ . Gautąją traukos jėgos vertę įrašykite į lentelę ataskaitos lape.

2.2. Vienu metu spustelkite *Start* (▶) mygtuką ir paleiskite judėti vežimėlį. GLX ekrane pamatysite besibrėžiantį koordinatės-laiko grafiką (6 pav.).

2.3. Vežimėliui priartėjus prie skridinio, spustelkite *Start* (▶) mygtuką vėl ir baikite rinkti duomenis. Saugokite, kad vežimėlis neatsitrenktų į skridinį.



6 pav. Judančios sistemos koordinatės nuo laiko grafikas. Traukos jėga  $F_3 = 0,030 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ N/kg} = 0,294 \text{ N}$ , sistemos masė 790g.

### 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė

3.1. Judančios sistemos koordinatės priklausomybės laiko *tikralaikis* grafikas – parabolė (6 pav.).

3.2. Koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiką (6 pav.) pertvarkykite į greičio priklausomybės nuo laiko grafiką (7 pav.): du kartus spustelėkite pasirinkimo (patvirtinimo) mygtuką (✓) ir gavę pasiūlymą į „y“ ašį pasirinkite greitį (*Velocity*). Skirtumo (*Delta Tool*) įrankiu, išskirkite sritį, kurioje sistema judėjo su pastoviu pagreičiu. Aproximavę eksperimentinius duomenis tiese (*Linear Fit*), raskite judančios kūnų sistemos pagreitį ir jo vertę įrašykite į lentelę ataskaitos lape.



Judančios kūnų sistemos greičio priklausomybės nuo laiko *tikralaikis* grafikas (7 pav.).

- 3.3. Kartokite prieš tai buvusių žingsnius, kiekvienu kartu masę ant pakabuko didindami kas 10 gramų, kol atliksite 4-5 matavimų seriją.
- 3.4. Tyrimo duomenims suvesti, sukurkite GLX duomenų lentelę (8 pav.). Į ją suveskite pagreičio ir traukos jėgos duomenis.
- 3.5. Nubrėškite priklausomybės tarp traukos jėgos ir pagreičio grafiką.
- 3.6. Per eksperimentinius taškus nubrėškite tiesę, pasinaudodami įrankių meniu komanda *Linear Fit*. Grafiškai raskite judančios sistemos masę  $m_{eksperimentinė}$ . Ji lygi tiesės polinkiui (krypties koeficientui). Šią vertę užrašykite ataskaitos lape. Judančios kūnų sistemos jėgos-pagreičio *tikralaikis* grafikas (9 pav.).
- 3.7. Vežimėlį su visais krovinėliais pasverkite ir eksperimentiškai gautąją judančios sistemos masės vertę  $m_{eksperimentinė}$ , palyginkite su verte, gauta sveriant  $m_{sveriant}$ .
- 3.8. Apskaičiuokite procentinį skirtumą tarp  $m_{eksperimentinė}$  ir gautos sveriant  $m_{sveriant}$ .

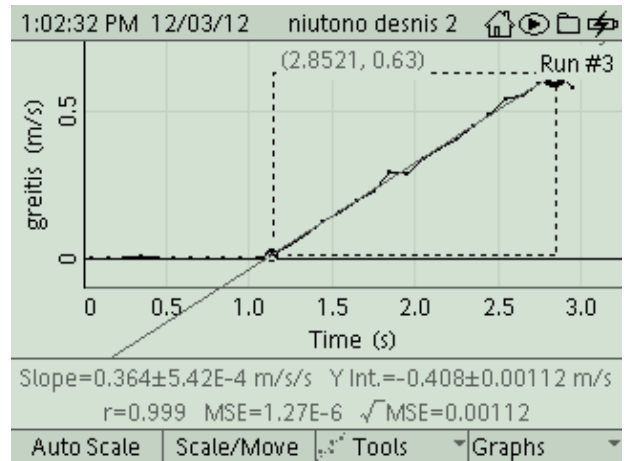
$$\%skirtumas = \left| \frac{Tikroji\ vertė - Eksper.\ vertė}{Tikroji\ vertė} \right| \times 100\%$$

Tikrąją vertę laikykite judančios sistemos masę, gautą sveriant,  $m_{sveriant}$ , eksperimentinę,  $m_{eksperimentinė}$  – gautą iš grafiko, remiantis tyrimo duomenimis.

### Mokiniai padaro išvadas:

Tyrimo duomenys parodė, kad:

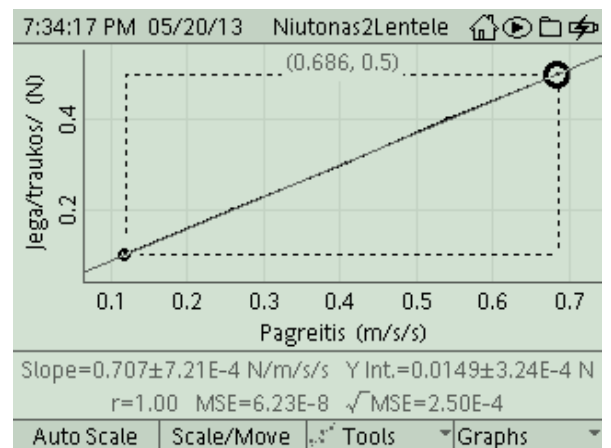
- Pastovios jėgos veikiamą surišusių kūnų sistema judėjo *pastoviu pagreičiu*. Visais tirtais atvejais gavome, kad koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikai – parabolės, greičio nuo laiko grafikai – tam tikro polinkio tiesės.
- Esant pastoviai judančios kūnų sistemos masei, kuo didesnė traukos jėga veikė sistemą, tuo didesniu pagreičiu ji judėjo: koordinatės priklausomybės laiko grafikai,



7 pav. Judančios kūnų sistemos greičio nuo laiko grafikas. Traukos jėga  $F_3 = 0,030 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ N/kg} = 0,294 \text{ N}$ , Sistemos masė  $790 \text{ g}$   $a_3 = 0,364 \pm 5,42E - 4 \text{ m/s}^2$ .

	Jėga/traukos/ (N)	Pagreitis (m/s/s)
1	0.1	0.120
2	0.2	0.260
3	0.3	0.408
4	0.4	0.542
5	0.5	0.686
6		
7		
8		

8 pav. Lentelės su suvestais matavimų duomenimis pavyzdys.



9 pav. Tiesės polinkis (*Slope*) šiame grafike reiškia judančios sistemos masę,  $m$  (kg).  $m = 0,707 \pm 7,21E - 4 \text{ N/m/s}^2$ .

didinant traukos jėgą, gauti statesni (parabolės šaka labiau prigludusi prie „Y“ ašies), o greičio nuo laiko grafikų – tiesių polinkiai, reiškiantys pagreitį, didesni.

- Tiriant sąryšio pobūdį tarp kūnų sistemą veikiančios jėgos ir jos pagreičio, gauta, kad šis sąryšis yra tiesinis. Šio grafiko krypties koeficientas yra lygus judančios sistemos masei.
- Grafiškai tyrimo metu nustatyta judančios kūnų sistemos masės vertė paklaidų ribose, sutapo su mase, gauta sveriant.
- Tyrimo rezultatai patvirtino antrąjį Niutono dėsnį.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai ir užduotys	Atsakymai
1. Kokią fizikinę prasmę turi greičio – laiko grafiko polinkis (krypties koeficientas)? Paaškindite.	1. Pagreičio. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ .
2. Kokią fizikinę prasmę turi jėgos – pagreičio grafiko polinkis (krypties koeficientas)? Paaškindite.	2. Masės. $m = \frac{\Delta F}{\Delta a}$ .
3. Kokią fizikinę prasmę turi jėgos – pagreičio grafiko vertikalioji sankirta?	3. Jėgos $F$ , kai pagreitis $a = 0$ .
4. Parašykite jėgos – pagreičio grafiko tiesinę lygtį.	4. $F = 0,707(N/m/s^2) \cdot a + 0,0149(N)$ . (Pagal 9 pav.)

#### Papildoma užduotis.

Tarkime, nepriřtas veřimėlis nuožulniu takeliu juda žemyn:

1. Nubrėřkite šiam atvejui jėgų diagramą.
2. Ką šiuo atveju galite pasakyti apie veřimėlį veikiančių jėgų sumą?
3. Ką šiuo atveju galite pasakyti apie veřimėlio judėjimą?

#### Mokytojo pastabos:

- Šiame darbe yra keli mokiniams neįprasti užrašai po tikralaikiais grafikais:  
*Pagreičio matavimo vienetai:*

$$[a] = m/s/s, [a] = \frac{m}{s}, t. y. (m/s^2),$$

*Masės matavimo vienetai*

$$[m] = N/m/s/s, \frac{[m] = \frac{N}{s}}{s}, t. y. (kg).$$

*Skaičiaus su laipsnio rodikliu užrašymas*

*Pavyzdžiui: Slope=0,707±7,21E-4N/m/s/s, kas reiškia: Slope = (0,707±7,21·10<sup>-4</sup>) N/m/s<sup>2</sup>*

Mokytojas gali paprašyti, kad moksleiviai perskaičiuotų į jiems įprastus arba paaškindintų pats.

- Neužpildytą GLX lentelę, kaip (8 pav.), tik be duomenų, pagal kurią GLX'ų braiřomas priklausomybės tarp jėgos ir pagreičio grafikas, mokytojas pats gali sukurti ir išsaugoti ją GLX'e. Mokiniui lieka tik suvesti į ją eksperimento metu gautus duomenis ir nubrėřti grafiką.

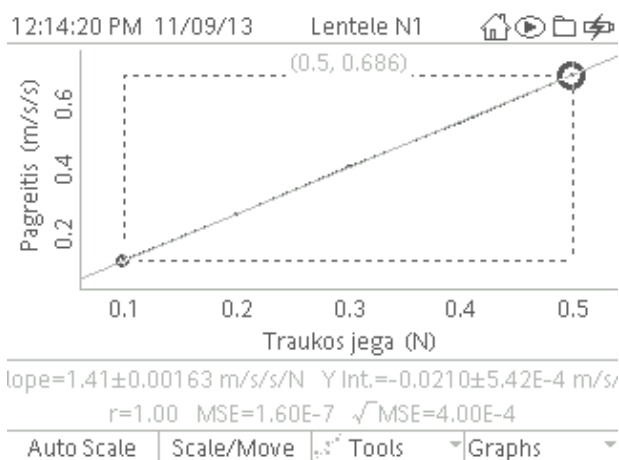
- Braižant pagreičio priklausomybės nuo traukos jėgos grafiką, *tiesės krypties koeficientas savo skaitine verte bus lygus dydžiui, atvirkščiam masei. Norėdami rasti judančios kūnų sistemos masę, mokiniai turės rasti šio dydžio inversiją*. Pav. (9 a pav.)

12:13:51 PM 11/09/13 Lentelė N1

	Traukos jėga (N)	Pagreitis (m/s/s)
1	0.1	0.120
2	0.2	0.260
3	0.3	0.408
4	0.4	0.542
5	0.5	0.686
6		
7		
8		

Statistics Edit Cell Edit Tables

**8 a pav.** Judančių kūnų sistemą veikiančios traukos jėgos pagreičio vertės surašytos į GLX lentelę.



**9 a pav.** Judančių kūnų sistemos pagreičio priklausomybės nuo traukos jėgos grafikas. Šio grafiko tiesės krypties koeficientas lygus dydžiui, atvirkščiam judančios kūnų sistemos masei:

$$\frac{1}{m} = (1,41 \pm 0,00163)m/s/s/N$$

### 3.1.3. ANTRASIS NIUTONO DĒSNIS (SU DVIEM JUTIKLIAIS, GLX+DATASTUDIO)

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 12 klasė.

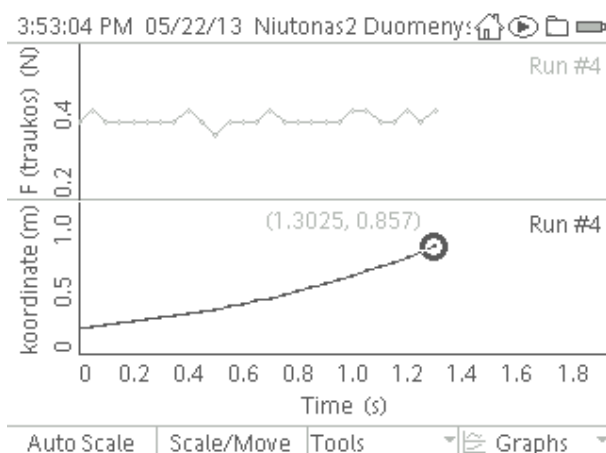
2. Judėjimas ir jėgos	
<p><b>Nuostata</b> Domėtis mechaninius procesus apibūdinančiais dėsniais ir jų taikymu moksle, technikoje ir kasdieniame gyvenime, remtis jais įvairioje veikloje.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti pagrindinius judėjimo ir tvermės dėsnius aiškinant įvairių mechanizmų veikimą ir energijos virsmus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.2. Klasifikuoti jėgas pagal jų pobūdį ir pasireiškimą, analizuoti jėgų dydžio priklausomybę nuo įvairių veiksnių.	2.2.1. Apibrėžti jėgą kaip judėjimo kitimo arba kūnų deformacijos priežastį. 2.2.2. Nurodyti jėgų rūšis ir atsiradimo priežastis.
2.3. Taikyti dinamikos dėsnius nagrinėjant kūnų sąveikos pavyzdžius <...>.	2.3.1. Formuluoti I, II, III Niutono, <...> dėsnius. 2.3.2. Apibūdinti jėgų atstojamąją.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

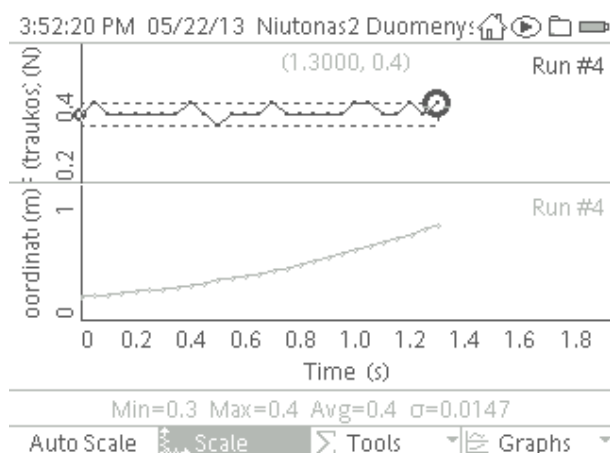
(Toks pats, kaip ir atliekant tyrimą su vienu jutikliu).

#### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Atliekant tyrimą su *dviem jutikliais*: jėgos ir padėties, duomenys grafiniame ekrane bus vaizduojami *dviem grafikais*: traukos jėgos priklausomybės nuo laiko ir koordinatės priklausomybės nuo laiko. Skirtingai, negu eksperimentuojant su vienu – atstumo jutikliu, šiuo atveju kūnų sistemą veikianti traukos jėga nebus skaičiuojama pagal formulę:  $F_{traukos1} = m_1g$  ir t. t. Ją visame kelyje matuos jėgos jutiklis. Mokinys GLX ekrane vienu metu stebės besibrėžiantį jėgos priklausomybės nuo laiko (1 paveiksle viršutinis) ir koordinatės priklausomybės nuo laiko (1 paveiksle apatinis) grafikus.



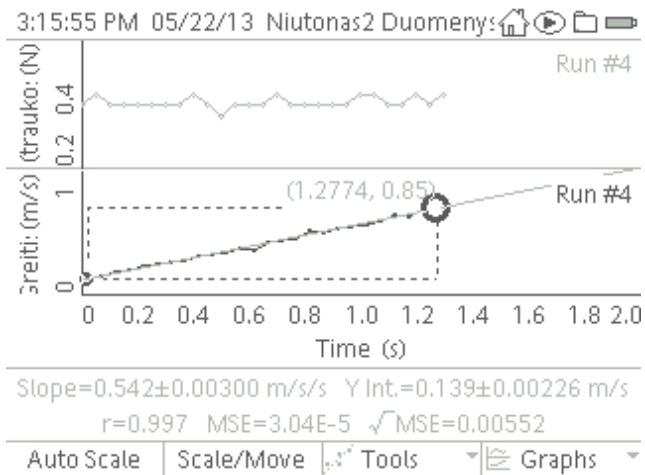
**1 pav.** Viršutinis grafikas:  $F_{traukos}$  priklausomybės nuo laiko, apatinis – koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas viename GLX ekrane.



**2 pav.** Viršutinis grafikas –  $F_{traukos}$  priklausomybės nuo laiko. Jis tamsesnis. Vidutinę traukos jėgos vertę (Avg) matome po grafikais:

$$F_{traukos(vid)} = Avg = 0,4 \text{ N.}$$

Traukos jėgos priklausomybės nuo laiko grafikas teikia informacijos apie tai, kad traukos jėga tyrimo metu buvo pastovi, šiek tiek svyruojanti apie tam tikrą vertę. Vidutinei traukos jėgos vertei surasti, iš įrankių meniu pasirinkus Statistikos įrankį ( $\Sigma$ Statistic), randama vidutinė traukos jėga viso judėjimo metu (2 pav.). Analizuojant koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiką įsitikinama, kad pastovios jėgos veikiamą sistemą juda pastoviu pagreičiu: koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas – parabolė. Pertvarkius šį grafiką į greičio priklausomybės nuo



**3 pav.** Eksperimentiniai taškai greičio priklausomybės nuo laiko grafike aproksimuoti tiese. Šios tiesės polinkis nagrinėjamu atveju yra lygus judančios sistemos pagreičiui.

$$a = 0,542 \pm 0,00300 \text{ m/s/s.}$$

Niutono dėsnio taikymo galimybes.

Darbas gali būti atliekamas II arba III lygmeniu. Atliekant III lygmeniu, tyrimo eiga mokiniui nepateikiama. Prielaidas ir hipotezes formuluoja patys moksleiviai ir užrašo jas ataskaitos lape. Ten pat nubraižo ir prognozuojamus grafikų eskizus, kuriuos darydami duomenų analizę, lygina su tikralaikiais grafikais. Šioje vietoje turėtų pasireikšti mokinių kritinis mąstymas.

Darbą rekomenduojama atlikti grupėmis po 3–5 mokinius. Vienas mokinys aptarnauja GLX'ą, kitas įrenginį. Atlikus vieną seriją matavimų, pasikeičia vietomis. Taip ugdoma abiejų mokinių gebėjimai dirbti su aparatu ir atsakomybė už rezultatų patikimumą.

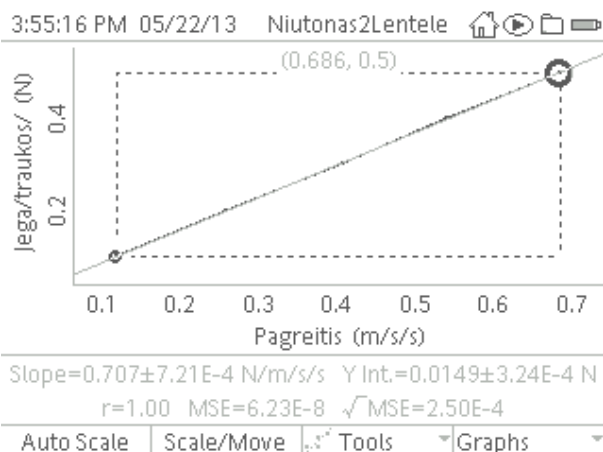
	Jėga/traukos/ (N)	Pagreitis (m/s/s)
1	0.1	0.120
2	0.2	0.260
3	0.3	0.408
4	0.4	0.542
5	0.5	0.686
6		
7		
8		

3:55:47 PM 05/22/13 Niutonas2Lentelė

**4 pav.** Traukos jėgos ir pagreičio vertės suvestos į GLX lentelę.

laiko grafiką, matoma, kad šiame grafike eksperimentiniai taškai išsidėsto išilgai tiesės su tam tikru polinkiu į abscisių ašį tai rodo, jog sistema judėjo su pastoviu pagreičiu. Pagreičio vertę, aproksimavus eksperimentinius taškus tiese, nustatoma pagal tiesės polinkį. Ši vertė matoma GLX ekrane po grafiku (3 pav.).

Tyrimo metu bent 5 kartus pakeičiama traukos jėga ir kiekvieną kartą randamas pagreitis. Traukos jėgos ir jai atitinkamo pagreičio vertės surašomos į GLX lentelę (4 pav.) ir nubraižomas priklausomybės  $F_{traukos}$  ir pagreičio  $a$ , grafikas (5 pav.). Iš šio grafiko randama judančios kūnų sistemos masė. Visa judanti sistema pasverinama. Tyrimo metu gautoji masės vertė palyginama su verte, gauta sveriant. Įvertinamas šių verčių procentinis skirtumas. Daromos išvados, apie antrojo



**5 pav.** Priklausomybės tarp traukos jėgos ir pagreičio grafikas. Iš jo randama judančios sistemos masė.

$$m = (0,707 \pm 7,21 \cdot 10^{-4}) \text{ N/m/s/s}$$

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip juda kūnas (kūnų sistema), kai jį veikiančių jėgų atstojamoji yra pastovi ir nelygi nuliui? Koks yra sąryšis tarp kūnų sistemą veikiančios atstojamosios jėgos, sistemos pagreičio ir jos masės?

**Tyrimo hipotezė.** Jeigu kūną (kūnų sistemą) veikiančių jėgų atstojamoji yra pastovi ir nelygi nuliui, toks kūnas juda su pastoviu pagreičiu. Jeigu judančios sistemos masė pastovi, tarp veikiančios traukos jėgos ir pagreičio yra tiesinė priklausomybė.

**Eksperimento tikslas** – eksperimentuojant, rasti atsakymą į suformuluotą problemą.

**Užduotis.** Sumontavus įrenginį, atlikti tyrimą su pastovios masės sistema, veikiama skirtingų traukos jėgų. Tyrimo metu nustatyti sistemos judėjimo pobūdį, gauti sistemos judėjimo greičio nuo laiko grafikus, pagal juos rasti pagreičius. Gauti veikiančios traukos jėgos – pagreičio grafiką. Pagal jį nustatyti judančios sistemos masę ir palyginti su mase, gauta sveriant. Suformuluoti išvadas bei atsakyti į klausimus.

#### Laukiami rezultatai:

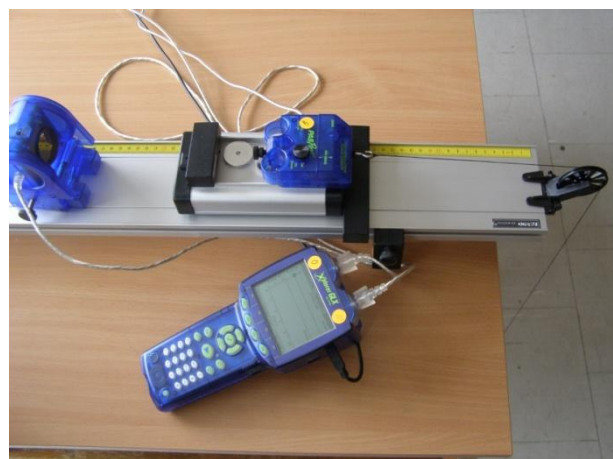
- Žinos antrąjį Niutono dėsnį ir gebės jį taikyti;
- Gebės pagal aprašymą parengti priemonės darbui;
- Mokės gauti priklausomybės tarp traukos jėgos ir pagreičio grafiką;
- Gebės suprasti šio grafiko tiesės krypties koeficiento/polinkio prasmę ir iš jo rasti judančios sistemos masę;
- Gebės dirbti komandoje su minima įranga.

#### Eksperimento priemonės:

- Kinematikos ir dinamikos rinkinio takelis;
- Vežimėlis;
- Padėties (atstumo) jutiklis;



1 pav. Priemonės tyrimui atlikti.



1 a pav. Atstumo jutiklis pastatomas ant vieno takelio galo, o vežimėlis, su prisuktu jėgos jutikliu ir visa numatoma mase, pastatomas 15–20 cm atstumu jo. Jėgos jutiklio kabliukas tempiamas virvele, permesta per skridinį, prie kurios prikabinta lėkštelė su krovinėliu.



- Jėgos jutiklis;
- Mažos trinties skridinys su gnybtu;
- Krovinėlių su pakabukais rinkinys;
- Fizikinė virvelė (apie 1 m ilgio);
- Svarstyklės;
- Xploreris GLX;
- DataStudio programinė įranga.

## Darbo eiga

### 1. *Priemonių parengimas darbui*

Įrenginį sumontuokite, kaip 1 a paveiksle:

- 1.1. Atstumo jutiklį prijunkite prie GLX'o. Patikrinkite, ar perjungiklis ant šio jutiklio yra perjungtas į padėtį vežimėlis (*Cart*).
- 1.2. Jėgos jutiklį prijunkite prie GLX'o, o pastarąjį sujunkite su kompiuteriu.
- 1.3. Ilguoju varžtu jėgos jutiklį prisukite prie vežimėlio. Jo kabliukas bus tempiamas virvele, permesta per skridinį, prie kurios galo bus prikabinta lėkštelė su krovinėliu.
- 1.4. Padėties (atstumo) jutiklį padėkite ant vieno takelio galo. Jo šone esančią rankenėlę pasukite taip, kad signalas iš jutiklio eitų išilgai takelio ir būtų jam lygiagretus.
- 1.5. Patikrinkite takelio horizontalumą. Jei reikia, naudokite justiruojančias kojales ant abiejų treko galų.
- 1.6. Prisukite skridinį prie antrojo takelio galo. Šis galas turi būti prie pat stalo krašto ir išsikišęs virš jo.
- 1.7. Užvyniokite vieną metro ilgio siūlo galą aplink įkarpą krovinėlių laikiklyje – lėkštelėje.
- 1.8. Vežimėlį su ant jo esančiu jėgos jutikliu padėkite ant takelio. Antrąjį siūlo galą pririškite prie jėgos jutiklio kabliuko.
- 1.9. Reguluodami skridinio aukštį, užtikrinkite, kad siūlas būtų lygiagretus takeliui.
- 1.10. \*Atidarykite failą „2nd Law (PP).ds.“ Šį failą rasite CD (*EX-9922D PASCO* , „*Experiment Resources*“, *Volume 1*), kurį gavote kartu su GLX'u.

### Rekomendacijos mokytojui:

\*Įdėkite CD „*Physics Experiment Resources*“ → *Files Currently on the Disc (45)* → →*Newton's Laws* → *2nd Law*:


- *DataStudio Files*;
- *Graphics*;
- *Newton's 2nd Law*.

Pirmiausia perskaitykite darbo aprašymą: „*Newton's 2nd Law*“.

Po to – peržiūrėkite *Graphics*. Ten rasite sumontuoto įrenginio paveikslą (*PAS full setup large*) ir padėties (atstumo) jutiklio tvirtinimo prie takelio paveikslą (*PAS Motion Sensor large*).



Atsidarę *Graphics*, rasite eksperimento duomenų pavyzdį „*2nd Law (PP) Data*“. Šio *DataStudio* lango pavyzdys darbo aprašymo gale 1 DS pav.), o atsidarę „*2nd Law (PP)*“, rasite tyrimui parengtą interaktyvų failą. (Šiame darbo aprašyme 2 DS pav.)

### 2. *Matavimo procedūra*

- 2.1. Kol siūlas neįtemptas, spustelkite *Tare* arba *Zero* mygtuką ant jėgos jutiklio.
- 2.2. Patraukite vežimėlį kiek galima arčiau prie padėties (atstumo) jutiklio, tačiau lėkštelė neturi liesti skridinio.
- 2.3. Vienu metu spustelkite *Start*  mygtuką *DataStudio* lango viršuje ir atlaisvinkite vežimėlį. Apsaugokite skridinį nuo susidūrimo su vežimėliu: jam dar neprivažiavus prie pat skridinio, vežimėlį sustabdykite ranka.
- 2.4. Įsitikinkite, kad judesio jutiklio laidas / jungtis / netrukdyt vežimėlio judėjimui.

2.5. Matavimo duomenų užrašymas / fiksavimas baigsis automatiškai.

### 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

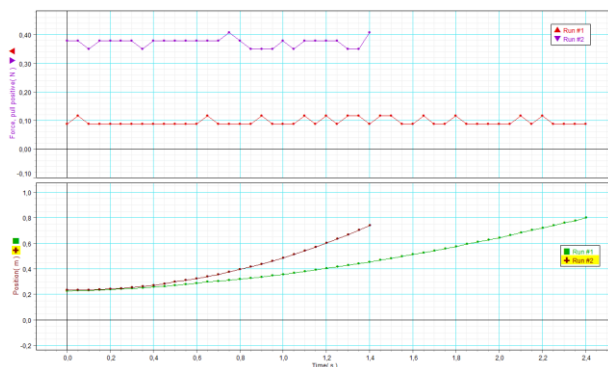
- 3.1. Greičio grafike žymekliu pažymėkite tik tą grafiko dalį, kuri atitinka numatomą nagrinėti judėjimą. Spustelkite  mygtuką ir pasirinkite *Linear Fit*. Pagreičio vertę įrašykite į duomenų lentelę.
- 3.2. Jėgos grafike žymekliu pažymėkite tą grafiko dalį, kuri reiškia judėjimą su pagreičiu. Užrašas parodys išryškintos grafiko dalies jėgos vidurkį. Šią vertę įrašykite į duomenų lentelę.
- 3.3. Kartokite prieš tai buvusių žingsnius, kol bus atlikta visa 4-5 matavimų serija. Kiekvienu kartu lėkštelės su krovinėliu masę didinkite 5–10 gramų.
- 3.4. Išnagrinėkite priklausomybės tarp jėgos ir pagreičio grafiką. Spustelkite  mygtuką ir pasirinkite (*Linear Fit*). Tiesės polinkio / krypties koeficiento / ir vertikaliosios sankirtos vertes įrašykite į lentelę.
- 3.5. Raskite vežimėlio su jėgos jutikliu masę kilogramais. Vežimėlį pasverkite ir šias mases palyginkite.

### KLAUSIMAI IR UŽDUOTYS:

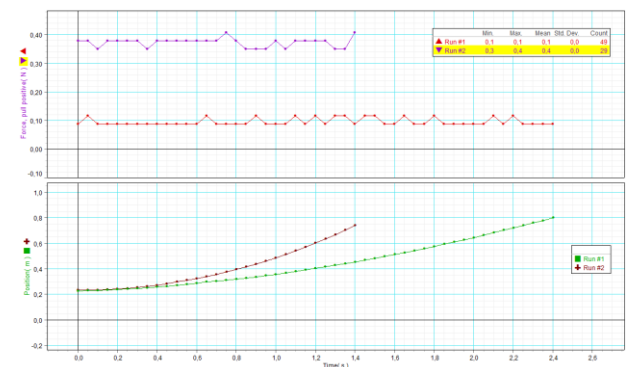
1. Paaiškinkite, kokią fizikinę prasmę turi priklausomybės tarp jėgos ir pagreičio grafiko krypties koeficientas?
2. Ką reiškia vertikalioji sankirta?
3. Parašykite priklausomybės tarp jėgos ir pagreičio grafiko tiesinę lygtį.

### Rezultatai (galimi)

Tyrimą atliekant su dviem jutikliais DataStudio programa gauti tokie rezultatai:



**1 R pav.** Pirminis vaizdas DataStudio ekrane, atlikus dvi serijas matavimų su tos pačios masės sistema, veikiami skirtingų traukos jėgų. Traukos jėgos-laiko grafikai viršuje, koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikai – apačioje.



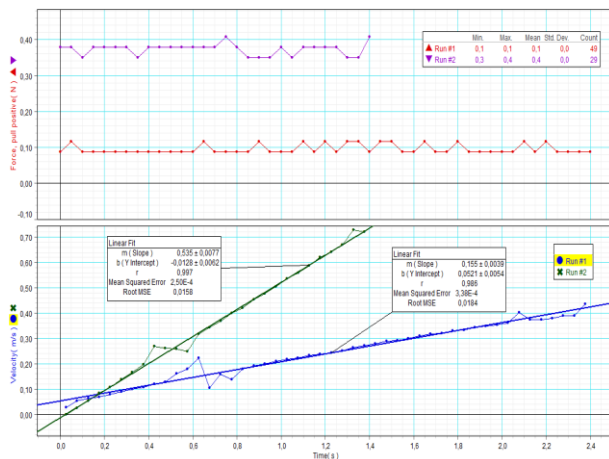
**2 R pav.** Pasinaudojus statistikos įrankiu, randama vidutinė traukos jėga per visą vežimėlio judėjimo laiką (viršutinis grafikas):

Pirmas matavimas **Run#1** Vidutinė traukos jėga  $F_{\text{traukos}(1)} = 0,1\text{N}$ . Matavimų skaičius (*Count*) – 49 matavimai per visą vežimėlio judėjimo laiką.

Antrasis matavimas **Run#2** Vidutinė traukos jėga  $F_{\text{traukos}(2)} = 0,4\text{N}$ . Matavimų skaičius (*Count*) – 29 matavimai per visą vežimėlio judėjimo laiką.

Veikiant šioms pastovioms jėgoms, vežimėlis abiem atvejais judėjo su pastoviu pagreičiu – judėjimo grafikai – parabolės (apatinis grafikas).

Tyrimas rodo, kad, esant didesnei traukos jėgai, parabolė statesnė **Run#2**.



**3 R pav.** Vietoj koordinatės į „y“ ašį pasirinkus greitį (*Velocity*), gaunami greičio priklausomybės nuo laiko grafikai – tam tikro polinkio tiesės (*Apatinis grafikas*). Eksperimentinius taškus aproksimavus tiesėmis (*Linear Fit*), randamas pagreitis, kuriuo judėjo sistema, veikiant šioms traukos jėgoms. Tiesės polinkis greičio – laiko grafike rodo sistemos judėjimo pagreitį [DataStudio žymimas „m(Slope)“]. Pagreičio vertės matome stačiakampiuose prie tiesių.  $m(\text{slope}) 0,735 \pm 0,038$ .

**4 R pav.** Tyrime naudota sistema pasverinama.

Mažesnės, 0,1N traukos jėgos (Run #1) veikiama sistema judėjo pagreičiu

$$a_1 = m(\text{slope}) = 0,155 \pm 0,0039 \text{ m/s}^2.$$

Didesnės, 0,5N traukos jėgos (Run #2) veikiama sistema judėjo pagreičiu

$$a_2 = m(\text{slope}) 0,535 \pm 0,0077 \text{ m/s}^2.$$

Pagal šių dviejų serijų matavimo duomenis apskaičiuojama judančios sistemos masės vidutinė vertė ir sistema pasverinama (X pav.)

Randamas procentinis skirtumas tarp apskaičiuotosios pagal ekperimento duomenis judančios sistemos masės,  $m_{(\text{eksperimentinė})}$  ir masės, rastos sveriant,  $m_{(\text{sveriant})}$ .

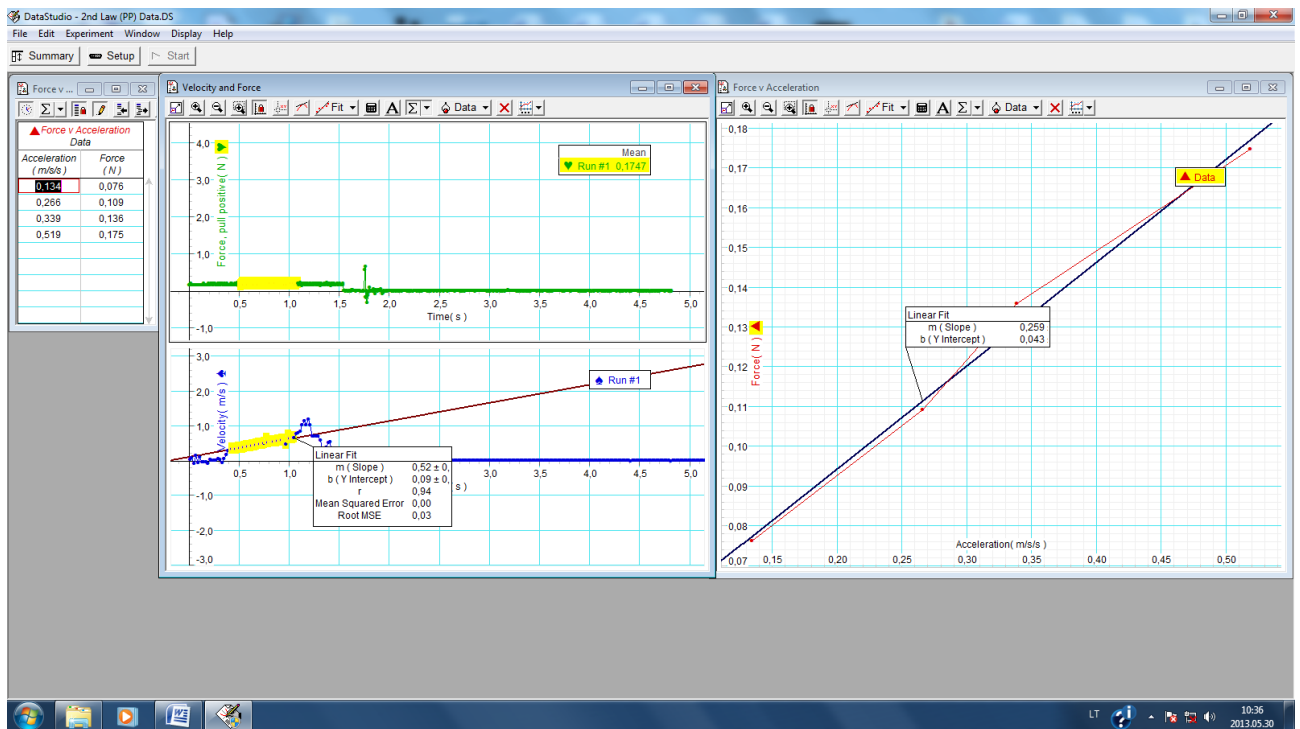
$$\% \text{skirtumas} = \left| \frac{\text{Tikroji vertė} - \text{Eksperimentinė vertė}}{\text{Tikroji vertė}} \right| \times 100\%$$

Tikrąją vertę laikysime judančios sistemos masę, gautą sveriant,  $m_{(\text{sveriant})}$ , eksperimentinę,  $m_{(\text{eksperimentinė})}$  – gautą iš grafiko, remiantis tyrimo duomenimis. Šio tyrimo metu gauta – 3,7 proc.

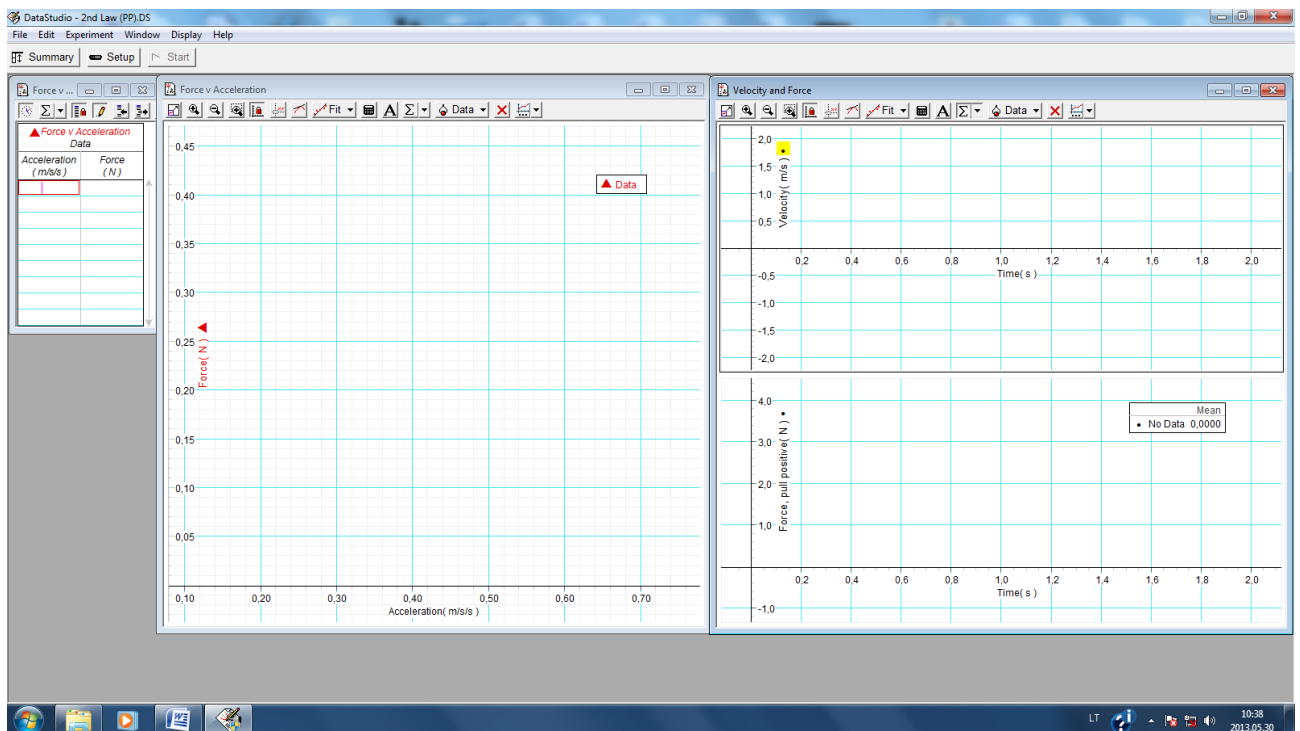
*Pavyzdys* pateiktas atliekant dvi serijas matavimų, tačiau eksperimentuojant rekomenduojama atlikti ne mažiau, kaip 4–5 serijas ir brėžti traukos jėgos-pagreičio grafiką, iš kurio galima rasti judančios sistemos masę  $m_{(\text{eksperimentinė})}$ . Šiuo atveju procentinis skirtumas tarp  $m_{(\text{sveriant})}$  ir  $m_{(\text{eksperimentinė})}$  ženkliai sumažėja.

### Dirbant su DataStudio programa

\*Atsidarę *Graphics*, „2nd Law (PP) Data“, rasite eksperimento metu gautų matavimo duomenų pristatymo pavyzdį. Šiame DataStudio lange matome jėgos – laiko ir koordinatės – laiko grafikus, jėgos – pagreičio keturių matavimo serijų duomenų lentelę ir pagal šiuos duomenis nubrėžtą jėgos – pagreičio grafiką.



1 DS pav. Eksperimento, atliekamo su dviem jutikliais, gautų matavimo duomenų vaizdavimo ir jų analizės pavyzdys DataStudio „2nd Law (PP) Data“, lange.



2 DS pav. Atsidarę „2nd Law (PP)“, rasite šiam tyrimui parengtą interaktyvų failą.

### Laiko sąnaudos

Dirbant su DataStudio, laiko sąnaudos duomenims surinkti ir jų analizei atlikti nėra didelės. Mokiniai, darantys šį eksperimentą pirmą kartą, penkių serijų *matavimą* (traukos jėgą didino kas 1 N iki 5 N) ir *duomenų analizę* pagal aprašą atliko per 8–10 min.

### 3.1.4. MAKSIMALIOS STATINĖS IR KINETINĖS TRINTIES KOEFICIENTŲ NUSTATYMAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 12 klasė.

#### 2. Judėjimas ir jėgos

##### Nuostata

Domėtis mechaninius procesus apibūdinančiais dėsniais ir jų taikymu moksle, technikoje ir kasdieniame gyvenime, remtis jais įvairioje veikloje.

##### Esminis gebėjimas

Taikyti pagrindinius judėjimo ir tvermės dėsnius aiškinant įvairių mechanizmų veikimą ir energijos virsmus.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.2. Klasifikuoti jėgas pagal jų pobūdį ir pasireiškimą, analizuoti jėgų dydžio priklausomybę nuo įvairių veiksnių.	2.2.1. Apibrėžti jėgą kaip judėjimo kitimo arba kūnų deformacijos priežastį. 2.2.2. Nurodyti jėgų rūšis ir atsiradimo priežastis.
2.3. Taikyti dinamikos dėsnius nagrinėjant kūnų sąveikos pavyzdžius, sprendžiant uždavinius. Atlikti slydimo trinties jėgos ir kelių jėgų veikiamo kūno pusiausvyros tyrimus.	2.3.2. Apibūdinti jėgų atstojamąją.

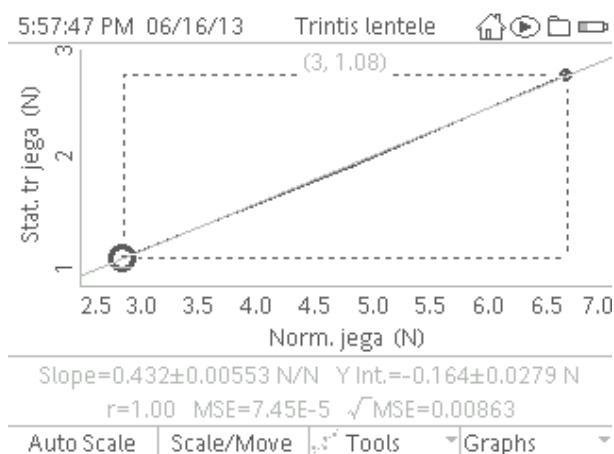
#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Jeigu ant bet kurio paviršiaus gulintį objektą pradeda veikti jėga, jis nepajuda tol, kol ši jėga yra mažesnė už maksimalią rimties trinties jėgą. Rimties trinties koeficientas ( $\mu_s$ ) yra maksimalios rimties trinties jėgos ( $F_s$ ) ir atramos reakcijos jėgos ( $F_N$ ) santykis:

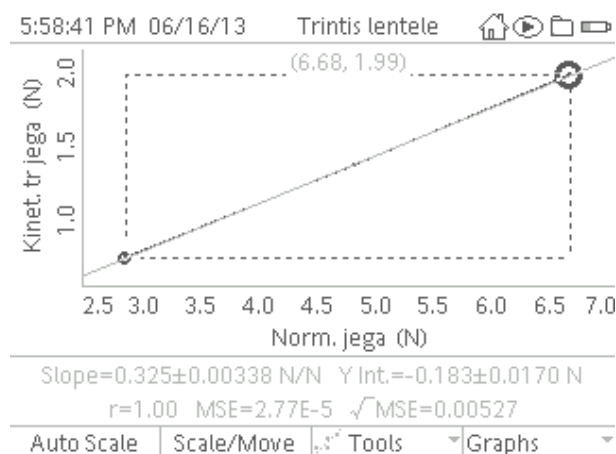
$$\mu_s = \frac{F_s}{F_N}$$

Kad objektas judėtų pastoviu greičiu, jį veikianti jėga turi būti lygi judėjimo trinties jėgai. Taigi, judėjimo trinties koeficientas ( $\mu_k$ ) yra judėjimo trinties jėgos ( $F_k$ ) ir atramos reakcijos jėgos ( $F_N$ ) santykis.

$$\mu_k = \frac{F_k}{F_N}$$



**1 pav.** Maksimalios rimties trinties koeficientas  $\mu_s = 0,432 \pm 0,00553$



**2 pav.** Judėjimo trinties koeficientas  $\mu_k = 0,325 \pm 0,00338$

Maksimalios rimties trinties jėgos ir judėjimo trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos jėgos grafikai yra tiesės. Šių grafikų krypties koeficientai atitinkamai reiškia rimties (1 pav.) ir judėjimo (2 pav.) trinties koeficientus.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Šio darbo tikslas yra rasti rimties ir judėjimo / slydimo trinties koeficientus skirtingiems paviršiams. Eksperimentą moksleiviai atliks GLX'ų ir dviem jutikliais: jėgos ir atstumo.

Traukiant parimusį konteinerį iš rimties būsenos pastoviu greičiu, jėgos jutiklis gali matuoti ir rimties, ir slydimo trinties jėgą. Kiekvienos iš šių jėgų priklausomybės nuo atramos reakcijos jėgos grafikai duoda abu koeficientus.

Eksperimentuojant bus matuojama maksimali rimties (lentelėje ir grafikuose žymima, kaip „Statinė“) ir slydimo (lentelėje ir grafikuose žymima, kaip „Kinetinė“) trinties jėga, traukiant kūną *horizontaliu* paviršiumi. Tiriama, kaip šios jėgos priklauso nuo atramos reakcijos (lentelėje ir grafikuose žymimos, kaip „Normalinė“) jėgos. Brėžiami maksimalios rimties trinties jėgos ir slydimo trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos jėgos grafikai. Iš jų bus randami rimties ir slydimo trinties koeficientai.

Jeigu tyrimą numatoma atlikti **II lygmeniu**, kaip **struktūruotą tyrinėjimą**, mokiniams bus pateikiama nuosekli darbo eiga ir tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Mokiniai tikrins suformuluotą hipotezę. Žinodami maksimalios rimties trinties jėgos ir atramos reakcijos jėgos, bei slydimo trinties jėgos priklausomybę nuo atramos reakcijos, eksperimentiškai išmatavę šias jėgas brėš grafikus ir pagal tiesių krypties koeficientus ras rimties ir slydimo trinties koeficientus.

Numatant tyrimą atlikti **III lygmeniu**, kaip **koordinuotą tyrinėjimą**, mokiniams bus pateikiamas tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas, tačiau darbo eiga nebus pateikiama. Mokiniai tikrins jų pačių suformuluotą hipotezę, atlikdami eksperimentą pagal jų pačių numatomą darbo eigą.

Lygindami savo iškeltas hipotezes / prielaidas su tyrimo metu gautais rezultatais, mokiniai mokosi kritiškai mąstyti. Esant prieštaravimams, ieškoma priežasčių: ar eksperimentuojant padaryta klaida, ar neteisingai iškelta hipotezė. Vienu atveju grįžtama į eksperimentą, kitu – gilinamasi į teoriją.

Tyrimą mokiniai gali atlikti grupėmis po 3–4. Kiekvienai grupei galima duoti po du konteinerius, kurių pagrindai padengti skirtingomis medžiagomis. Traukdami juos tuo pačiu paviršiumi, mokiniai palygina rezultatus grupėse ir tarp grupių.

Eksperimentą patogiau atlikti, kai vienas mokinytis aptarnauja įrenginį, kitas GLX'ą. Atlikus keletą matavimų, mokiniai gali / turi pasikeisti vietomis. Tokiu atveju ugdoma kiekvieno mokinio atsakomybė visai komandai už atlikto darbo kokybę ir kiekvieno mokinio gebėjimai dirbti su aparatūra.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip gavus  $F_s = f(F_N)$  ir  $F_k = f(F_N)$  nustatyti  $\mu_s$  ir  $\mu_k$ ? Nuo ko jie priklauso?

### Tyrimo hipotezės:

- Maksimalios rimties trinties jėgos priklausomybė nuo atramos reakcijos jėgos  $F_s = f(F_N)$  yra tiesinė ir  $F_k = f(F_N)$  priklausomybė yra tiesinė.
- Tiesių polinkiai, atitinkamai, reiškia rimties ir kinetinės trinties koeficientus:  $\mu_s$  ir  $\mu_k$ .
- $\mu_s > \mu_k$

**Eksperimento tikslas** – rasti maksimalios rimties ir slydimo trinties koeficientus bent dviem skirtingiems paviršiams ir iširti, kaip jie priklauso nuo šių paviršių savybių.

### Laukiami rezultatai:

Mokiniai įgis tyrimo įgūdžių patirties ir pagilins dalyko žinias.



- Gebės pagal aprašymą sumontuoti eksperimentinį įrenginį su dviem jutikliais ir duomenis pavaizduoti grafiškai (dviem grafikais viename GLX ekrane).
- Gebės kruopščiai atlikti tyrimą. Suprasti, kodėl konteinerį reikia traukti pastoviu greičiu.
- Stebint GLX ekrane besibrėžiančius grafikus, gebės koreguoti savo veiksmus.
- Gebės gauti *patikimus* tyrimo rezultatus: reikalui esant, pakartoti tyrimą tomis pačiomis sąlygomis.
- Gebės analizuoti grafikus pasinaudojant matematiniais įrankiais. Iš grafiko rasti maksimalią rimties ir slydimo trinties jėgą.
- Mokiniai turėtų geriau suprasti trinties jėgų prigimtį ir jų atsiradimo priežastis. Suprasti, kodėl kūną sunku išjudinti iš rimties padėties.
- Remiantis grafine analize, *prognozuoti* galimą rezultatą kitomis sąlygomis ir jį patikrinti eksperimentiškai.
- Pristatant tyrimo rezultatus, diskusijos metu argumentuotai ginti savo nuomonę, remiantis tyrimo duomenimis.

### Eksperto priemonės:

- GLX-as;
- Konteineriai trinčiai tirti;
- Jėgos jutiklis;
- Atstumo / judėjimo jutiklis;
- Virvelė;
- Kroviniai iš kinematikos ir dinamikos rinkinio: du po 125 g ir vienas – 250 g (arba kiti krovinėliai);
- Svarstyklės;
- Kompiuteris su įdiegta DataStudio programa (nebūtinai).



**3 pav.** Priemonės ir medžiagos trinties tyrimams su GLX'u ir dviem jutikliais atlikti.

### Darbo eiga:

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

Priemonės sumontuojamos taip, kaip 3 pav.:


- 1.1. Atstumo jutiklis įjungiamas į pirmąjį GLX'o lizdą ir pastatomas prieš konteinerį atstumu, ne mažesniu kaip 15 cm.

- 1.2. Atstumo / judėjimo jutiklio perjungiklis perjungiamas į padėtį vežimėlis (*Cart*) (3 a pav.).
- 1.3. Jėgos jutikliui įsukamas kabliukas (neįsukite per daug giliai), virvele (apie 5 cm ilgio) jutiklio kabliukas sujungiamas su konteineriu. Jėgos jutiklis įjungiamas į GLX antrąjį lizdą.




**3 a pav.** Atstumo jutiklio perjungiklis perjungtas į padėtį vežimėlis (*Cart*).

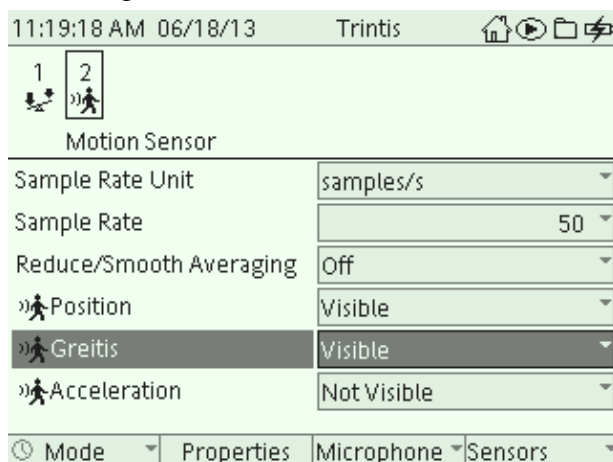
**GLX'o parengimas matavimui:**

Spustelėkite pagrindinio meniu (*Home*)  mygtuką. Bus atidarytas pagrindinis ekranas.

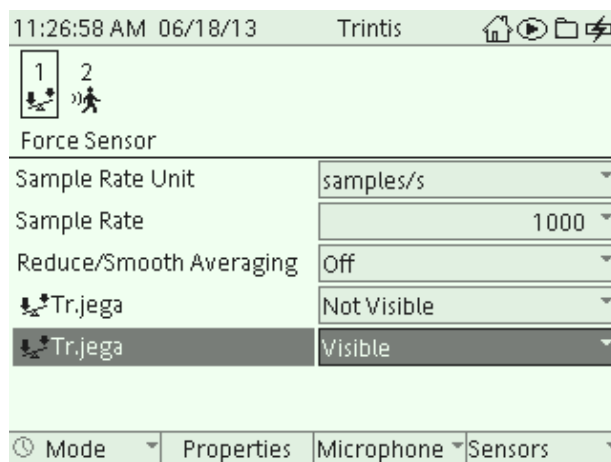
**Nustatymai:**

Spustelėkite *F4* ir nukeliate į jutiklių (*Sensors*) piktogramą . Atsidariusiame jutiklių lange matysite abu jutiklius: pirmasis – atstumo jutiklis. Jį pasižymėkite. Nustatykite duomenų rinkimo dažnį 50 matavimų duomenų per sekundę (4 pav.).

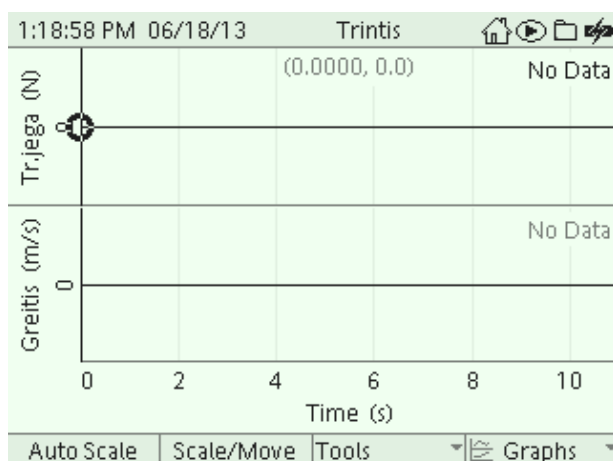
Kadangi tyrimo metu reikės įvertinti, ar konteineris buvo traukiamas pastoviu *greičiu*, pakeiskime: Greitis (*Velocity*) į padėtį Matomas (*Visible*), kad GLX'o ekrane būtų matomas greičio nuo laiko grafikas.



**4 pav.** Atstumo / Judėjimo jutiklio duomenų rinkimo dažnis pasirinktas 50 matavimų per sekundę. Greitis – Matomas (*Visible*).



**5 pav.** Tempimo jėga (*Force pull positive*) pakeista į Matomą (*Visible*) ir pervadinta lietuviškai.





**6 pav.** Grafiniame ekrane pasirinkus du grafikus (*Two Graphs*) viename ekrane turime galimybę brėžti du grafikus.

	Norm. jega (N)	Stat. tr jega (N)	Kinet. tr jega (N)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

**7 pav.** GLX lentelė matavimų ir skaičiavimų duomenims suvesti

Dabar kairiąja navigatoriaus rodykle nukeliate į jėgos jutiklį. Jėgos jutiklio duomenų rinkimo dažnį pasirinkite 1000 matavimų per sekundę. Jutiklio gniuždymo jėgą (*Force push*

positive) pakeiskite į nematomą (*Not Visible*), o tempimo jėgą (*Force pull positive*), į matomą (*Visible*). (5 pav.).

Grįžkite į pagrindinį ekraną, paspausdami *Home*  mygtuką ir, spustelėję *F1*, nukeliate į grafikus .

Spustelėkite *F4* ir iš grafikų meniu pasirinkite du grafikai (*Two graphs*), (6 pav.).


## 2. *Matavimų procedūros:*

2.1. Sukurkite GLX lentelę (7 pav.) matavimų, skaičiavimų duomenims suvesti ir maksimalios rimties bei slydimo trinties jėgos priklausomybei nuo atramos reakcijos jėgos grafikams nubrėžti.


2.2. Pasirinkite konteinerį ir paviršių, kuriuo jį trauksite. Įrašykite į lentelę ataskaitos lapę.

2.3. Raskite tuščio konteinerio masę ir apskaičiuokite jo svorį. Raskite papildomų krovinėlių svorį. Apskaičiuokite atramos reakcijos jėgą ( $F_n$ ) konteineriui su pasirinktais krovinėliais. Duomenis klaviatūra suveskite į GLX lentelės pirmąjį stulpelį.

2.4. Spustelėkite jėgos jutiklio nunulinimo mygtuką.

2.5. Grįžkite į grafinį displejų. Spustelkite GLX'o *Start*  mygtuką.

2.6. Švelniai traukite jėgos jutiklio konteinerį, tolindami jį nuo atstumo jutiklio.

2.7. Grafiniame GLX ekrane stebėkite besibrėžiančius grafikus (8 pav.). Kai greitis pasidarys beveik pastovus, spustelkite *Stop*  mygtuką.

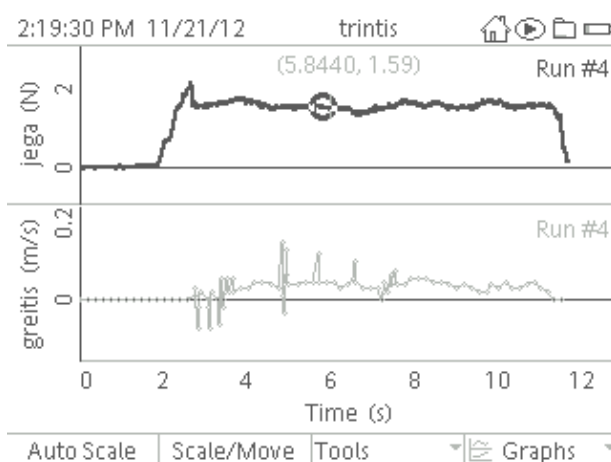
2.8. Tyrimą, nekeičiant pasirinkto konteinerio esančių krovinėlių kiekio atlikite bent 3 kartus. Prieš kiekvieną matavimą nepamirškite spustelti jėgos jutiklio nunulinimo mygtuką.

2.9. Kiekvienam atvejui iš grafiko raskite maksimalią rimties ir slydimo trinties jėgą.

Apskaičiuokite šių jėgų vidurkius ir gautas vertes klaviatūra įveskite į GLX lentelę.

2.10. Aukščiau aprašytus žingsnius kartokite konteinerį papildydami krovinėliais. Pasirinkite konteinerį kitos medžiagos pagrindu ir traukite jį tuo pačiu horizontaliu paviršiumi (tyrimo veiksmy seką tokia pati, kaip ir pirmuoju atveju) Atramos reakcijos jėgą keiskite konteinerį apkraudami tais pačiais krovinėliais, kaip ir pirmuoju atveju.

2.11. Užpildykite GLX lentelę antrajam, kito pagrindo konteineriui.

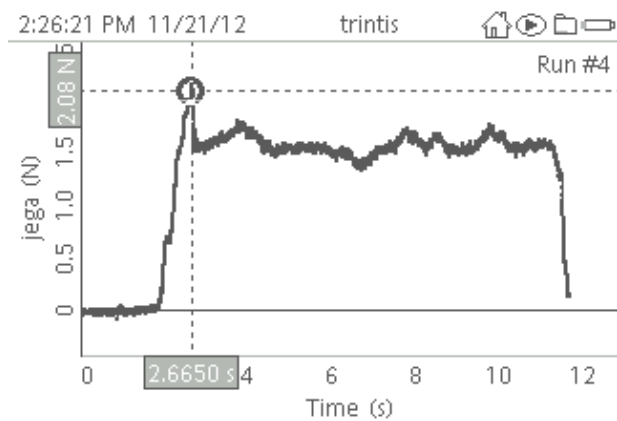


**8 pav.** Grafiniame GLX ekrane stebime besibrėžiančius du grafikus: trinties jėgos priklausomybės nuo laiko (viršutinis) ir greičio priklausomybės nuo laiko (apatinis).

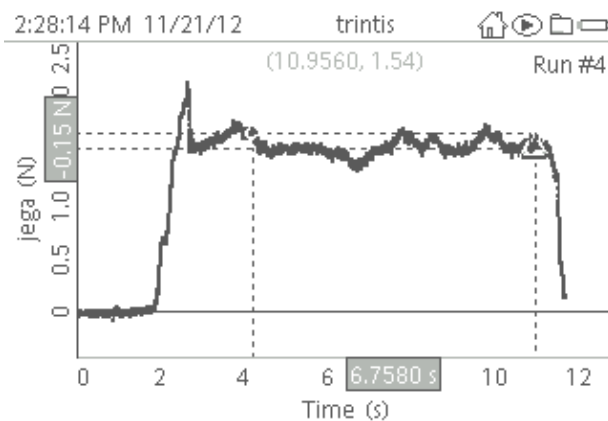
## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

3.1. Grafiniame ekrane spustelkite *F3*, įrankių (*Tools*) mygtuką, ir iš meniu pasirinkite išmanųjį (*Smart Tool*) įrankį. (Juo pasinaudokite nustatydami maksimalią rimties trinties jėgą (9 pav.)). Rastąją vertę įrašykite į GLX duomenų lentelę.

3.2. Spustelkite *F3* ir skirtumo (*Delta tool*) įrankiu Jėgos priklausomybės nuo laiko grafike pažymėkite sritį, kurioje konteineris judėjo pastoviu greičiu (10 pav.). Dar kartą spustelkite *F3* ir, pasinaudodami statistikos (*Statistics Tool*) įrankiu, raskite vidutinę jėgos vertę šioje grafiko srityje. Rastąją vertę įrašykite į GLX duomenų lentelę.



**9 pav.** Išmanusis įrankis rodo maksimalią rimties trinties jėgą. Jos vertę matome patamsintame stačiakampyje prie vertikaliosios ašies.



**10 pav.** Jėgos priklausomybės laiko grafike skirtumo (*Delta tool*) įrankiu pasižymėta sritis, kurioje konteineris judėjo pastoviu greičiu.

3.3. Duomenų analizę atlikite kiekvienam matavimui atskirai ir baikite pildyti GLX lentelę (11 pav.).

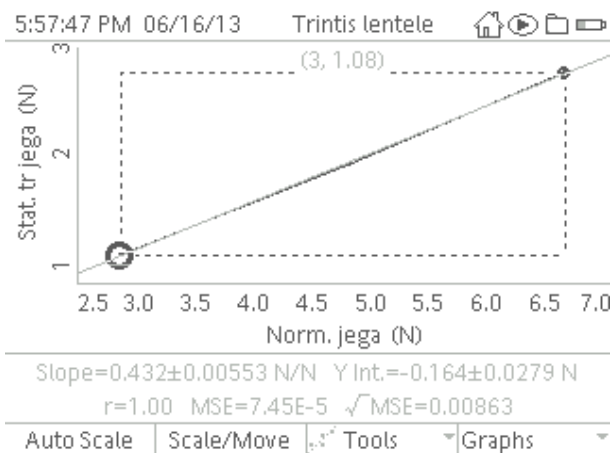
3.4. Remdamiesi lentelių duomenimis, GLX’u „nubrėškite“ *maksimalios rimties (statinės) trinties jėgos* nuo atramos reakcijos jėgos, bei slydimo (*kinetinės) trinties jėgos* nuo atramos reakcijos jėgos grafikus: keliaukite į *Home* → *Graph*. Atsidarykite „y“ ašies meniu. Vienu atveju į „y“ ašį pasirinkite *maksimalią rimties (statinę) trinties jėgą*, antru – slydimo (*kinetinę) trinties jėgą*. Iš „x“ ašies meniu abiem atvejais pasirinkite atramos reakcijos (*normalinę) jėgą*.

3.5. Gavę  $F_s = f(F_N)$  ir  $F_k = f(F_N)$  grafikus ir aproksimavę juos tiesėmis (*Tools*→*Linear Fit*), pagal tiesių krypties koeficientus nustatykite rimties trinties

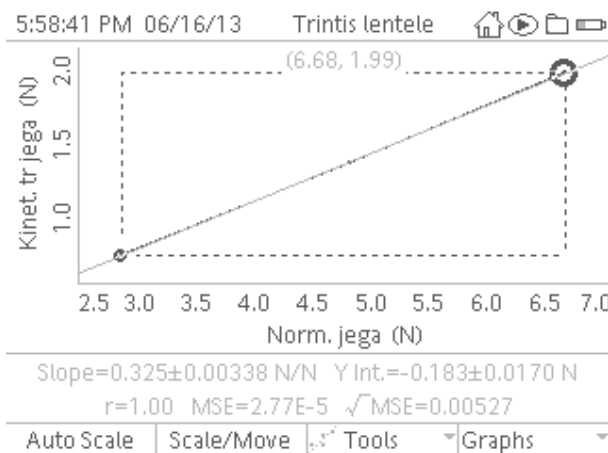
8:40:28 AM 06/17/13 Kamštis-medis lent.

	Norm. jėga (N)	Stat. tr jėga (N)	Kinet. tr jėga (N)
1	2.86	1.08	0.75
2	4.82	1.90	1.37
3	6.68	2.73	1.99
4			
5			
6			
7			
8			

**11 pav.** Matavimų ir skaičiavimų duomenys klaviatūra suvesti į GLX lentelę. (Duomenys gauti kamščio pado konteinerį traukiant horizontalia tribometro lenta.)



**12 pav.** Kamščio rimties (statinės) trinties koeficientas  $\mu_s = 0,432 \pm 0,00553$



**13 pav.** Kamščio slydimo (kinetinės) trinties koeficientas  $\mu_k = 0,325 \pm 0,00338$

- koeficientą  $\mu_s$  ir slydimo (kinetinės) trinties koeficientą  $\mu_k$  abiemis skirtingos medžiagos pagrindų konteineriams.
- 3.6. Maksimalios rimties ir slydimo trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos (normalinės) jėgos grafikus, gautus remiantis tyrimo duomenimis, įterpkite atskaitos lape, nurodytoje vietoje arba pateikite išspausdintus.
  - 3.7. Eksperimentiškai nustatytas trinties koeficientų vertes surašykite į lentelę (5 a pav.) laboratorinio darbo atskaitos lape.

### Mokiniai padaro išvadas:

- apie maksimalios rimties (statinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos (normalinės) jėgos  $F_s = f(F_N)$  ir slydimo (kinetinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos (normalinės) jėgos  $F_k = f(F_N)$  grafikus.
- apie  $F_s = f(F_N)$  grafiko krypties koeficiento fizikinę prasmę ir  $F_k = f(F_N)$  grafiko krypties koeficiento fizikinę prasmę.
- nuo ko priklauso rimties (statinės) ir slydimo (kinetinės) trinties koeficientas.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite trinties koeficientą.	1. Trinties jėgos $F_{tr}$ ir atramos reakcijos jėgos $N$ santykis yra dviejų paviršių trinties koeficientas $\mu$ . $\mu = \frac{F_{tr}}{N}$ Jei kūnas, veikiamas horizontalios jėgos, slysta horizontalia plokštuma: $\mu = \frac{F}{P}$
2. Nuo ko priklauso trinties koeficientas?	2. Nuo medžiagų savybių, paviršių apdorojimo kokybės ir t. t.
3. Kaip jėgos jutikliu reikia traukti konteinerį horizontaliu paviršiumi, kad teisingai išmatuoti slydimo trinties jėgą?	3. Tolygiai. Siūlas, jungiantis konteinerį su jutikliu, turi būti lygiagretus paviršiui ir nejudėti į šonus.
4. Kokia atstumo / padėties jutiklio paskirtis šiame eksperimente?	4. Užfiksuoti tą momentą, kai konteineris pajuda iš vietos. Jėgos grafike rasti tą vietą, kai konteineris judėjo pastoviu greičiu. Ištirti, ar trinties koeficientas priklauso nuo konteinerio judėjimo greičio.
5. Lyginant rimties, slydimo ir riedėjimo trinties koeficientus, kuris iš jų didžiausias? Mažiausias?	5. Didžiausias – rimties, mažiausias – riedėjimo.

### 3.1.5. HUKO DĒSNIS (GLX) (GNIUŽDYMO DEFORMACIJA) (VEŽIMĒLIŲ SVAIDYKLĒS SPYRUOKLIŲ STANDUMO KOEFICIENTŲ RADIMAS)

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 12 klasė.

#### 2. Judėjimas ir jėgos

##### Nuostata

Domėtis mechaninius procesus apibūdinančiais dėsniais ir jų taikymu moksle, technikoje ir kasdieniame gyvenime, remtis jais įvairioje veikloje.

##### Esminis gebėjimas

Taikyti pagrindinius judėjimo ir tvermės dėsnius aiškinant įvairių mechanizmų veikimą ir energijos virsmus.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.2. Klasifikuoti jėgas pagal jų pobūdį ir pasireiškimą, analizuoti jėgų dydžio priklausomybę nuo įvairių veiksnių.	2.2.1. Apibrėžti jėgą kaip judėjimo kitimo arba kūnų deformacijos priežastį. 2.2.2. Nurodyti jėgų rūšis ir atsiradimo priežastis.

#### 3. Makrosistemų fizika

##### Nuostata

Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.

##### Esminis gebėjimas

Taikyti makrosistemose vykstančius procesus apibūdinančius dėsnius analizuojant buityje ir technikoje matomus reiškinius.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
3.5. Analizuoti mechanines kietųjų kūnų savybes. Eksperimentiškai nustatyti spyruoklės standumą ir gumos tamprumo modulį.	3.5.2. Formuluoti Huko dėsnį, sieti mechanines kietųjų kūnų savybes apibūdinančius fizikinius dydžius: <i>absoliutinį pailgėjimą, santykinį pailgėjimą, &lt;...&gt;</i> .

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

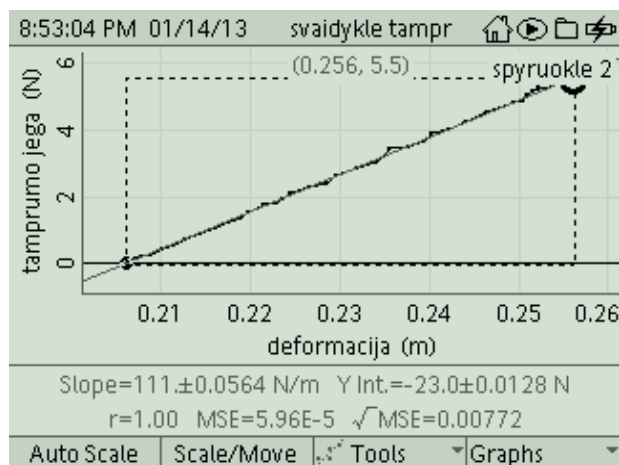
Gniuždant spyruoklę, joje atsiranda tamprumo jėga, kuri priešinasi gniuždančiai jėgai. Kuo labiau spaudžiame spyruoklę, tuo labiau ji priešinasi, tuo didesnė tamprumo jėga joje atsiranda. Atsiradusi tamprumo jėga yra tiesiog proporcinga deformacijai.

Daugeliui spyruoklių (tam tikrose tamprumo ribose) galioja ryšys:  $(F_{tampr})_x = -kx$ ;  
 $k$  – spyruoklės standumo koeficientas

$$k = \frac{F_{tampr}}{|x|}$$

$x$  – spyruoklės absoliutinis pailgėjimas arba sutrumpėjimas bus vadinamas deformacija. Šis santykis, Huko dėsniai paklustančiai spyruoklei, yra pastovus dydis ir vadinamas spyruoklės standumo koeficientu. Tarp spyruoklę veikiančios tamprumo jėgos ir deformacijos yra tiesioginis sąryšis. Jėgos priklausomybės nuo absoliutinio pailgėjimo grafike jis vaizduojamas tiese, kurios krypties koeficientas lygus standumo koeficientui (1 pav.).





**1 pav.** Jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafike tiesės krypties koeficientas reiškia spyruoklės standumo koeficientą. Jo vertę matome užrašė po grafiku:  
 Standumo koeficientas  $k = (111 \pm 0,0564) \text{ N/m}$ .

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Tyrimas atliekamas su vežimėlių svaidyklės spyruoklėmis ir dviem jutikliais: jėgos ir atstumo / judėjimo. Mokiniai pajus didėjančią jėgą, kai, traukdami *jėgos jutikliu*, *gniuždys* pritvirtintą prie vežimėlio svaidyklės spyruoklę. Gniuždomos spyruoklės deformaciją matuos *atstumo / judėjimo jutiklis*. GLX'o ekrane mokiniai stebės besibrėžiantį tikralaikį jėgos – deformacijos grafiką. Spyruoklės standumo koeficientą nustatys pagal grafiko krypties koeficientą (1 pav.). Tyrimą atliks su trimis vienodų matmenų skirtingo standumo spyruoklėmis. Palygins jų standumus ir patikrins, ar kiekvienai iš jų galioja Huko dėsnis.

Tyrimą mokiniai gali atlikti be kompiuterio arba su kompiuteriu, į kurį įdiegta DataStudio programa.

Eksperimentą rekomenduojama atlikti nedidelėmis 3–5 mokinių grupėmis. Vienas iš mokinių aptarnauja GLX'ą, kitas – jėgos jutikliu gniuždo spyruoklę. Atlikę vieną seriją matavimų, pasikeičia vietomis tarpusavyje, o vėliau ir su kitais.

Jeigu tyrimą numatoma atlikti **II lygmeniu**, kaip **struktūruotą tyrinėjimą**, mokiniams bus pateikiama nuosekli darbo eiga ir tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Mokiniai tikrins suformuluotą hipotezę: tikrins, ar gniuždomoms spyruoklėms galioja Huko dėsnis; brėš tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafikus ir pagal jų krypties koeficientą nustatys spyruoklių standumo koeficientus.

Numatant tyrimą atlikti **III lygmeniu**, kaip **koordinuotą tyrinėjimą**, mokiniams bus pateikiamas tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas, tačiau darbo eiga nebus pateikiama. Mokiniai tikrins jų pačių suformuluotas hipotezes, atlikdami eksperimentą pagal jų pačių numatomą darbo eigą.

Lygindami savo iškeltas hipotezes / prielaidas su tyrimo metu gautais rezultatais, mokiniai mokysis kritiškai mąstyti. Esant prieštaravimams, ieškos priežasčių: ar eksperimentuojant padaryta klaida, ar neteisingai iškelta hipotezė. Vienu atveju bus grįžtama į eksperimentą, kitu – gilinamasi į teoriją.

Rezultatus mokiniai pateiks laboratorinio darbo ataskaitos lape arba padarys pristatymą viešai.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Koks yra sąryšis tarp spyruoklėje atsirandančios tamprumo jėgos ir deformacijos, gniuždymo atveju?

**Tyrimo hipotezė.** Gniuždant spyruoklę, joje atsiranda tamprumo jėga, kuri yra tiesiog proporcinga deformacijai.

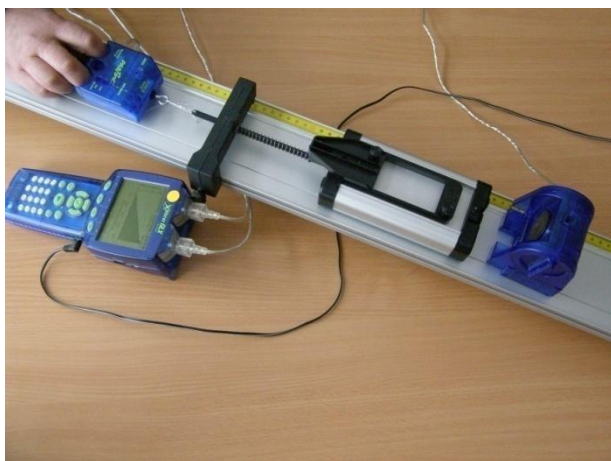
**Eksperimento tikslas** – gavus  $F_x = f(x)$  grafiką, nustatyti spyruoklių standumą.

**Laukiami rezultatai:**

- Žinos Huko dėsnį ir standumo koeficiento fizikinę prasmę.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti tamprumo jėgos nuo deformacijos  $F_x = f(x)$  grafiką.
- Mokės iš  $F_x = f(x)$  grafiko nustatyti spyruoklės standumo koeficientą  $k$ .
- Gebės matematikos žinias taikyti fizikos eksperimento duomenų analizei.

**Eksperimento priemonės:**

- Vežimėlių svaidyklė (*Spring Cart Launcher*) (su trimis skirtingo standumo spyruoklėmis);
- Dinaminis takelis (1,2 m) su aukštį reguliuojančiomis kojelėmis;
- Vežimėlis (įeina į dinaminio takelio rinkinį);
- Smūgius amortizuojanti užtvara atitvaras (įeina į dinaminio takelio rinkinį);
- Fizikinė virvelė;
- Jėgos jutiklis su kabliuku;
- Atstumo / judėjimo jutiklis;
- Xplorer'is GLX
- *Nebūtina:* Kompiuteris su įdiegta DataStudio programa.



**2 pav.** Tyrimas atliekamas su dviem jutikliais: Jėgos ir atstumo / judėjimo. Spyruoklė užmauta ant svaidyklės strypo gniuždoma, tempiant svaidyklės strypą jėgos jutikliu. Deformaciją matuoja atstumo / judėjimo jutiklis, kuris prieš vežimėlį pastatomas atstumu, ne mažesniu kaip 15 cm.



**2 a pav.** Į svaidyklės komplektą įeina trys skirtingo standumo, beveik vienodų matmenų spyruoklės: juoda (kieta); jos standumo koeficientas  $k_j = 132 \text{ N/m}$ ; mėlyna (vidutinio standumo); jos standumo koeficientas  $k_m = 111 \text{ N/m}$ ; raudona (minkšta); jos standumo koeficientas  $k_r = 80,5 \text{ N/m}$ . (Čia pateiktas tyrimo metu gautas spyruoklių standumas. Paklaidų ribose jis sutinka su kataloge pateiktais šių spyruoklių standumo koeficientais.)

**Darbo eiga:**

**1. Priemonių parengimas darbui.**

1.1. Įrenginys sumontuojamas taip, kaip 2 pav.:

1.1.1. Svaidyklė dviem varžtais pritvirtinama prie vežimėlio.

- 1.1.2. Ant svaidyklės strypo užmaunama tiriamoji spyruoklė.
  - 1.1.3. Plonesnysis spyruoklės galas šiek tiek įsukamas į skylutę, esančią strypo pritvirtinimo prie plastiko korpuso vietoje.
  - 1.1.4. Laisvasis strypo galas prakišamas pro amortizuojančios užtvartos / atramos / angą ir prie strypo gale esančios skylutės, pririšama trumpa fizikinė virvelė su kilpa. Metaliniu kaišteliu užtvirtinama.
  - 1.1.5. Jėgos jutiklio kabliukas užkabina už kilpos. Jėgos jutikliu bus traukiamas svaidyklės strypas, taip gniuždant spyruoklę, kuri remiasi į atramą. Jėgos jutiklis registruos spyruoklėje atsiradusią tamprumo jėgą, spyruoklę gniuždant.
  - 1.1.6. Padėties jutiklio mygtukas perjungiamas į padėtį artimiems atstumams matuoti ir pastatomas priešais vežimėlį atstumu ne mažesniu kaip 15 cm. (apie 20 – 25 cm).
  - 1.1.7. Padėties jutiklis registruos spyruoklės deformaciją (sutrumpėjimą) spyruoklę gniuždant.
- 1.2. GLX'o parengiamas matavimui dviem jutikliais:
    - 1.2.1. Jėgos jutiklio kabliuką junkite į pirmąjį GLX jutiklių lizdą; padėties jutiklį – į antrąjį.
    - 1.2.2. Prijungus jutiklius, atsirado grafinis ekranas su jėga / Traukos neigiama / , (  $N$  ) „y“ ašyje ir laiku (Time) (s), „x“ ašyje.
    - 1.2.3. Pakeiskite: „y“ ašyje jėga / Traukos teigiama / (  $N$  );
    - 1.2.4. „x“ ašyje – vietoj laiko, pasirinkite *Position* (  $m$  ).
    - 1.2.5. Pasinaudoję pasiūlymu *Data Properties*, ašis įvardykite lietuviškai. Nustatykite matavimų dažnį – abiemis jutikliams 20 Hz.

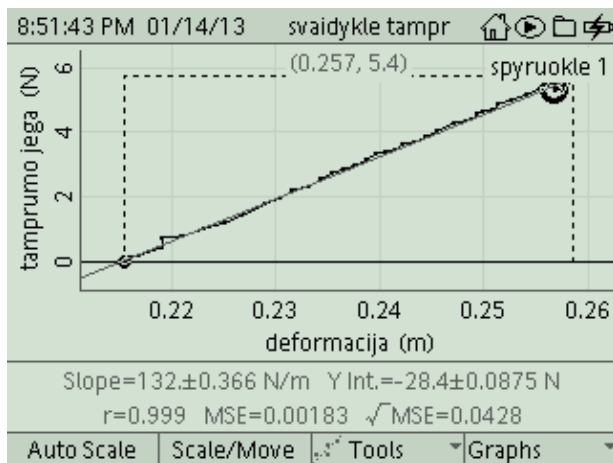
## 2. **Matavimų procedūros:**

- 2.1. Jėgos jutiklio kabliuką užkabinkite už kilpos ir juo patraukite spyruoklę taip, kad ji švelniai liestų atramą. (2 pav).
- 2.2. Nuspauskite jėgos jutiklio nunulinimo mygtuką *Zero*
- 2.3. Paspauskite GLX'o *Start* mygtuką ir pradėkite gniuždyti spyruoklę, traukdami ją jėgos jutikliu. GLX'o ekrane stebėkite besibrėžiantį jėgos priklausomybės nuo padėties grafiką (1 pav.).
- 2.4. Juodąją spyruoklę pakeiskite mėlynąja, po to – raudonąja ir pakartokite matavimo procedūrą
- 2.5. Matavimams priskirkite pavadinimus: tarkime, *Run#1* – „Juoda spyruoklė“, ir t.t.
- 2.6. Nepamirškite išsaugoti failo su pavadinimu, tarkime, „Svaidyklės spyruoklių standumas“

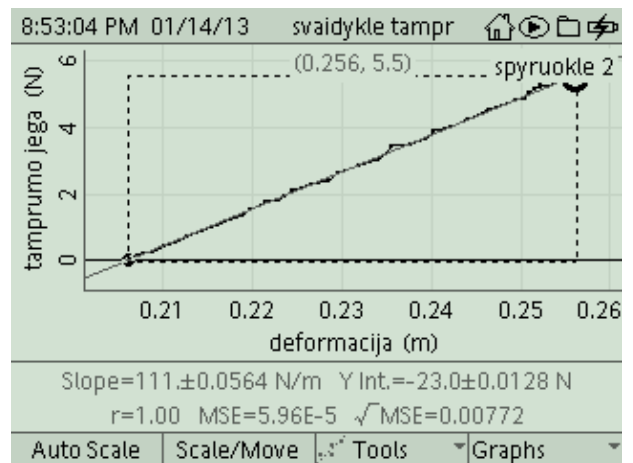
Matavimų duomenimis galėsite pasinaudoti ieškodami suspaustos spyruoklės potencinės energijos arba ryšio tarp spyruoklės potencinės energijos pokyčio ir darbo; nagrinėdami energijų virsmus, lygindami suspaustos spyruoklės potencinės energijos pokytį su vežimėlio kinetinės energijos pokyčiu ir t.t.

## 3. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė**

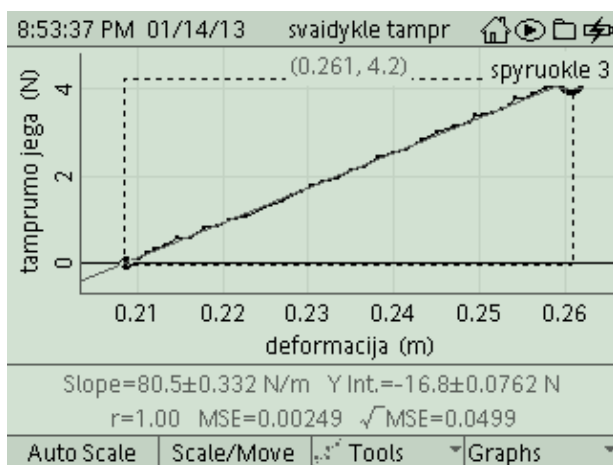
Eksperimento rezultatai analizuojami nagrinėjant jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafikus, gautus tiriant tris skirtingo standumo spyruokles. Gauti eksperimentiniai duomenys aproksimuojami tiesėmis ir pagal tiesių krypties koeficientus nustatomi tirtų spyruoklių standumo koeficientai (3 pav. a, b, c)



**3 a pav.** Juoda spyruoklė. Standumo koeficientas  $k_j = 132 \pm 0,366 \text{ N/m}$



**3 b pav.** Mėlyna spyruoklė. Standumo koeficientas  $k_m = 111 \pm 0,0564 \text{ N/m}$



**3 c pav.** Raudona spyruoklė. Standumo koeficientas  $k_r = 80.5 \pm 0,332 \text{ N/m}$

Eksperimento metu grafiškai nustatytas spyruoklių standumo koeficientų vertes palyginkite su kataloge pateiktosiomis ir raskite procentinį santykinį skirtumą:

$$\%skirtumas = \left| \frac{k_{(kataloge)} - k_{(eksprementinė)}}{k_{(kataloge)}} \right| \times 100\%$$

Matavimo rezultatus, skaičiavimus, išvadas ir atsakymus į klausimus mokiniai pateikia laboratorinio darbo ataskaitos lape.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- Tyrimo rezultatų analizė parodė, kad gniuždant spyruokles, juose atsirado tamprumo jėga, *tiesiog* proporcinga deformacijai visoms trimis tirtoms spyruoklėms: tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos *grafikai – tiesės*. Šiame matavimų intervale galiojo Huko dėsnis.
- Tyrimo rezultatų analizė parodė, kad spyruoklės buvo skirtingo standumo – grafikų krypties koeficientai skirtingi: didžiausias juodos spyruoklės tamprumo koeficientas, mažiausias – raudonos. Norint didesnio standumo spyruoklę ištempti tokiu pat ilgiu, kaip ir mažesnio, reikia didesnės jėgos.
- Tyrimo duomenys patvirtino keliamas hipotezes.

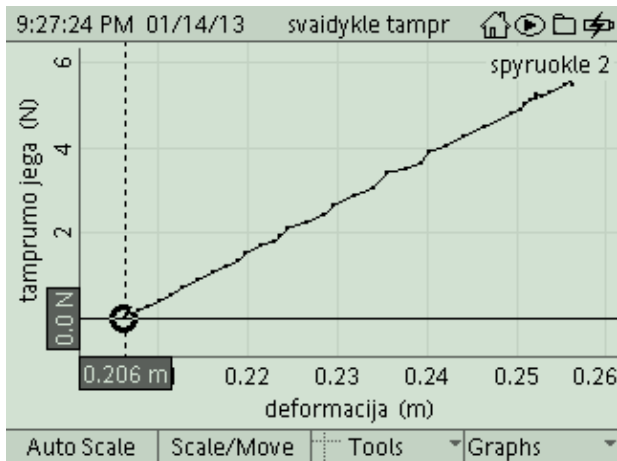
Jeigu tyrimą mokiniai atliko grupėmis, tuomet palygina grupėje gautus rezultatus su analogiškais rezultatais, gautais kitose grupėse. Apsvarstius grupių tyrimo rezultatus padaromos apibendrinamosios išvados.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

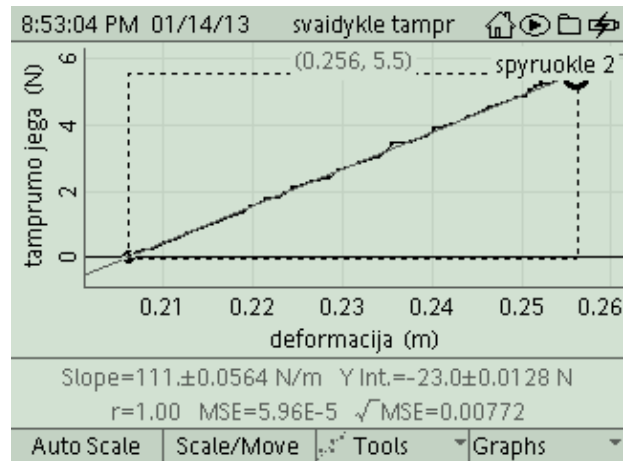
Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite Huko dėsnį.	1. Deformuoto kūno tamprumo jėga yra proporcinga absoliutinei deformacijai ir veikia jai priešinga kryptimi.
2. Kas yra absoliutinė deformacija ?	2. Deformuoto kūno matmenų pokytis vadinamas absoliutine deformacija.
3. Kas yra standumo koeficientas?	3. Tamprumo jėgos ir deformacijos santykis.
4. Kas sukelia gniuždymo deformaciją?	4. Dvi priešpriešiais veikiančios jėgos.
5. Ką fizikoje reiškia tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafiko krypties koeficientas?	5. Standumo koeficientą (tai tiesinės grafiko dalies krypties koeficientas).
6. Užrašykite $y = mx + b$ lygtis tamprumo jėgos nuo deformacijos grafikams (tirtoms spyruoklėms):  Juodai ..... Mėlynai ..... Raudonai .....	6. Mėlynai spyruoklei, pagal grafiką (4 c pav.): $F_{tampr} = 112 \frac{N}{m} \cdot x - 0,017 N$
7. Palyginkite deformuojančias jėgas, reikalingas sugniuždyti 1cm ilgio juodąją ir tokio pat ilgio raudonąją spyruoklę?	7. $\frac{F_{juoda}}{F_{raudona}} = \frac{k_{juoda}}{k_{raudona}} =$ $= 132 (N/m)/80 (N/m) = 1,65$ Juodajai spyruoklei sugniuždyti reikia 1.65 karto didesnės jėgos, negu tokio pat ilgio raudonajai spyruoklei.
8. Kaip manote, dėl ko skyrėsi spyruoklių standumai?	8. Dėl gamybos technologijos, naudotų skirtingų medžiagų ir t.t.
9. Kur savo aplinkoje susiduriate su gniuždymo deformacijomis?	9. Pastatų atraminės kolonos, kojų kaulai ir t. t.

### Rekomendacijos mokytojui:

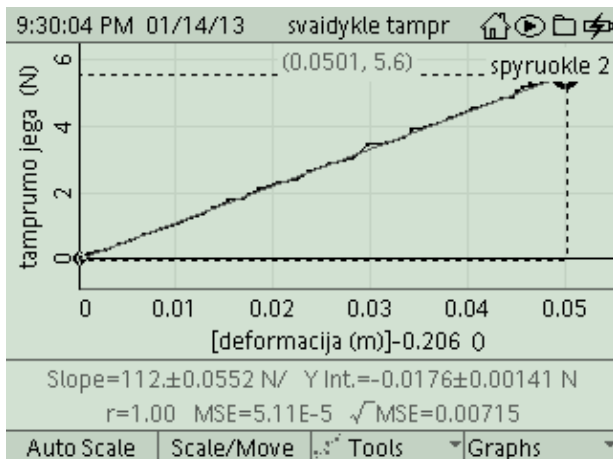
1. Kad grafikas prasidėtų koordinatų pradžioje, GLX skaičiuoklio lange užrašoma lygtis, pagal kurią iš kiekvieno paskesniojo atstumo iki vežimėlio atimamas jo pradinis atstumas iki vežimėlio. Pvz.: nagrinėjamu atveju bus [deformacija (m) -0,206]. Pradinį vežimėlio atstumą iki atstumo/judėjimo jutiklio matome (4 a pav.). Koku dydžiu padidėjo vežimėlio atstumas iki judėjimo jutiklio, tokiu pat dydžiu sutrumpėjo spyruoklė. Tiesių krypties koeficientai lieka vienodi (4 b pav. ir 4 c pav.) ir standumo koeficientas abiem atvejais gaunamas tas pats.



**4 a pav.** GLX'o ekrane stebimas jėgos – padėties besibrežiantis grafikas. Stambus taškas grafike rodo matavimo pradžią: spyruoklę deformuojanti jėga (kartu ir tamprumo jėga lygi 0, o vežimėlis nuo atstumo jutiklio buvo 0,206 m atstumu. Gniuždant spyruoklę vežimėlis tolo nuo padėties jutiklio. Baigiant matuoti, vežimėlio atstumas iki padėties jutiklio buvo 0,256 m (4 b pav.). Taigi tyrimo metu spyruoklė sutrumpėjo dydžiu  $\Delta x = (0,256 - 0,206) = 0,05$  m.



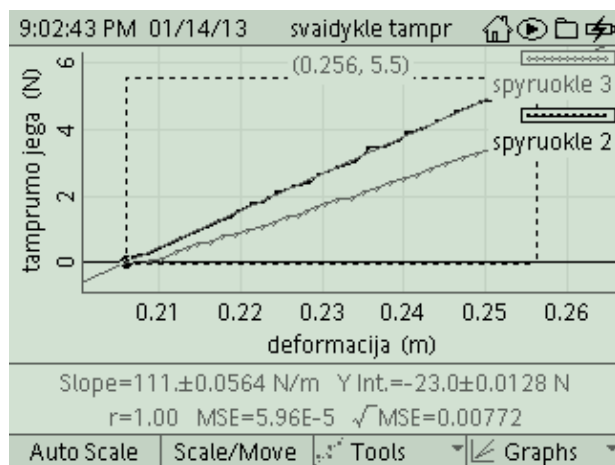
**4 b pav.** Mėlynosios spyruoklės standumo koeficientas nustatytas pagal grafiko krypties koeficientą  $k_m = (111 \pm 0,0564) \text{ N/m}$ . Skliausteliuose virš grafiko matome galutinį vežimėlio atstumą nuo jutiklio ir jėgos dydį (5,5 N).



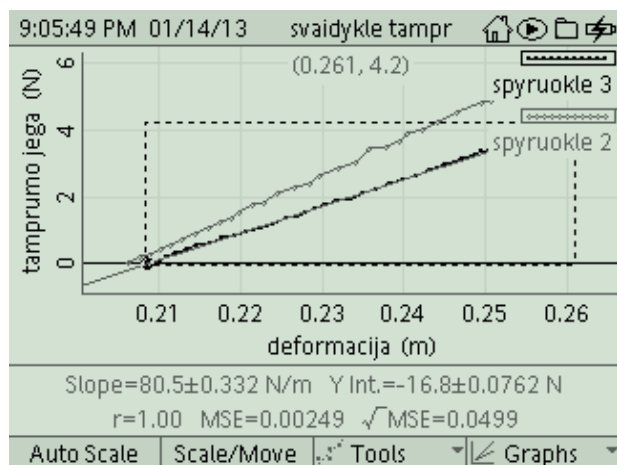
**4 c pav.** Tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafikas pertvarkytas taip, kad deformacija matuojama nuo 0. Šiuo atveju vertikaloji sankirta  $Y \text{ Int.} = 0,0176 \pm 0,00141 \text{ N}$  reiškia deformuojančią jėgą, kol spyruoklė dar nebuvo gniuždoma. (Netiksliai nustatytas jėgos jutiklio 0)

2. Palyginti spyruoklių standumo koeficientus labai patogiu du matavimus parodant viename GLX'o ekrane.  
Pateikiame pavyzdį:





**5 a pav.** Skirtingo standumo spyruoklių tamprumo jėgos nuo deformacijos grafikų krypties koeficientai skirtingi. Dirbant grafiniame ekrane, pasinaudojus komanda *Two Runs* (5), ekrane atsiranda du grafikai. Vienas iš jų – juodas / tamsesnis, antrasis – pilkas / šviesesnis. Duomenys ir veiksmai priskiriami tamsesniajam. Čia tamsesnis mėlynos spyruoklės grafikas. Užrašė po grafiku matome mėlynos spyruoklės standumo koeficientą



**5 b pav.** Norėdami patamsinti antrąjį grafiką, keliaujame į matavimų seriją, įvardintą „Spyruoklė 3“. Šiame paveiksle tamsesnis raudonos spyruoklės grafikas. Po grafiku matome raudonos spyruoklės standumo koeficientą.

### 3.1.6. SVYRUOJANČIO KŪNO ENERGIJOS VIRSMAI

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

5. Svyravimai ir bangos	
<p><b>Nuostata</b> Domėtis šiuolaikinėmis technologijomis ir jų raida.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti periodinius vyksmus kaip svyravimus ir bangas, atpažinti juos gamtoje, buityje ir technikoje, klasifikuoti šių reiškinių įvairovę pagal būdingus požymius.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.1. Skirti ir analizuoti laisvuosius ir priverstinius, harmoninius ir neharmoninius svyravimus, <...>.	5.1.1. Apibūdinti vidines ir išorines jėgas, sukeliančias laisvuosius ir priverstinius svyravimus. 5.1.2. Apibūdinti harmoninius ir neharmoninius svyravimus ir juos nusakančius parametrus. 5.1.4. <...> nurodyti energijos virsmus šiose sistemose laisvųjų svyravimų atveju.

2. Judėjimas ir jėgos	
<p><b>Nuostata</b> Domėtis mechaninius procesus apibūdinančiais dėsniais ir jų taikymu moksle, technikoje ir kasdieniame gyvenime, remtis jais įvairioje veikloje.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti pagrindinius judėjimo ir tvermės dėsnius aiškinant įvairių mechanizmų veikimą ir energijos virsmus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.4. Taikyti tvermės dėsnius analizuojant mechaninės energijos virsmus ir sprendžiant uždavinius. Atlikti energijos tvermės dėsnio tyrimą.	2.4.1. Apibūdinti potencinę ir kinetinę energiją, mechaninį darbą, galią ir jų sąryšius. 2.4.3. Nusakyti mechaninės energijos tvermės dėsnį.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Harmoningai svyruojančio kūno pilnutinė energija lygi jo kinetinės ir potencinės energijų sumai:  $E = E_k + E_p = const$ .

Ant spyruoklės pakabinto svyruojančio pasvaro pilnutinė energija lygi:

$$E = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2},$$

čia:  $x = A \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$  – kūno poslinkis (nuokrypis) nuo pusiausvyros padėties,  
 $v = \frac{dx}{dt} = -\omega_0 \cdot A \cdot \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$  – jo svyravimo greitis. Maksimali greičio vertė

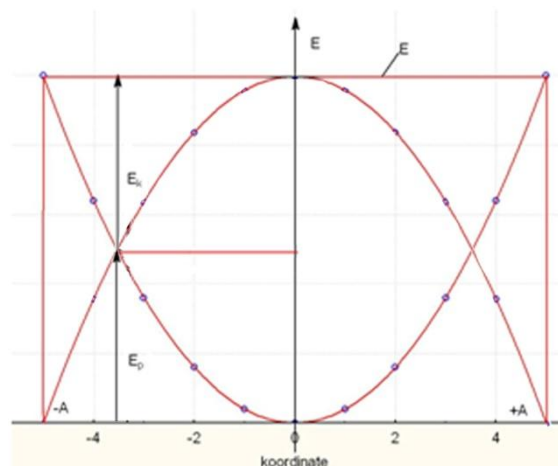
$$v_{max} = \omega_0 \cdot A.$$

$$\text{Kraštinėse padėtyse } E = E_{p_{max}} = \frac{k \cdot x_{max}^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2},$$

$$\text{o pereinant pusiausvyros padėtį: } E = E_{k_{max}} = \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{m\omega_0^2 \cdot A^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2}.$$

Vadinasi, svyruojančios sistemos potencinei energijai mažėjant didėja kinetinė energija ir atvirkščiai. Šie virsmai atitinka mechaninės energijos tvermės dėsnį. Todėl harmoningo svyravimo pilnutinė energija nekinta ir visą laiką lygi  $\frac{k \cdot A^2}{2}$ . (1 pav.). Taigi, svyruojančio kūno pilnutinė energija priklauso tik nuo svyravimo amplitudės ir spyruoklės standumo. Šie teiginiai ir išvados tinka tik harmoningai svyruojančiai kūnų sistemai.

***Paveikslą reiktų panašiai tokį rodyti kur vaizduojamos grafiškai abi energijos***



**1 pav.** Harmoningo svyravimo pilnutinė energija nekinta ir visą laiką lygi  $\frac{k \cdot A^2}{2}$ .

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**.

Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. žinodami, kokie energijų virsmai vyksta harmoningai svyruojančio kūno atveju, užrašo svyravimą, gauna potencinės energijos grafiką, iš jo nustato maksimalią potencinę energiją. Gauna kinetinės energijos grafiką. Iš jo nustato maksimalią kinetinę energiją. Gauna potencinės ir kinetinės energijos sumos grafiką, iš kurio nustato pilnutinę svyravimo energiją. Palygina maksimalios potencinės ir maksimalios kinetinės energijos vertes bei pilnutinės energijos vertę. Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę sistemą *Xplorer GLX*. Darbą siūloma atlikti išnagrinėjus harmoningą svyravimą ir energijų virsmus. Darbą mokiniai grupėmis po 3–5 gali atlikti su skirtingo standumo spyruoklėmis. Rezultatų analizė ir aptarimas grupėse turi atskleisti pilnutinės harmoningai svyruojančio kūno energijos tvermę.

Formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kokie energijų virsmai vyksta pasvarui harmoningai svyruojant? Ar išsilaiko šiuo atveju pilnutinė energija?

**Tyrimo hipotezė.** Harmoningai pasvarui svyruojant, potencinė energija (elastinė) virsta kinetine ir atvirkščiai, o pilnutinė energija išsilaiko.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti maksimalios potencinės (elastinės) energijos vertę, maksimalios kinetinės energijos vertę. Įrodyti, kad pilnutinė energija išsilaiko.

#### Laukiami rezultatai:

- Žinos kinetinės ir potencinės (elastinės) energijų išraiškas ir mokės apskaičiuoti harmoningai svyruojančio kūno pilnutinę energiją.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti harmoningai svyruojančio kūno koordinatės nuo laiko grafiką.
- Gebės koordinatės nuo laiko grafinius duomenis panaudoti kinetinės ir potencinės (elastinės) energijos skaičiavimui, dirbdamas *GLX*'o skaičiuoklio displėjuje.
- Gebės paaiškinti, nuo ko priklauso pilnutinė harmoningai svyruojančio kūno energija.

## Ekspimento priemonės ir medžiagos:

- Spyruoklių rinkinys;
- Krovinių su pakabukais rinkinys;
- Stovas su reikmenimis;
- Grafinis duomenų kaupiklis Xplorer GLX /PASPORT/;
- PASPORT Padėties jutiklis (*Motion Sensor*).

*Nebūtina:*

- Elektroninės svarstyklės;
- Kompiuteris su įdiegta „DataStudio“ programa.



2 pav. Įrenginio sumontavimo stendas

## Darbo eiga:

### 1. Priemonių parengimas darbui

#### 1.1. Įrenginio sumontavimas

Priemonės sumontuojamos kaip paveiksle (2 pav.):

- 1.1.1. Ant stovo skersinio pakabinama spyruoklė;
- 1.1.2. Ant jos pakabinama lėkštelė su kabliuku;
- 1.1.3. Po lėkštele pastatomas judesio jutiklis (jo darbinis paviršius nukreipiamas tiesiai į lėkštelės dugną).

Numatoma, kad apkrovus lėkštelę papildomomis masėmis ir išvedus sistemą iš pusiausvyros padėties, atstumas iki padėties jutiklio, pastatyto po lėkštele, būtų ne mažesnis kaip 15 cm.

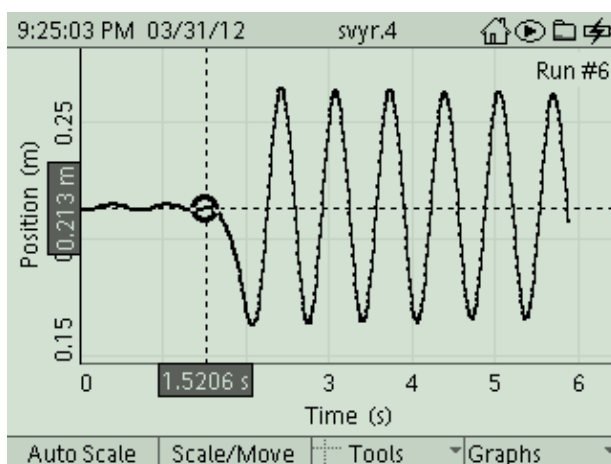
#### 1.2. GLX'o parengimas matavimui:

- 1.2.1. Į pirmąjį GLX'o lizdą (viršuje) įjungiamas judesio jutiklis.
- 1.2.2. Jungiklis ant judesio jutiklio korpuso perjungiamas į padėtį vežimėlis (*Cart*).
- 1.2.3. Atidaromas GLX'o *Home* ekranas, nukeliamas į *Sensors (F4)* ir pasirenkamas matavimų dažnis – 100 matavimų per sekundę.
- 1.2.4. Grįžę į grafinį ekraną, matome koordinatinių ašis: „y“ ašyje – padėtis (*Position, m*); „x“ ašyje – laikas (*Time, s*).

### 2. Matavimų procedūros:

2.1. Lėkštelei su pasirinkta mase esant pusiausvyros padėtyje, pradėdamas matavimas: nuspaudžiamas „Start“ mygtukas, po poros sekundžių sistema išvedama iš pusiausvyros padėties (reikia, kad sistema svyruotų stačiai ir svyruojanti masė su spyruokle nevibruotų į šonus. Ant stovo pagrindo uždedamas masyvų kūną).

2.2. Po kelių svyravimų, stebėdami ekrane besibėžiantį grafiką, nuspauskite tą patį „Start“ mygtuką ir baikite matavimą. GLX ekrane atsiranda vaizdas, kaip 3 pav.



3 pav. Harmoningai svyruojančio kūno koordinatės nuo laiko tikralaikis grafikas

*Pastaba:* Jeigu sistema pradėjo svyruoti į šonus arba atsirado kitų nesklaidumų matuojant (sukliudė ranka arba kabelis), matavimą kartokite tol, kol gausite tobulą svyravimo užrašymą. *Matavimų duomenis išsaugokite GLX'e:*

Home → Data Files → Save (F2) → Files (F4) → Rename (3) ir dar kartą → Save (F2).  
Grįžkite į išsaugotą Failą.

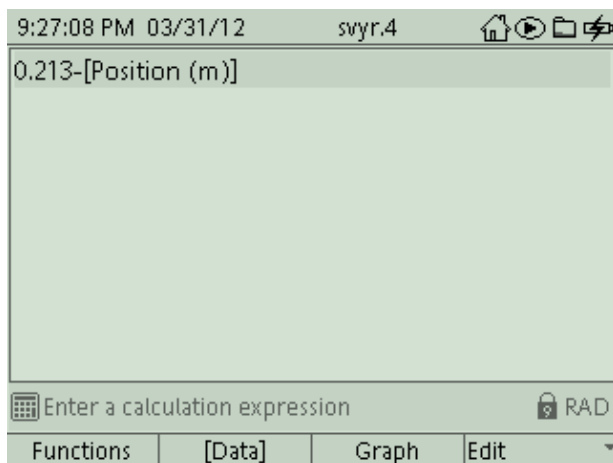
Jei norite išsaugoti GLX'o Flash'e: Home → Data Files → Copy File (F3) → OK ir su dešine rodykle iš RAM → Flash → Save (F2).

### 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

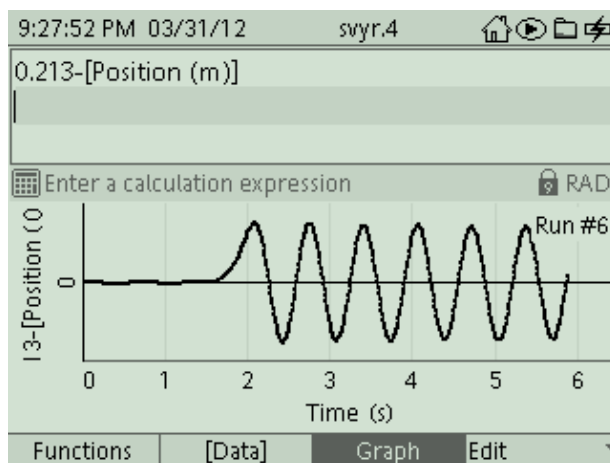
#### Harmoningai svyruojančio kūno koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiko brėžimas

Jūsų sistema svyravo apie pradinę padėtį 0,213 m atstumu nuo judesio jutiklio. Kur kas patogiau matyti svyravimą apie 0 padėtį.

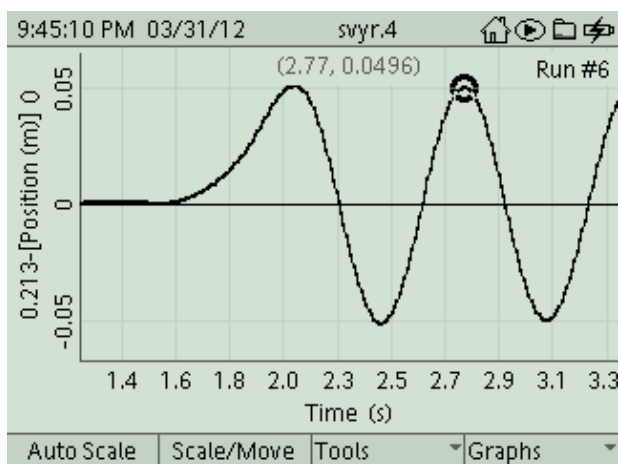
Tai atliekama taip: atsidarę GLX skaičiuoklio langą (F3), užrašome pradinę padėties koordinatę ir iš jos atimame padėties nuo laiko duomenis (4 a pav.).



**4 a pav.** Skaičiuoklio lange užrašome: 0,213 –, po to – spaudžiame *Data*, iš ten paimame (*Position, m*). Atsiranda lygtis, kurią matote GLX kalkuliatoriaus lango viršuje. Paspaudžiame patvirtinimo mygtuką.



**4 b pav.** Spustelėjus *Graph*, skaičiuoklio lange po užrašyta lygtimi atsiranda grafikas, vaizduojantis svyravimą apie 0 įvardintą pusiausvyros padėtį. Norėdami jį nutrinti, dar kartą spustelėkite *Graph*.



**4 c pav.** Grįžus į grafinį ekraną, išmaniuoju įrankiu (*Smart tool*) randama svyravimo amplitudė:

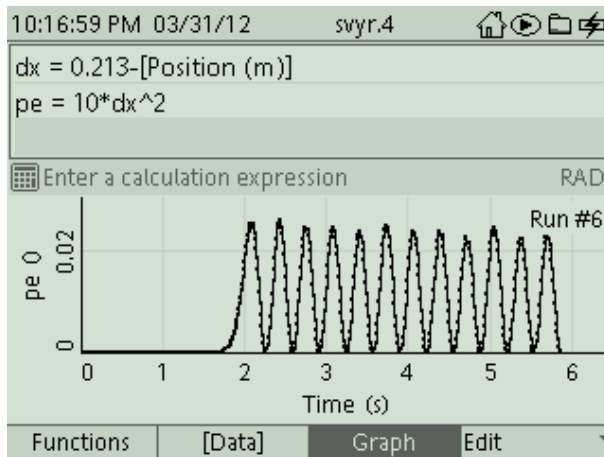
$$A = 0,0496 \text{ m.}$$

Apskaičiuojama pilnutinė svyravimo energija pagal lygtį:

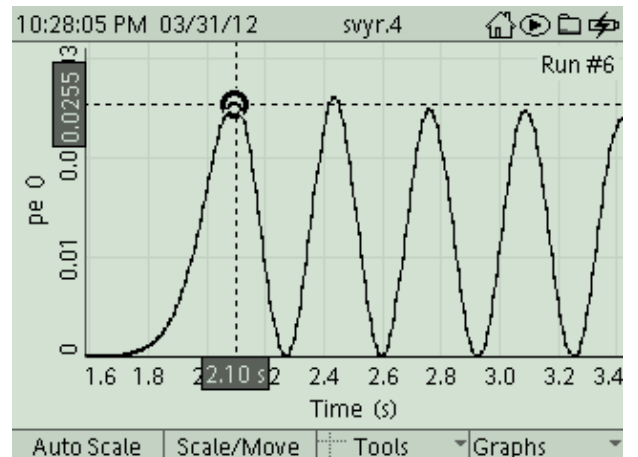
$$\frac{kA^2}{2} = 20 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \frac{(0,05)^2 \text{m}^2}{2} = 0,025 \text{ (J)}.$$

Čia  $k = 20 \text{ N/m}$ .

3.1. GLX kalkuliatoriaus lange užrašoma lygtis potencinei energijai apskaičiuoti ir nubrėžiamas potencinės energijos ( $p_e$ ) nuo laiko grafikas.

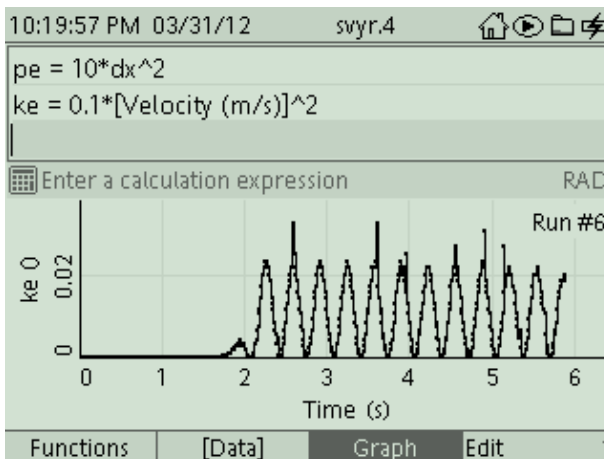


**5 a pav.** GLX'o skaičiuoklio lange įrašius deformuotos spyruoklės potencinės energijos išraišką  $pe = 10 \cdot dx^2$ , peržiūrimas potencinės energijos nuo laiko grafikas. Palyginkite šį grafiką su koordinatės nuo laiko grafiku (3 pav.)

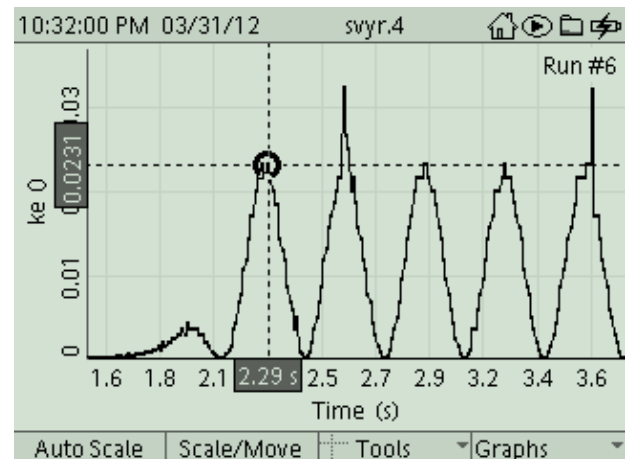


**5 b pav.** GLX'o grafiniame lange potencinės energijos „pe“ grafikas padidinamas ir sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) atskaitoma maksimali potencinė energija. Mūsų atveju ji lygi 0,0255 J

3.2. GLX skaičiuoklio lange užrašoma lygtis kinetinei energijai apskaičiuoti ir nubrėžiamas kinetinės energijos priklausomybės laiko grafikas. (Paveiksluose 6 a pav. ir 6 b pav. ji pažymėta „ke“).



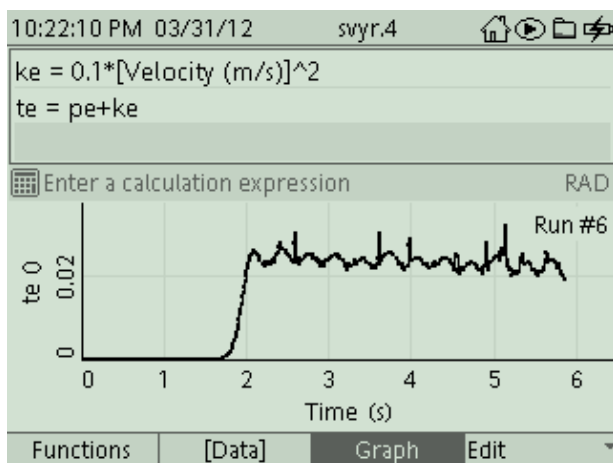
**6 a pav.** GLX'o kalkuliatoriaus lange įrašius spyruoklės kinetinės išraišką:  $ke = 0,5 \cdot m \cdot v^2$ , peržiūrimas kinetinės energijos nuo laiko grafikas (čia  $m = 200$  g).



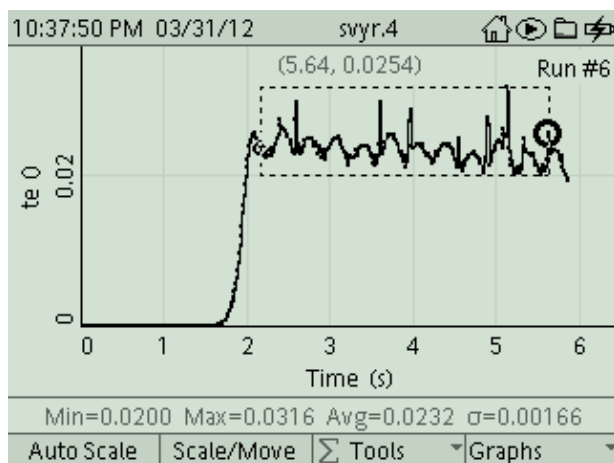
**6 b pav.** GLX'o grafiniame lange kinetinės energijos „ke“ grafikas padidinamas ir išmaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) atskaitoma maksimali kinetinė energija. Mūsų atveju ji lygi 0,0231 J. Palyginkite šį grafiką su potencinės energijos grafiku (6 pav. a, b.)

3.3. GLX skaičiuoklio lange užrašoma lygtis, pilnutinei svyravimo energijai (paveiksluose 7 a pav ir 7 b pav. ji pažymėta „te“) apskaičiuoti ir nubrėžiamas pilnutinės energijos priklausomybės nuo laiko grafikas.





**7 a pav.** GLX'o skaičiuoklio lange įrašius pilnutinės „te“ energijos išraišką:  $te = pe + ke$ , peržiūrimas šios energijos nuo laiko grafikas.



**7 b pav.** GLX'o grafiniame lange „te“ grafikas padidinamas, *Delta Tool* ir statistikos (*Statiscs*) įrankiu randama vidutinė suminė harmoningai svyruojančios sistemos energija per visą matavimo laiką (per 5 periodus). Mūsų atveju ji per 5 periodus nekito ir buvo lygi 0,0232 J. Pastebėjimas: Atskaitant kinetinę energiją (6 b pav.), geriau naudotis ne *SmartTool*, bet statistikos (*Statiscs*) įrankiu

### Mokiniai padaro išvadas:

- ar tyrimo duomenys parodė, kad kraštinėse padėtyse harmoningai svyruojančio kūno pilnutinė energija lygi:  $E = E_{p_{max}} = \frac{k \cdot x_{max}^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2}$ . Pailiustruokite tyrimo duomenimis.
- ar tyrimo duomenys parodė, kad svyruojančiam kūnui pereinant pusiasvyros padėtį pilnutinė energija lygi:  $E = E_{k_{max}} = \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2}$ . Pailiustruokite tyrimo duomenimis.
- ar tyrimo duomenys patvirtino, kad svyruojančio kūno potencinė energija periodiškai virsta kinetine ir atvirkščiai?
- Palyginkite savo grupėje gautus rezultatus su analogiškais rezultatais, gautais kitose grupėse.
- Apsvarstykite grupių tyrimo rezultatus ir padarykite apibendrinamąsias išvadas, atsakančias į tyrimo užduoties klausimus.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Kam lygi harmoningai svyruojančio kūno pilnutinė energija?	1. Harmoningai svyruojančio kūno pilnutinė energija lygi jo kinetinės ir potencinės energijų sumai: $E = E_k + E_p = const.$
2. Kam lygi harmoningai svyruojančio kūno pilnutinė energija kraštinėse padėtyse?	2. $E = E_{p_{max}} = \frac{k \cdot x_{max}^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2},$
3. Kam lygi harmoningai svyruojančio kūno pilnutinė energija pereinant pusiausvyros padėtį?	3. $E = E_{k_{max}} = \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{m \cdot \omega_0^2 \cdot A^2}{2} = \frac{k \cdot A^2}{2}.$

**Papildoma užduotis:**

Tarkime, jūs turite spyruoklę, kurios standumas du kartus mažesnis. Jeigu eksperimentą atliktumėte su ta pačia svyruojančia mase, kokia būtų:

- maksimali kinetinė energija?
- maksimali potencinė energija?
- pilnutinė energija?

Atlikite tyrimą ir atsakymą pailustruokite tyrimo duomenimis.

### 3.1.7. ŠOKINĖJANČIO KAMUOLIO ENERGIJŲ VIRSMAI

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11 klasė.

#### 2. Judėjimas ir jėgos

##### Nuostata

Domėtis mechaninius procesus apibūdinančiais dėsniais ir jų taikymu moksle, technikoje ir kasdiniame gyvenime, remtis jais įvairioje veikloje.

##### Esminis gebėjimas

Taikyti pagrindinius judėjimo ir tvermės dėsnius aiškinant įvairių mechanizmų veikimą ir energijos virsmus.

##### Gebėjimai

2.4. Taikyti tvermės dėsnius analizuojant mechaninės energijos virsmus ir sprendžiant uždavinius. Atlikti energijos tvermės dėsnio tyrimą.

##### Žinios ir supratimas

2.4.1. Apibūdinti potencinę ir kinetinę energiją, mechaninį darbą, galią ir jų sąryšius.

2.4.3. Nusakyti mechaninės energijos tvermės dėsnį.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Konservatyvios sistemos mechaninė energija nekinta:  $E_p + E_k = const$ . Vadinasi, kiek padidėja kūno kinetinė energija, tiek turi sumažėti jo potencinė energija, o šių energijų pokyčių suma turi būti lygi nuliui.

Tačiau, jeigu sistema uždara, bet nekonservatyvi (pav. veikia trinties ar kitos jėgos), tokios sistemos mechaninė energija mažėja, dalis jos mechaninės energijos virsta vidine energija. Tokiai sistemai galioja pilnutinės energijos tvermės dėsnis, t.y. sistemos mechaninės ir vidinės energijų suma nekinta.

#### LABORATORINIO DARBO METODIKA

GLX'u gaunamas šokinėjančio kamuolio koordinatės nuo laiko grafikas. Pagal šiuos duomenis, nubraižomi potencinės ir kinetinės energijos nuo laiko grafikai, bei pilnutinės mechaninės energijos nuo laiko grafikas.

Mokiniai mokosi dirbti GLX'o grafiniame ir kalkuliatoriaus displejuje. Remdamiesi  $E_p$  ir  $E_k$  grafikų analize, aprašo šių energijų virsmus šokinėjančio kamuolio atveju, lygina juos su pilnutinės mechaninės energijos kitimu viso proceso metu ir stebi pilnutinės mechaninės energijos tvermę tarp smūgių į grindis metu.

Tyrimą galima organizuoti 3–5 mokinių grupėmis su skirtingos masės kamuoliais, metant juos iš skirtingo aukščio.

Aprašymas parengtas organizuojant laboratorinį darbą, kaip struktūruotą tyrinėjimą.

Papildoma šio tyrimo užduotis – rasti kamuolio atsistatymo po smūgio į grindis koeficientą, kuris kartais vadinamas „Restitucijos koeficientu“. Ši užduotis galėtų būti traktuojama, kaip IV tyrinėjimo lygio užduotis.

#### EKSPERIMENTAS

##### II lygmuo

##### Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kokie energijų virsmai vyksta šokinėjant kamuoliui? Ar išsilaiko mechaninė energija tarp smūgių į grindis metu?

**Tyrimo hipotezė.** Šokinėjant kamuoliui, pilnutinė mechaninė energija mažėja, o tarp smūgių į grindis – išsilaiko.

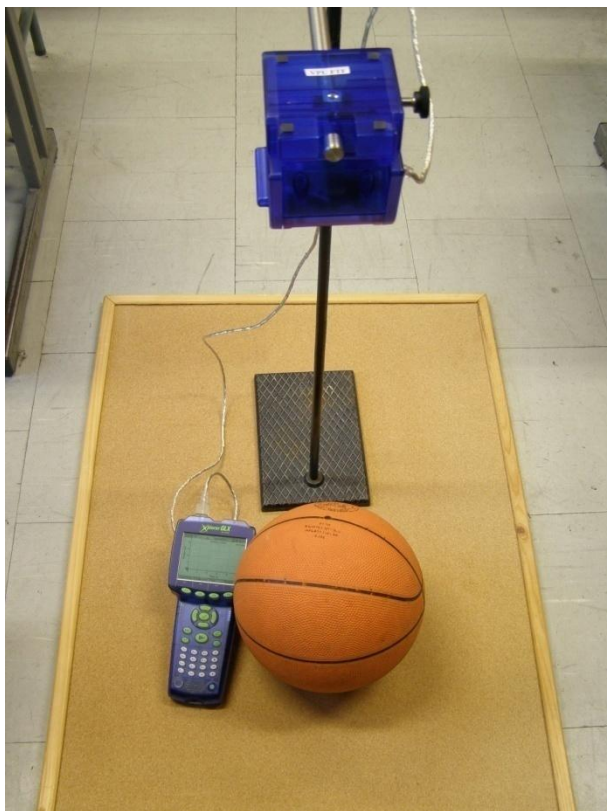
**Ekspirmiento tikslas** – įrodyti, kad tarp smūgių į grindis mechaninė energija išsilaiko.

**Laukiami rezultatai:**

- Pagilins savo žinias apie mechaninės energijos tvarumą ir energijų virsmus.
- Gebės gauti šokinėjančio kamuolio koordinatės nuo laiko grafiką ir pagal šiuos duomenis nubraižyti potencinės ir kinetinės energijos nuo laiko grafikus, bei pilnutinės mechaninės energijos nuo laiko grafiką.
- Gebės atlikti eksperimentinių duomenų apdorojimą ir jų grafinę analizę GLX grafiniame ir skaičiuoklio displejuje.
- Ugdys eksperimentavimo kultūrą.

**Ekspirmiento priemonės:**

- Kamuolys;
- Judesio / Atstumo jutiklis;
- Xplorer'is GLX;
- Universalusis stovas su reikmenimis.



**1 pav.** Atstumo jutiklis užmontas ant stovo skersinio ir sujungtas su GLX'u





**1 a pav.** Kamuolys laikomas 15–20 cm atstumu nuo atstumo jutiklio.

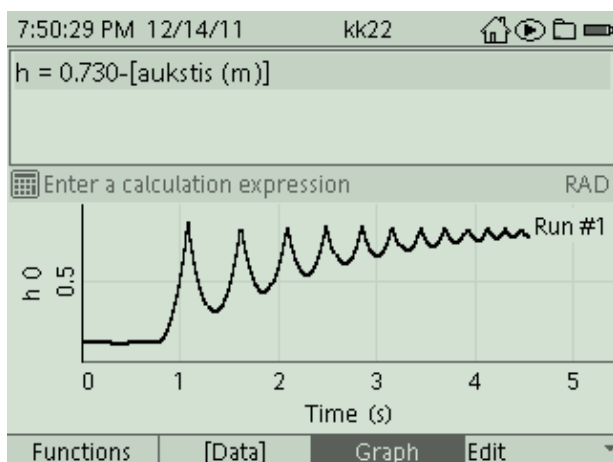
**Darbo eiga**

**1. Priemonių parengimas darbui:**

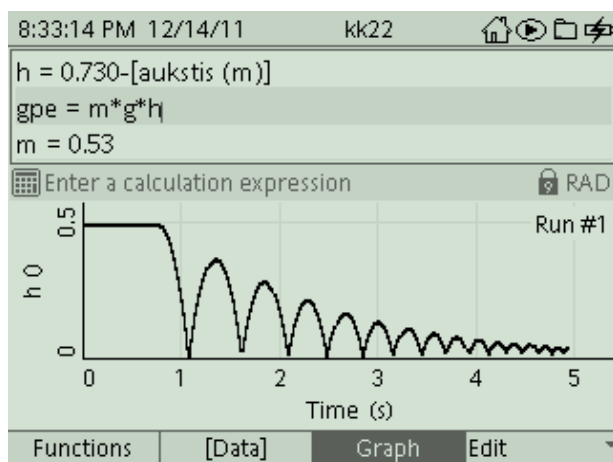
- 1.1. Sumontuokite stovą ir patikrinkite, ar grindys, toje vietoje, kur kris kamuolys, yra lygios.
- 1.2. Ant stovo skersinio, maždaug 1m aukštyje virš grindų, užmaukite atstumo jutiklį.
- 1.3. Atstumo jutiklio darbinį paviršių atsukite į grindis.
- 1.4. Atstumo jutiklį įjunkite į pirmąjį GLX lizdą.
- 1.5. Pasirinkite duomenų surinkimo dažnį 50 Hz.
- 1.6. Atsidarykite grafinį GLX langą.

## 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Pasverkite kamuolį. Kamuolio masę užrašykite ataskaitos lape.
- 2.2. Sumontuokite stovą ir ant jo skersinio užmaukite padėties / atstumo jutiklį. Padėties jutiklį įjunkite į pirmąjį GLX jutiklių lizdą. Grafinis ekranas atsivers automatiškai.
- 2.3. Kamuolį laikykite apie 20 cm nuo judesio jutiklio.
- 2.4. Spustelėkite paleidimo *Start*  mygtuką ir paleiskite iš rankų kamuolį laisvai kristi. Tegul jis pašoka nuo grindų bent kelis kartus.
- 2.5. Spustelėkite *Stop*  mygtuką. Gausite šokinėjančio kamuolio koordinatės nuo laiko grafiką padėties / atstumo jutiklio atžvilgiu (2 pav.).



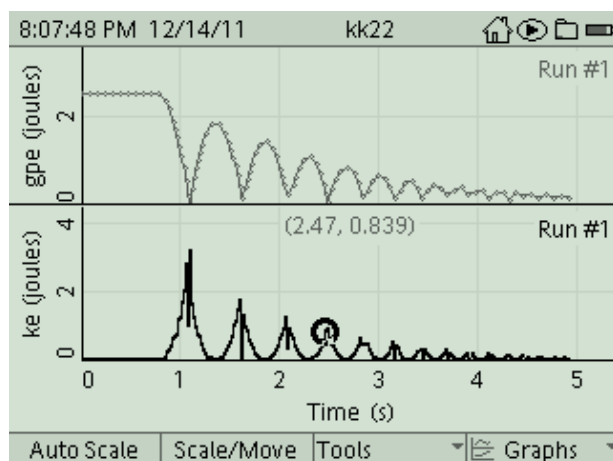
**2 pav.** Šokinėjančio kamuolio koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas judesio / atstumo jutiklio atžvilgiu.



**2 a pav.** Šokinėjančio kamuolio koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas žemės atžvilgiu.

## 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

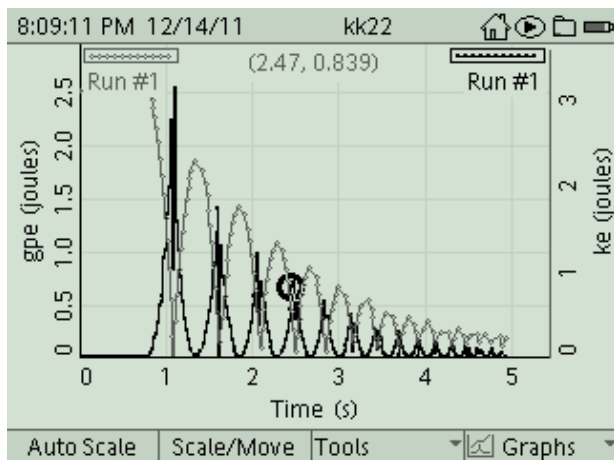
- 3.1. Spustelėkite *Home* → *F3* – pasirinkite skaičiuoklį (*Calculator*). Koordinatės nuo laiko grafiką padėties / atstumo jutiklio atžvilgiu, pertvarkykite į koordinatės nuo laiko grafiką žemės atžvilgiu: iš atstumo, nuo jutiklio iki kamuolio, gulinčio ant grindų, atimkite krintančio kamuolio padėties koordinatės judesio jutiklio atžvilgiu. Šias vertes paimekite iš duomenų lango (*Data*). (Plačiau žr. Veiksmų sekoje, šio aprašymo gale.)
- 3.2. GLX'o skaičiuoklio lange įveskite potencinės energijos  $E_p$  išraišką: (2 a pav. ji pažymėta  $gpe = mgh$ .) Įveskite sviedinio masę ( $m$ ) ir laisvojo kritimo pagreitį ( $g$ ), bei aukščio ( $h$ ) matavimo duomenis, iš duomenų lango (*Data*) (*F2*).
- 3.3. Peržiūrėkite potencinės energijos nuo laiko grafiką (Žr. 3 pav. viršutinis grafikas).
- 3.4. GLX skaičiuoklio lange įveskite kinetinės energijos išraišką (Paveiksluose ji pažymėta ( $ke$ )):
 
$$ke = \frac{mv^2}{2}.$$



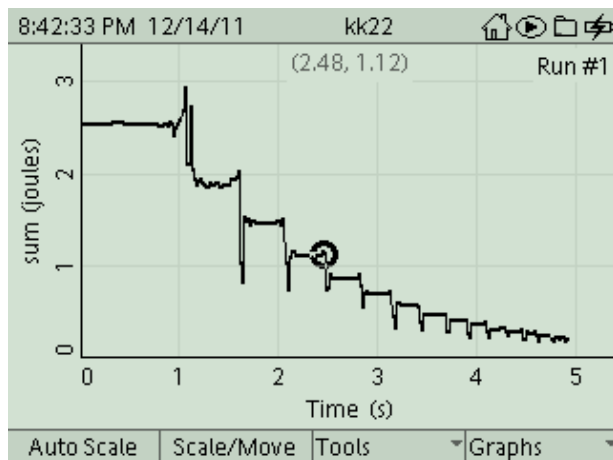
**3 pav.** Šokinėjančio kamuolio potencinės energijos ( $gpe$ ) grafikas viršuje, kinetinės ( $ke$ ) – apačioje.

Įveskite konstantas ir „ $v^2$ “ matavimų duomenis, pasinaudodami duomenų įvedimo funkcija (*Data*) *F2*. Greitį pakelkite kvadratu, pasinaudodami skaičiuoklio lange esančia funkcija (*Functions*) *F1*. Peržiūrėkite kinetinės energijos nuo laiko grafiką. (Žr. 3 pav. apatinis grafikas).

3.5. GLX'o skaičiuoklio lange įveskite pilnutinės mechaninės energijos  $E$  (Paveiksluose ji pažymėta „sum“) išraišką:  $sum = gpe + ke$ . Peržiūrėkite pilnutinės mechaninės energijos nuo laiko grafiką. (Žr. 4 pav.)



**3 a pav.** Grafiniame ekrane, pasinaudoję komanda du matavimai (*Two Measurements*) potencinės ir kinetinės energijos kitimo grafikus matome kartu.



**4 pav.** Šokinėjančio kamuolio pilnutinės mechaninės energijos kitimo grafikas.

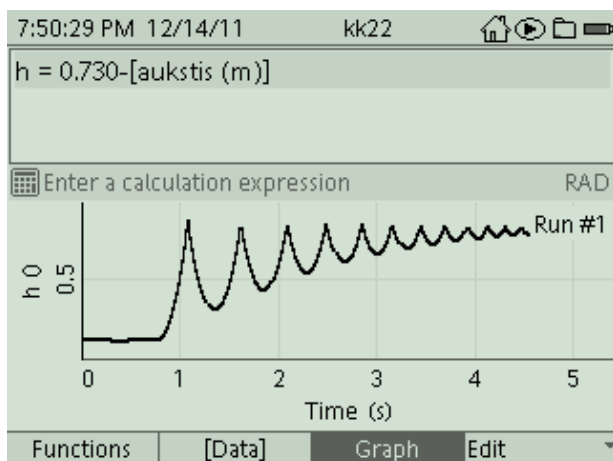
Kad geriau suprasti energijų virsmus šokinėjančio kamuolio proceso metu, parodykite  $E_p$ ,  $E_k$  (3 a pav.) ir pilnutinės mechaninės energijos (4 pav). grafikų kombinacijas.

### Rekomendacijos mokytojui

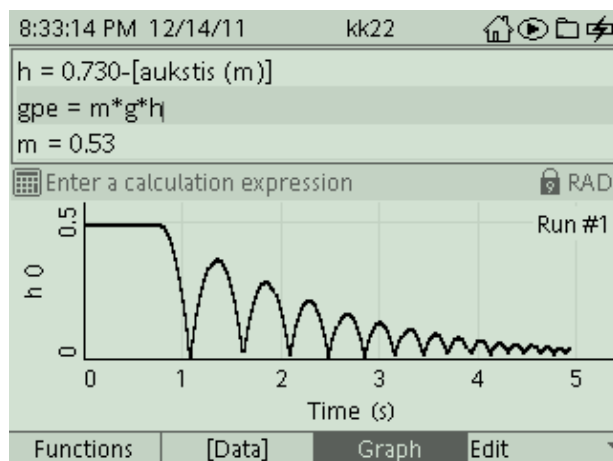
*Nuosekli veiksmų seka dirbant GLX grafiniame ir skaičiuoklio lange.*

Laboratorinio darbo „Šokinėjančio kamuolio energijų virsmai“ duomenų rezultatai ir jų analizė.

Gavę šokinėjančio kamuolio koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiką (1 a pav.), atkreipiame dėmesį į tai, kad jame padėtis buvo atskaitoma jutiklio atžvilgiu. Skaičiuojant potencinę energiją, mums reikalingas kamuolio koordinatės kitimas žemės atžvilgiu. Kad gautumėte reikiamą grafiką, atsidarę pagrindinį (*Home*) ekraną, jame pasirenkame skaičiuoklį (*Calculator*). Skaičiuoklio ekrane atsiranda pilkšva juosta ir pasiūlymas įrašyti formulę (*Enter a calculation*



**1 a pav.** Atsidarę pagrindinį padėties-laiko grafiką, (*Smart Tool*) įrankiu randame atstumą, nuo jutiklio iki kamuolio, gulinčio ant grindų. Mūsų atveju – 0,730 m. Iš jo atimame kamuolio koordinatę judesio jutiklio atžvilgiu. Ją paimame iš (*Data*)



**1 b pav.** Atsidarę *Graph*, peržiūrime šokinėjančio kamuolio koordinatės nuo laiko grafiką žemės atžvilgiu.

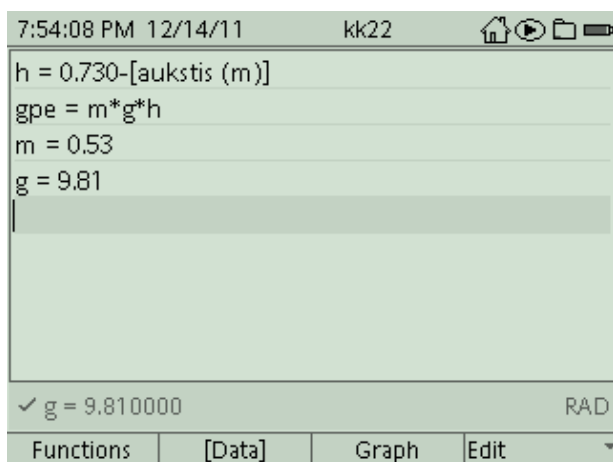


expression), pagal kurią norime skaičiuoti. Šiuo atveju, mums reikia iš atstumo nuo jutiklio iki kamuolio smūgio į grindis metu, atimti kamuolio padėties koordinatę jutiklio atžvilgiu.

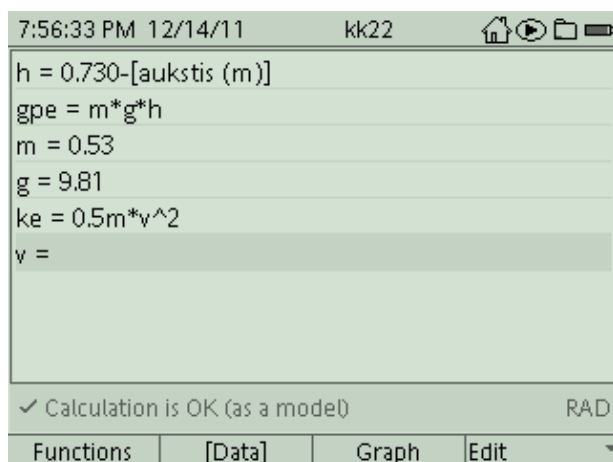
Atsidarę kamuolio koordinatės jutiklio atžvilgiu priklausomybės nuo laiko grafiką, *Smart Tool* įrankiu randame minėtą atstumą. Mūsų atveju – 0,730 m. Iš jo atimame kamuolio koordinatę bet kuriuo laiko momentu.

Toliau, užrašome lygtį, potencinei energijai skaičiuoti:  $gpe = mgh$ . GLX'as tuoj pat pasiūlo įrašyti konstantas:  $m$  ir  $g$ . Jas įrašome (2 a pav.).

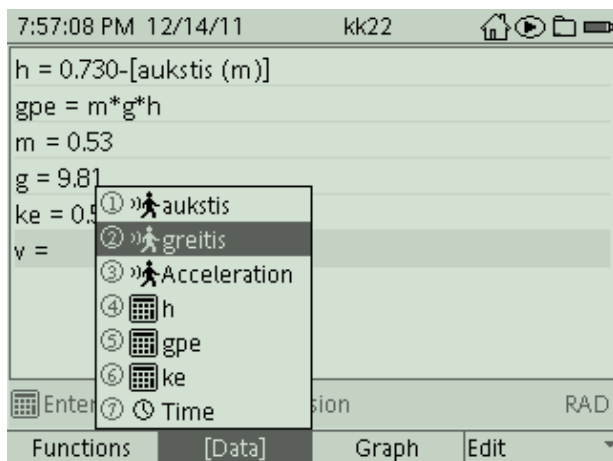
Toliau užrašome lygtį, kinetinei energijai skaičiuoti:  $ke = \frac{mv^2}{2}$ . GLX'as tuoj pat pasiūlo įrašyti  $v$  (2 b pav.). Jį įrašome iš (*Data*) (2 c pav.).



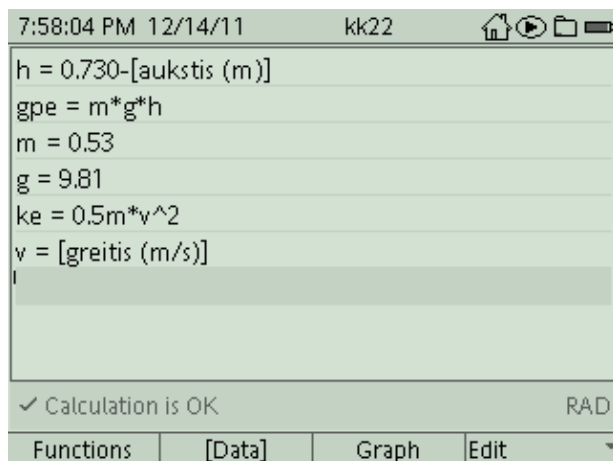
**2 a pav.** Įrašę potencinės energijos išraišką  $gpe = mgh$ . GLX'as tuoj pat pasiūlo įrašyti konstantas:  $m$  ir  $g$ . Jas įrašome.



**2 b pav.** GLX'as tuoj pat pasiūlo įrašyti greičio  $v$  duomenų šaltinį.

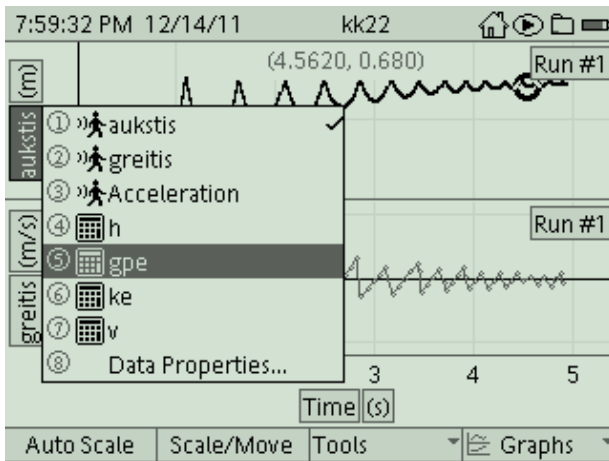


**2 c pav.** Greičio vertes paimame iš duomenų lango (*Data*).

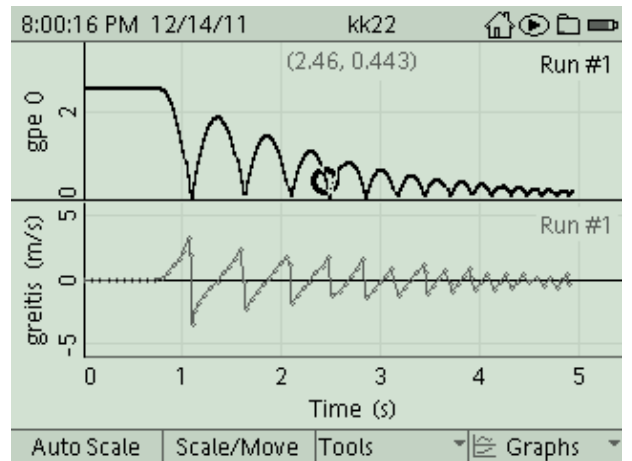


**2 d pav.** Greičio vertės bus paimtos iš duomenų, gautų braižant priklausomybės nuo  $t$  grafiką.

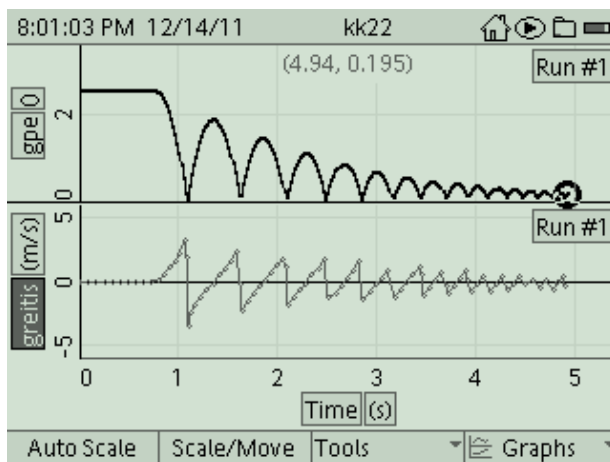
Grįžę į pagrindinius (matavimų) grafikus:  $h(m)$  grafike į „y“ ašį atidedame potencinę energiją „ $gpe$ “ (3 a pav.), o  $v$  priklausomybės nuo  $t$  grafike į „y“ ašį atidedame „ $ke$ “ (3 c pav.).



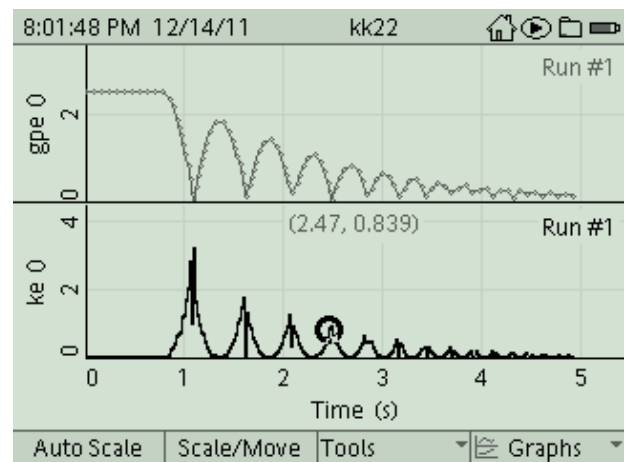
3 a pav. Grįžę į pagrindinį  $h(m)$  nuo  $t(s)$  grafiką į „y“ ašį atidedame potencinę energiją ( $gpe$ ).



3 b pav. Peržiūrimė potencinės energijos ( $gpe$ ) priklausomybės nuo  $t$  grafiką.

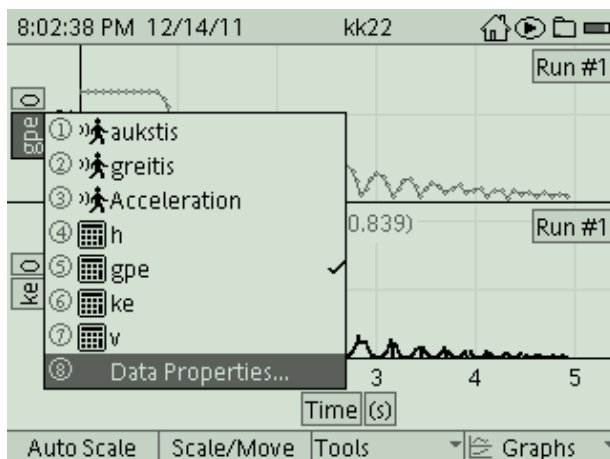


3 c pav. Greičio priklausomybės nuo laiko grafike į „y“ ašį atidedame kinetinę energiją ( $ke$ )

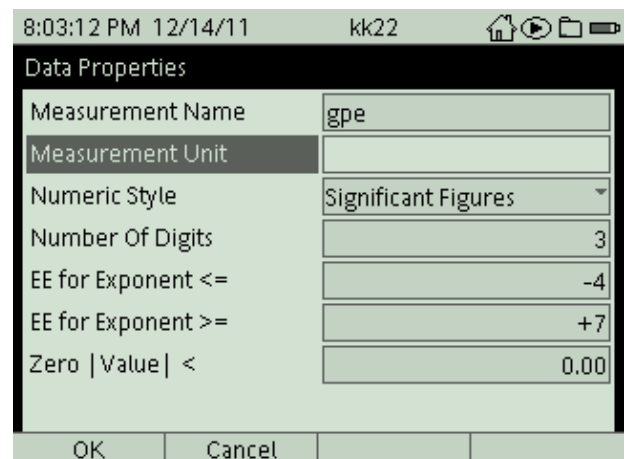


3 d pav. Atidėję į „y“ ašį kinetinę energiją ( $ke$ ) GLX ekrane stebime kinetinės energijos priklausomybės nuo laiko grafiką.

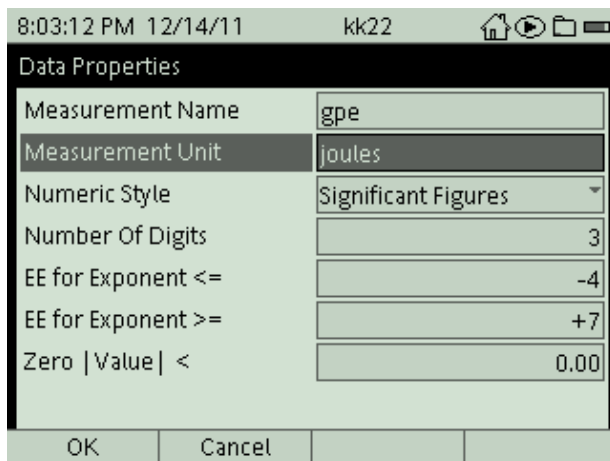
Pasinaudoję komandos (*Data Properties*) pasiūlymu, įvedame potencinės ir kinetinės energijos matavimo vienetus J (Joules) (4 a, b, c, d, e pav.).



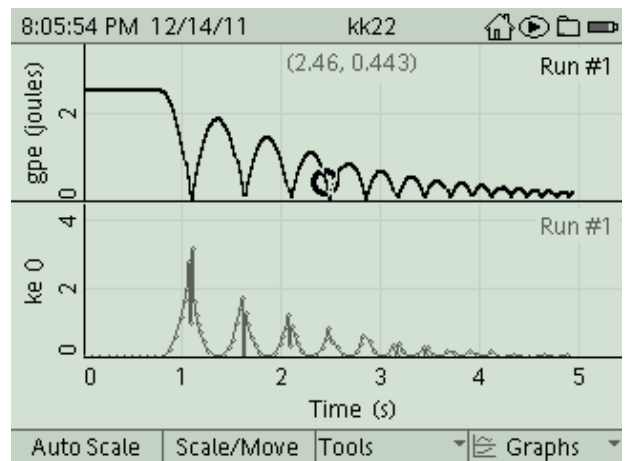
4 a pav.



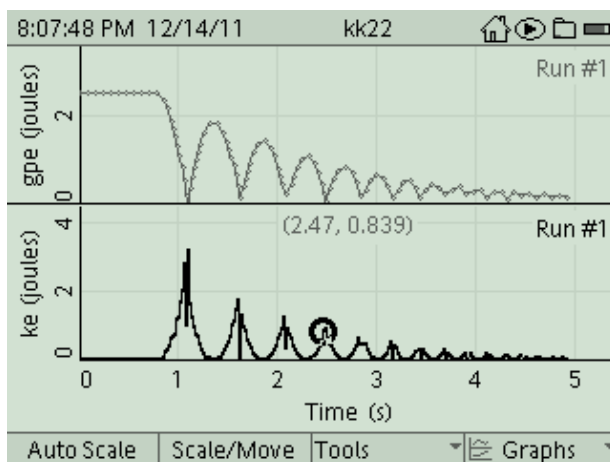
4 b pav.



4 c pav.



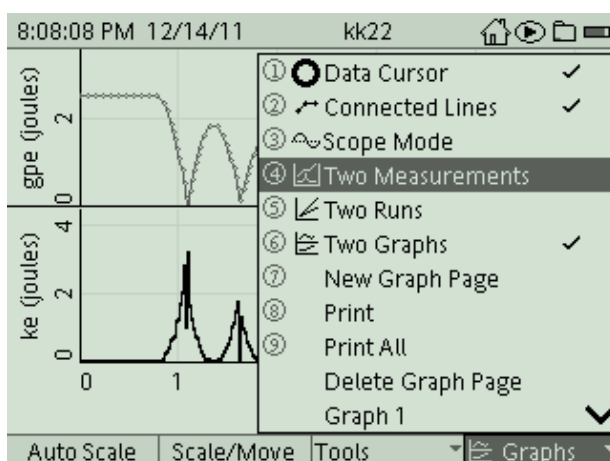
4 d pav.



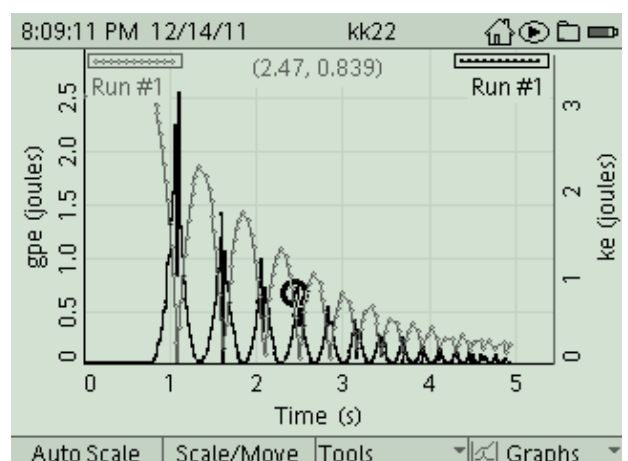
4e pav.

Išanalizuokite 4 e pav. grafiką ir parašykite išvadas.

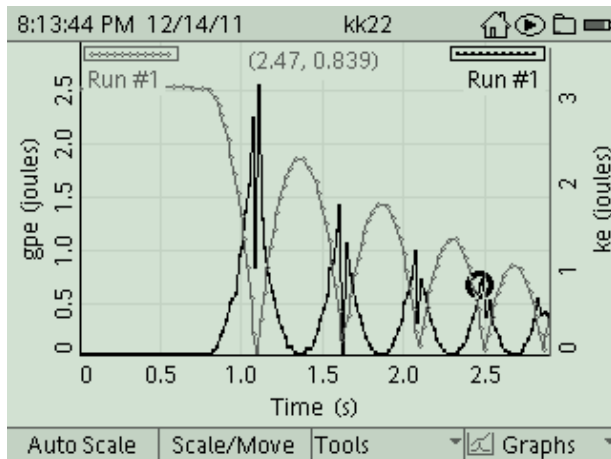
Analizuodami duomenis potencinės ir kinetinės energijos grafikus patogų turėti viename ekrane. Tai atliekama taip: keliaujame į grafikus (*F4*), pasirenkame du matavimus (*Two Measurements*) (5 a pav.) ir patvirtiname pasirinkimą (5 b pav.). Potencinės ir kinetinės energijos grafikai funkciniu mygtuku *F2* padidunami (5 c pav.).



5 a pav. Keliaujame į grafikus (*F4*), pasirenkame du matavimus (*Two Measurements*).

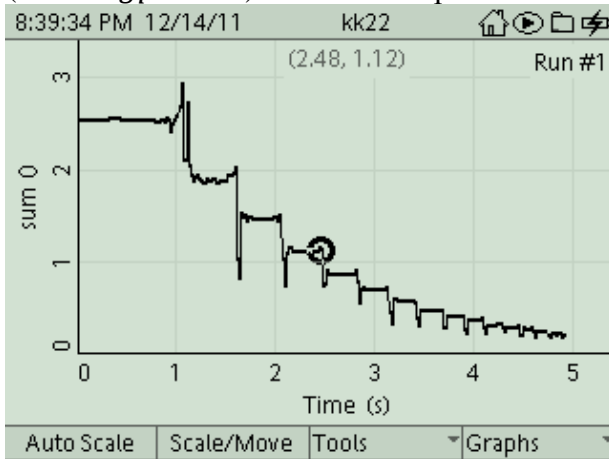


5 b pav. Patvirtinę pasirinkimą, ekrane stebime abu grafikus kartu.

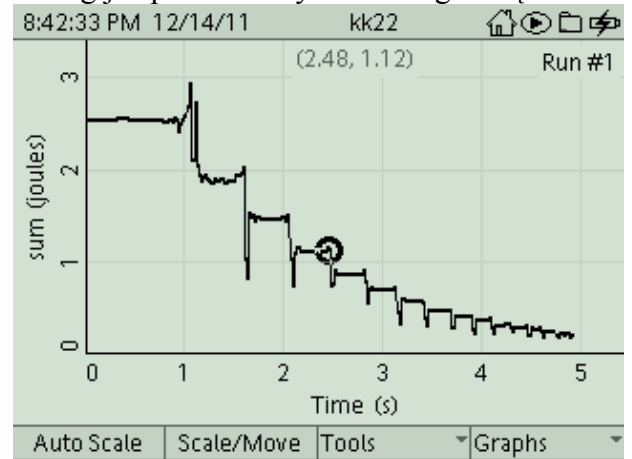


**5 c pav.** Pasinaudoję funkciniu mygtuku  $F2$ , potencinės ir kinetinės energijos grafikus padidiname.

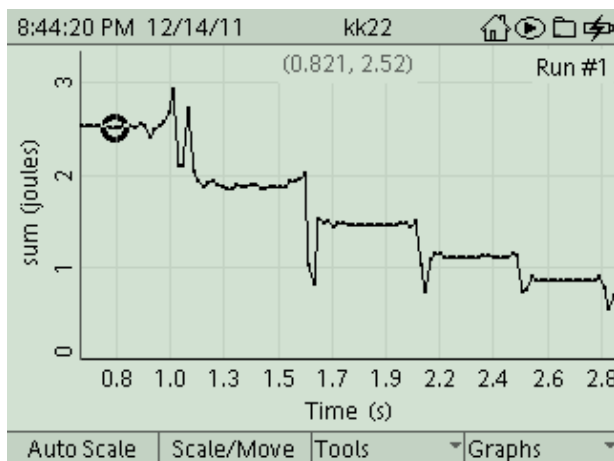
Grįžkite į skaičiuoklio ekraną, įrašykite lygtį, pagal kurią apskaičiuojama pilna mechaninė energija ( $sum = gpe + ke$ ) ir nubrėžkite pilnos mechaninės energijos priklausomybės nuo  $t$  grafiką:



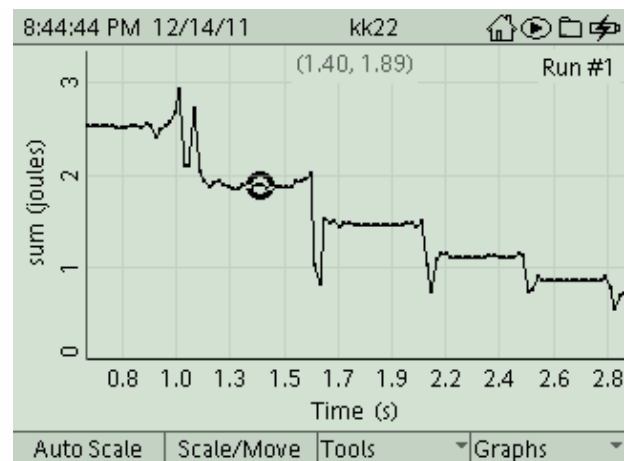
**6 a pav.** Nubrėžtas pilnos mechaninės energijos ( $sum$ ) priklausomybės nuo  $t$  grafikas



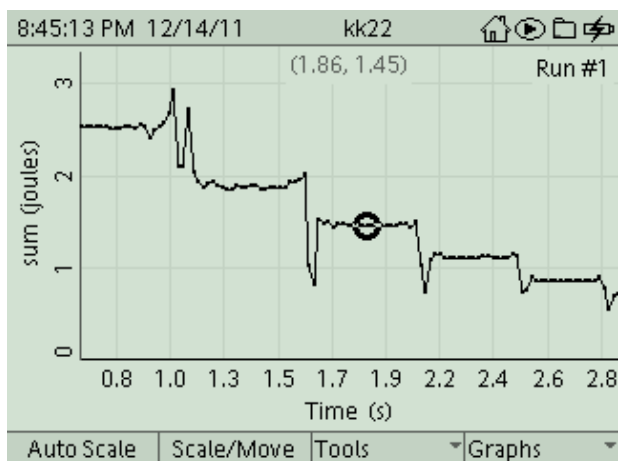
**6 b pav.** Pilnos mechaninės energijos ( $sum$ ) priklausomybės nuo  $t$  grafikas su įvardintais pilnos mechaninės energijos vienetais Džauliais (Joules).



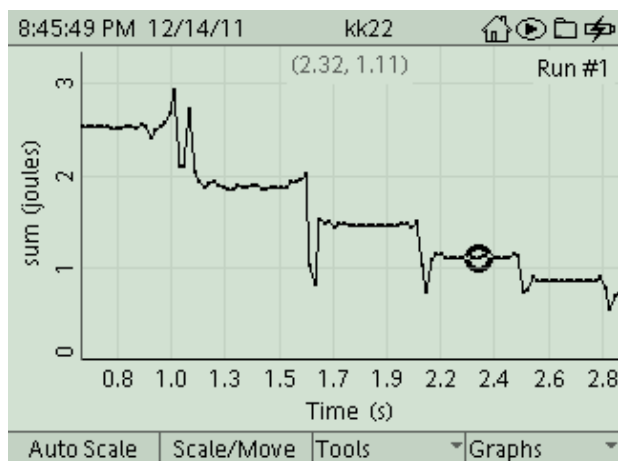
**6 c pav.** Pilnutinės mechaninės energijos ( $sum$ ) priklausomybės nuo  $t$  grafikas padidintas. Išmanusis įrankis (*Smart Tool*) rodo pilnutinės mechaninės energijos vertę prieš pirmą smūgį 2,52 J.



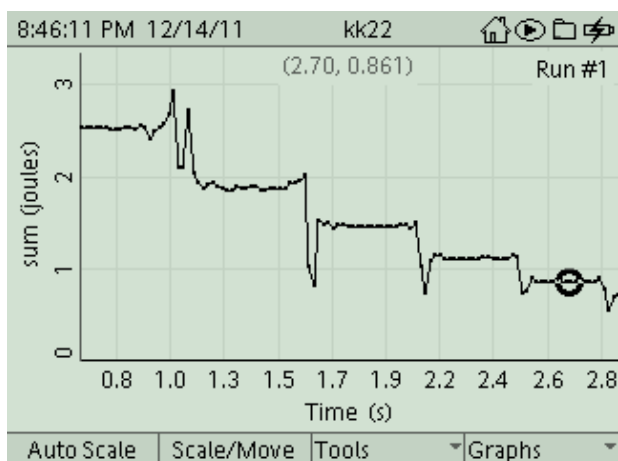
**6 d pav.** Pilnutinės mechaninės energijos ( $sum$ ) priklausomybės nuo  $t$  grafikas padidintas. Išmanusis įrankis rodo pilnutinės mechaninės energijos vertę po pirmo smūgio 1,89 J.



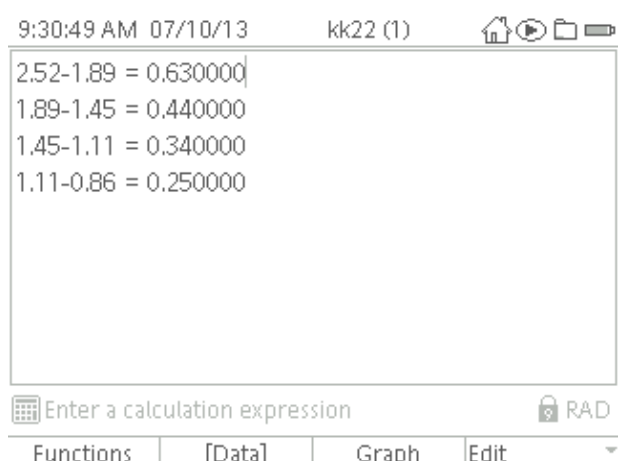
**6 e pav.** Pilnutinės mechaninės energijos (sum) priklausomybės nuo  $t$  grafikas išdidintas. Išmanusis įrankis rodo pilnutinės mechaninės energijos vertę po antro smūgio 1,45 J.



**6 f pav.** Pilnutinės mechaninės energijos (sum) priklausomybės nuo  $t$  grafikas išdidintas. Išmanusis įrankis rodo pilnos mechaninės energijos vertę po trečio smūgio 1,11 J.



**6 g pav.** Pilnutinės mechaninės energijos (sum) priklausomybės nuo  $t$  grafikas išdidintas. Sumanusis įrankis rodo pilnos mechaninės energijos vertę po ketvirto smūgio 0,861 J.



**7 pav.** GLX skaičiuoklio lange apskaičiuota, kiek mechaninės energijos prarandama po kiekvieno eilinio kamuolio smūgio į žemę.

Išanalizuokite 6 a-g pav. grafikus ir parašykite išvadas:

- Intervaluose tarp smūgių pilnutinė mechaninė energija išsilaiko (visais atvejais suminė energija tarp smūgių į žemę pastovi).
- Po kiekvieno smūgio į žemę pilnutinė mechaninė energija sumažėja.
- Tyrimo rezultatai parodė, kad daugiausia mechaninės energijos prarasta po pirmojo smūgio. Vėliau, po kiekvieno sekančio smūgio, mechaninės energijos prarandama vis mažiau (7 pav.).

#### Mokiniai padaro išvadas:

- kaip kinta kamuolio potencinė energija jam krintant? Kylant?
- kaip kinta kamuolio kinetinė energija jam krintant? Kylant?
- kaip, šokinėjant kamuoliui, kinta jo pilnutinė mechaninė energija?
- ar išsilaiko mechaninė energija tarp smūgių į žemę metu. Pateikite duomenų, kurie patvirtintų jūsų išvadą?
- ar kamuolio sąveika su grindimis smūgio metu yra elastingė ar neelastingė? Pateikite duomenų, kurie patvirtintų jūsų išvadą.
- ar galite teigti, kad jūsų sistema yra konservatyvi?

Mokiniai palygina savo grupėje gautus rezultatus su analogiškais rezultatais, gautais kitose grupėse. Apsvarsto tyrimo rezultatus tarp grupių ir padaro apibendrintas išvadas.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Ką teigia mechaninės energijos tvermės dėsnis?	1. Konservatyvioje sistemoje vykstant mechaniniams procesams, kinetinė energija gali virsti potencine ir atvirkščiai, tačiau bendras energijos kiekis išlieka pastovus: $E = E_p + E_k = const.$
2. Apibrėžkite potencinę energiją. Kam lygi potencinė (gravitacinė) energija?	2. Potencinė energija yra sąveikos energija. $E_p = mgh.$
3. Apibrėžkite kinetinę energiją. Kam ji yra lygi?	3. Kūno judėjimo energija yra vadinama kinetine energija. $E_k = \frac{mv^2}{2}.$
4. Kokia pilnutinės mechaninės energijos kitimo tendencija šokinėjant kamuoliui?	4. Mažėja.
5. Kokios energijos rūšimis kamuolio smūgio į grindis metu pavirsta dalis mechaninės energijos?	5. Vidinė, garso, potencinė elastinė, ...

### Papildoma užduotis (Ketvirtam tyrinėjimų lygmeniui)

Raskite kamuolio „Restitucijos koeficientą“.

Kamuolio atsistatymo po smūgio į grindis koeficientą pavadinsime trumpiau „Restitucijos koeficientu“ ir pažymėsime „ $C_R$ “. Šis dydis naudojamas kamuolio sąveikai su paviršiumi (šiuo atveju su grindimis) aprašyti ir apskaičiuojamas kaip greičių santykis prieš smūgį į grindis ir po jo. Pavyzdžiui,  $C_R$  krepšinio kamuoliui yra apie 0,6. Įvertinkite  $C_R$  savo situacijoje, t.y. eksperimente naudotam kamuoliui su grindimis.

$$C_R \equiv \frac{v_f}{v_i}.$$

Tiksliai įvertinti kamuolio greičius prieš smūgį su grindimis ir po, bus sunku. Kita formulė koeficientui  $C_R$  rasti yra naudojant aukštį atšokus nuo grindų. Kad tai būtų teisinga, turi būti labai mažas oro pasipriešinimo poveikis. Tuomet kinetinė energija prieš smūgį yra lygi gravitacinei potencinei energijai viršutiniame skrydžio taške. Vadovaujantis tuo, galimas toks sąryšis tarp greičio  $v$  ir aukščio  $h$ .

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv^2 &= mgh, \\ v^2 &= 2gh, \\ v &= \sqrt{2gh}. \end{aligned}$$

Pasinaudojant šiuo rezultatu, restitucijos koeficiento  $C_R$  lygtyje atlikę pakeitimus,  $C_R$  galime perrašyti tokiu lygties pavidalu:

$$C_R \equiv \frac{v_f}{v_i} \approx \sqrt{\frac{2gh_f}{2gh_i}} = \sqrt{\frac{h_f}{h_i}}.$$



Raskite tyrime naudoto kamuolio  $C_R$  pagal aukščius ir palyginkite su verte, apskaičiuota pagal greičius.

Kaip manote, kuriuo būdu skaičiuojant  $C_R$  turėtų būti gautas tikslesnis rezultatas? Savo atsakymą pagrįskite.

Gaukite kelis šokinėjančio kamuolio koordinatės – laiko grafikus. Atrinkite bent du–tris geriausius. Apskaičiuokite  $C_R$  pagal greičius, po to – pagal aukščius. Rezultatus palyginkite ir padarykite išvadas.

## 3.2. MAKROSISTEMŲ FIZIKOS LABORATORINIAI DARBAI

### 3.2.1. ELEKTRINIS ŠILUMOS EKVIVALENTAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

3. Makrosistemų fizika	
<b>Nuostata</b> Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti makrosistemose vykstančius procesus apibūdinančius dėsnius analizuojant buityje ir technikoje matomus reiškinius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
3. Taikyti energijos tvermės dėsnį įvairių vidinės energijos virsmų atveju.	3.3.1. Nusakyti temperatūrą kaip kūno vidinės energijos matą, <...>. 3.3.2. Apibūdinti vidinę energiją ir jos kitimo būdus (<...>, šilumos kiekis). 3.3.3. Formuluoti energijos tvermės dėsnį, nusakyti jo fundamentalumą ir visuotinumą. 3.3.4. Nusakyti energijos tvermę vyksmuose (molekulinės fizikos ir termodinamikos, elektros, <...>).

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Kaitinant kietą kūną ar skystį, energija sunaudojama medžiagos vidinei energijai padidinti, o tai yra susiję su kūno temperatūros padidėjimu. Sąryšis tarp šilumos kiekio ir temperatūros pokyčio išreiškiamas lygtimi:

$$Q = mc\Delta T,$$

$Q$  – šilumos kiekis

$m$  – masė

$c$  – savitoji šiluma

$\Delta T$  – temperatūros pokytis

Šio laboratorinio darbo metu į vandenį panardintas rezistorius bus kaitinamas elektros srove. Rezistoriuje elektros srovės energija bus verčiama į šilumą, kuri bus perduota vandeniui ir kalorimetro vidiniam indui. Dėl to padidės pastarųjų vidinė energija ir su ja susijusi temperatūra. Istoriskai tai vadinama elektriniu šilumos ekvivalentu.

Vidinės energijos padidėjimą atspindi temperatūros pakilimas. Rezistorius įkaista ir atiduoda šilumą aplinkai. Srovės darbo formulė nusako šilumos kiekį, kurį rezistorius perduoda kitiems kūnams:  $A = IU\Delta t = Q$ . Šioje formulėje srovės stiprio  $I$  ir įtampos  $U$  sandauga reiškia srovės galią  $P$ . Taigi  $A = P\Delta t = Q$ .

Energiją, kuri išsiskiria rezistoriuje per laiką  $\Delta t$ , galima nustatyti grafiškai. Ji lygi plotui po galios priklausomybės nuo laiko grafiku.

Pagal energijos tvarumo dėsnį, energija, kurią įkaitęs rezistoriaus per laiką  $\Delta t$  perduoda vandeniui ir kalorimetro vidiniam indui, turi būti lygi vandens ir kalorimetro vidinio indo gautam šilumos kiekiui.

#### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Į kalorimetrą su vandeniu bus nardinamas rezistorius, kuriuo bus leidžiama elektros srovė. Eksperimento metu bus lyginamas šilumos kiekis, kurį nuo įkaitusio rezistoriaus gauna vanduo ir vidinis kalorimetro indas su energija, kuri išsiskiria rezistoriuje, kai juo teka srovė.

Bendras šilumos kiekis bus skaičiuojamas pagal lygtį šilumos kiekiui apskaičiuoti:  $Q = mc\Delta T$ . Kadangi šils ir vanduo, ir vidinis kalorimetro indas, daroma prielaida, kad jų temperatūros pokytis  $\Delta T$  bus vienodas. Jį rasime iš temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiko, kurį nubrėš GLX'as su prijungtu temperatūros zonu. (Į rezistoriaus gaunamą šilumos kiekį neatsižvelgiama dėl palyginus labai mažos jo masės). Kalorimetro vidinio indo ir vandens masė randama sveriant, savitosios vandens ir aliuminio šilumos – iš lentelių. Šilumos kiekis apskaičiuojamas kalorijomis.

Energija, išsiskirianti rezistoriuje kai juo teka srovė, bus nustatoma iš galios nuo laiko  $P = f(t)$  grafiko. Jį nubrėš GLX'as su prijungtu įtampos / srovės jutikliu.

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t.y. žinodami ryšį tarp džaulio ir kalorijos, atlieka matavimus, nubraižo temperatūros priklausomybės nuo laiko ir galios priklausomybės nuo laiko grafikus. Iš jų atitinkamai randa  $\Delta T$  ir energiją, atlieka skaičiavimus ir eksperimentiškai suradę, kiek džaulių tenka vienai kalorijai, gautąją vertę palygina su žinyuose pateiktąja. Eksperimento atlikimo kokybę įvertina pagal procentinį skirtumą tarp eksperimentiškai nustatytos ir tikrosios vertės.

Darbą siūloma atlikti grupėmis po 3–5 mokinius. Siūloma, kad vienas mokinys aptarnautų įrenginį, antrasis – GLX'ą. Po atitinkamo eksperimento etapo mokiniai susikeičia vietomis, taip užtikrinamas aktyvus visų dalyvavimas tyrime ir atsakomybė už rezultatų patikimumą.

Šiuo eksperimentu išmokstama suprasti šiluminį srovės veikimą, energijos perdavimą, energijų virsmus į energijos tvermę. Formuojami eksperimentavimo su moksline įranga įgūdžiai, domenų vaizdavimo grafiškai ir grafikų analizės įgūdžiai.

Tyrimu siekiama vidinės fizikos kurso integracijos.

#### **Dėl saugaus darbo:**

- Nekaitinkite rezistoriaus, kol jis neįmerktas į vandenį.
- Nelieskite rezistoriaus rankomis. Jis gali būti karštas.
- Stebėkite, kad įtampa neviršytų 10 V, o srovės stipris 1 A.

## **EKSPERIMENTAS**

### **II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas**

**Tyrimo problema.** Kaip eksperimentiškai rasti ryšį tarp džaulio (J) ir kalorijos (cal)? Koks jis yra?

**Tyrimo hipotezė.** Elektros energijos kiekis išsiskyręs laidininke per laiką  $\Delta t$  džauliais (J) yra lygus per tą laiką vandens ir kalorimetro gautai šiluminei energijai kalorijomis (cal). Išreiškiant džauliais ir kalorijomis:  $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$ .

**Eksperimento tikslas** – palyginti elektros energijos kiekį džauliais (J) išsiskyrusį laidininke per laiką  $\Delta t$ , su šilumos kiekiu kalorijomis (cal), kurį per tą patį laiką iš įkaitusio laidininko gavo vanduo ir vidinis kalorimetro indas, nustatyti ryšį tarp džaulio ir kalorijos.

#### **Laukiami rezultatai:**

- Žinos energijos tvermės dėsnį ir gebės jį taikyti šiame eksperimente.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemones darbui.
- Mokės gauti temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiką ir iš jo *nustatyti temperatūros pokytį*.
- Mokės apskaičiuoti bendrą vandens ir kalorimetro gaunamą *šilumos kiekį*.
- Mokės gauti elektros srovės galios priklausomybės nuo laiko grafiką.

- Gebės paaiškinti elektros srovės galios priklausomybės nuo laiko grafiku ir laiko ašimi ribojamo ploto fizikinę prasmę.
- Mokės iš  $P = f(t)$  grafiko nustatyti elektros srovės energiją.
- Mokės nustatyti ryšį tarp džaulio ir kalorijos.

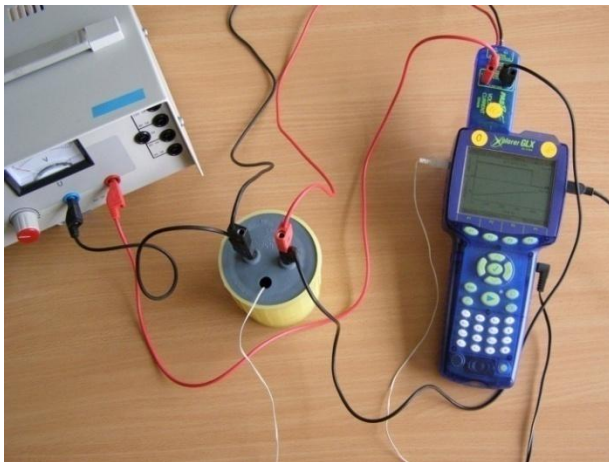
### Eksperto priemonės:

- Xplorer GLX;
- Rezistorius apie  $1,5 - 2 \Omega$ , gamyklinis arba savo gamybos (1 a pav.);
- Nuolatinės srovės šaltinis (su reguliuojama išėjimo įtampa);
- Įtampos-srovės jutiklis;
- Temperatūros jutiklis / zondas;
- Jungiamieji laidai;
- Kalorimetras;
- Svarstyklės;
- Jungiklis;
- DataStudio programinė įranga.

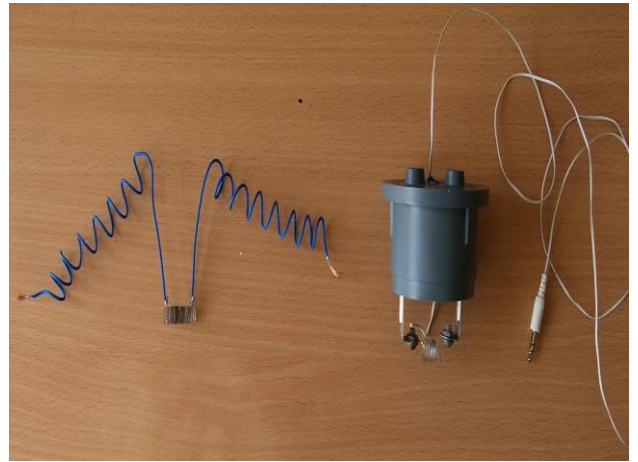
### Darbo eiga

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Temperatūros zondą įjunkite į pirmąjį šoninį GLX temperatūros lizdą. Atsidarykite GLX skaitmeninį (*Digits*) langą. Jame matysite kambario temperatūrą. Šią vertę įrašykite į laboratorinio darbo ataskaitos lapą.
- 1.2. Įjunkite įtampos-srovės jutiklį į pirmąjį GLX jutiklių lizdą.



**1 pav.** Rezistorius panardintas į vidinį kalorimetro indą su vandeniu. Jis nuosekliai sujungtas su srovės šaltiniu ir jutiklio srovės gnybtais. Lygiagrečiai rezistoriui prijungti jutiklio įtampos gnybtai. Temperatūros zondas įjungtas į GLX'o pirmąjį šoninį temperatūros lizdą ir pro dangtelio skylutę įmerktas į vandenį.



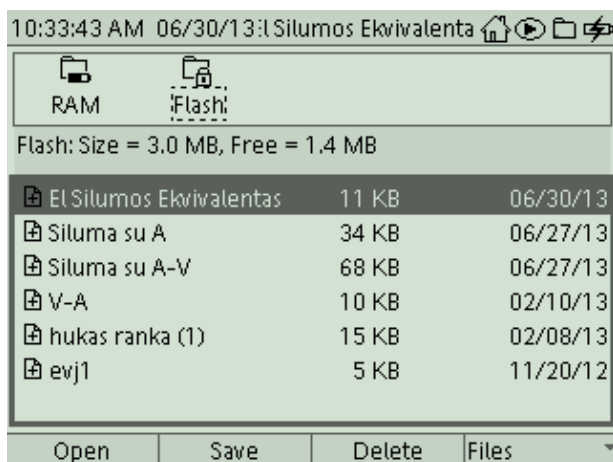
**1 a pav.** Kairėje – rezistorius, pagamintas iš nichrominės vielos, kuri apsukta apie lengvą plastiko vamzdelį. Dešinėje – gamyklinis rezistorius su dangteliu, specialiai pritaikytu kalorimetru.

- 1.3. Esant atjungtam srovės šaltinio jungikliui, sujunkite elektrinę grandinę taip, kaip 1 pav.: srovės šaltinį, rezistorių ir jutiklio srovės gnybtus sujunkite nuosekliai, jutiklio įtampos laidus prijunkite lygiagrečiai rezistoriui. Srovės šaltinio jungiklis turi būti atjungtas, o srovės šaltinio potenciometro rankenėlė pasukta į kairiąją kraštutinę padėtį.

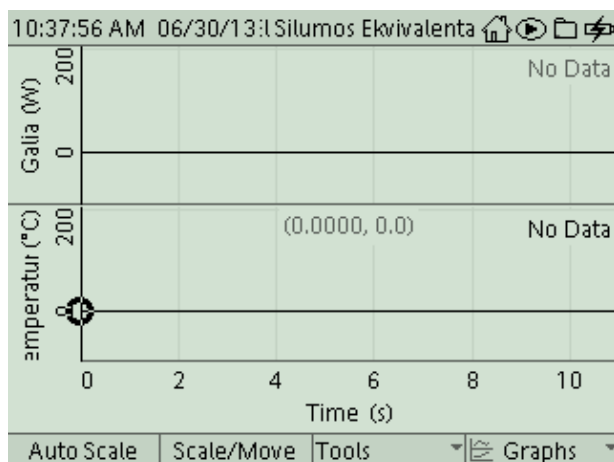
*Įtampa ir srovės stipris negali viršyti jutiklio leistinų matavimo ribų: 10 V ir 1 A.*

- 1.4. Raskite vidinio kalorimetro indo masę. Masę gramais įrašykite į ataskaitos lapą.

- 1.5. Paruoškite vandenį, kurio temperatūra būtų apie  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  žemesnė už kambario temperatūrą. Į vidinį kalorimetro indą įpilkite apie  $50\text{ g}$  vandens. Nusistovėjęs pusiausvyrai tarp vandens ir vidinio kalorimetro indo, jau galite pradėti eksperimentą. Pageidaujama, kad pradinė temperatūra būtų apie  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  žemesnė už kambario.
- 1.6. Raskite vidinio kalorimetro su vandeniu masę ir apskaičiuokite vandens masę. Gautąją vertę įrašykite į laboratorinio darbo ataskaitos lapą.
- 1.7. Į didžiojo kalorimetro indo dugną įdėkite plastiko pagrindą ir ant jo pastatykite vidinį kalorimetro indą su vandeniu. Įmerkite rezistorių ir uždėkite dangtelį. Temperatūros zondo galiuką prakiškite pro kalorimetro dangtelio skylutę. Stebėkite, kad eksperimento metu galiukas būtų paniręs į vandenį ir neliestų kaitinamo rezistoriaus.
- 1.8. Atidarykite GLX failą, įvardintą „Elektr. Šilumos ekvival.“ (2 pav.). GLX'o grafiniame ekrane rasite įvardytas koordinačių ašis galios nuo laiko ir temperatūros nuo laiko grafikams brėžti (3 pav.).

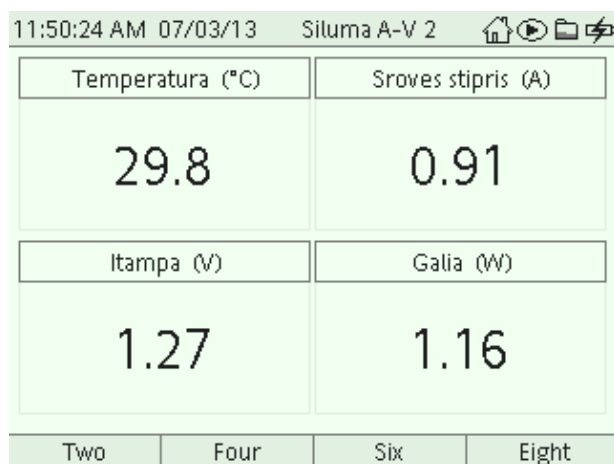


**2 pav.** Atidaromas mokytojo parengtas ir GLX atmintyje (*Flash*) išsaugotas failas su atitinkamu pavadinimu, pavyzdžiui: „El. Šilumos Ekvivalentas“.



**3 pav.** GLX'o grafiniame lange matome įvardytas koordinačių ašis, parengtas galios priklausomybės nuo laiko ir temperatūros priklausomybės nuo laiko grafikams brėžti.

- 1.9. Jeigu failas neparengtas ir neišsaugotas GLX atmintyje, atidarykite grafinį langą (*Graph*) (*F1*). Jame spustelėkite *F4*. Atsivėrusiame meniu pasirinkite du grafikus (*Two Graphs*) (*5*). Į pirmojo grafiko vertikaliąją ašį pasirinkite galią (*Power*) ir į antrojo grafiko vertikaliąją ašį pasirinkite temperatūrą / *Temperature*. Išsaugokite failą: Atidarykite duomenų failų (*Data Files*) langą. Spustelėkite *F4*. Pasirinkite *Save As*. Įvardykite sukurtą failą ir išsaugokite jį *Flash*'e: spustelėkite *Copy File*, rodyklėmis nukeliate į *Flash* ir spustelėkite *Save*.



**4 pav.** GLX'o skaičiuoklio lange vienu metu matoma temperatūra, srovės stipris, įtampa ir galia.

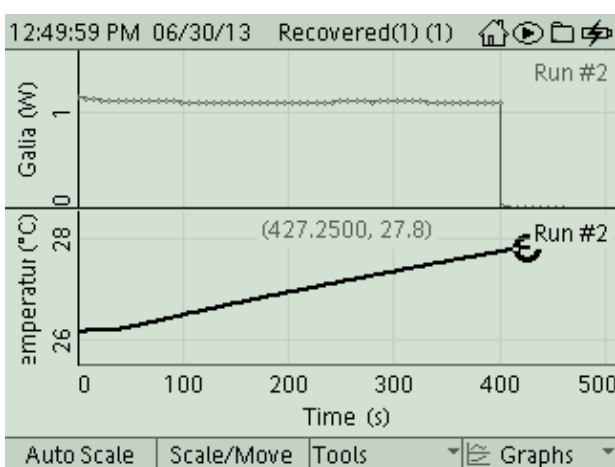
- 1.10. Nustatykite leistiną srovės stiprį: atsidarykite GLX'o skaitmeninį (*Digits*) langą. Jame pasirinkite keturias (*Four*) skiltis. Vienu metu galėsite matyti temperatūrą, srovės stiprį, įtampą ir galią (4 pav.).

1.11. Įjunkite srovės šaltinio jungiklį ir potenciometro rankenėle pamažu didinkite įtampą tol, kol srovės stipris padidės iki 0,8–0,9 A. Stebėkite, kad neviršytų 1 A. Šaltinį išjunkite. Šaltinio potenciometro rankenėlės padėties daugiau nebekeiskite. Grįžkite į galios grafiką.

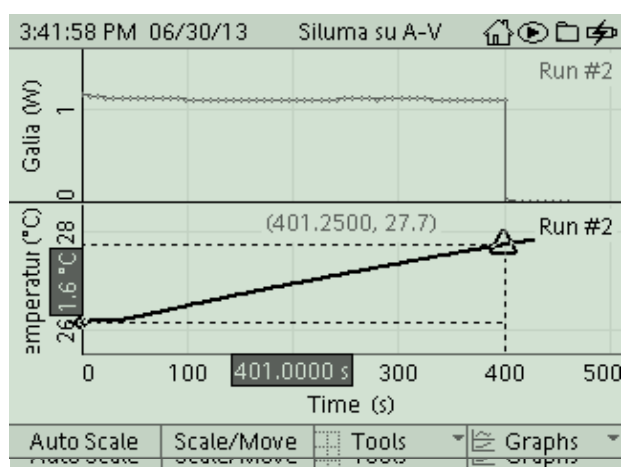
(Pageidaujama, kad šį darbą atliktumėte sparčiai ir rezistorius nespėtų daug įkaitinti vandens. Jei nepavyko, vidinį kalorimetro indą įmerkite į šaltą vandenį, kad atvėstų.)

## 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Spustelėkite *Start* mygtuką ir įjunkite srovės šaltinį. Pradėkite GLX'ų rinkti duomenis. Stebėkite besibrėžiančius grafikus.
- 2.2. Kas 15 sekundžių švelniai pasukite kalorimetrą, pamaišydami vandenį.
- 2.3. Sujungtą grandinę laikykite tol, kol vandens temperatūra taps apie 3°C aukštesnė už kambario temperatūrą. Išjunkite srovės šaltinį ir matavimą tęskite tol, kol temperatūra nusistovės ir bus bepradedanti kristi. Nepamirškite kaskart pamaišyti vandenį.
- 2.4. Spustelkite *Stop* ir baikite matuoti. GLX ekrane gausite du grafikus (5 pav.).



5 pav. Baigę matuoti, GLX ekrane matome du grafikus: galios priklausomybės nuo laiko (viršutinis) ir temperatūros nuo laiko – apatinis.



6 pav. Temperatūrų skirtumą  $\Delta T$  randamas pasinaudojus skirtumo įrankiu (*Delta tool*) iš įrankių (*Tools*) meniu. Jį matome patamsintame stačiakampyje prie temperatūros ašies:  $\Delta T = 1,6^\circ\text{C}$ . Patamsintame stačiakampyje prie laiko ašies matome srovės tekėjimo laidininku trukmę:  $\Delta t = 401,00\text{ s}$ .

## 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

- 3.1. Šilumos kiekio, kurį gavo vanduo ir kalorimetro vidinis indas, apskaičiavimas. Bendras šilumos kiekis,  $Q$ , kurį gauna vanduo ir aliuminio indas:

$$Q = Q_{\text{vandens}} + Q_{\text{Indo}}$$

$$Q = (m_{\text{vandens}}c_{\text{vandens}} + m_{\text{Aluminio}}c_{\text{Aluminio}})\Delta T$$

Lentelėse suraskite kiekvieno savitąją šilumą:

$$(c_{\text{vandens}} = 1,00 \text{ cal/g}^\circ\text{C ir } c_{\text{Aluminio}} = 0,215 \text{ cal/g}^\circ\text{C})$$

Temperatūrų skirtumą  $\Delta T$  raskite iš temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiko: aktyvinkite temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiką. Jis bus tamsesnis. Pasinaudokite skirtumo įrankiu (*Delta tool*) iš įrankių (*Tools*) (F3) meniu.

Temperatūrų skirtumą  $\Delta T$  (jį matote patamsintame langelyje prie temperatūros ašies) įrašykite į laboratorinio darbo ataskaitos lapą ir apskaičiuokite  $Q$  kalorijomis.



$$Q = [(50,00 \text{ g}) \cdot (1,00 \text{ cal/g}^\circ\text{C}) + (42,00 \text{ g}) \cdot (0,215 \text{ cal/g}^\circ\text{C})] \cdot (1,6^\circ\text{C}) = 94,45 \text{ cal}$$

3.2. Energijos, kuri išsiskyrė rezistoriuje tekant juo srovei per laiką  $\Delta t$ , radimas.

Kad rastumėte energiją, kuri išsiskyrė rezistoriuje tekant juo srovei per laiką  $\Delta t$ , raskite plotą po galios priklausomybės nuo laiko grafiku (7 pav.). Aktyvinkite galios priklausomybės laiko grafiką. Iš įrankių (*Tools*) meniu (*F3*), pasirinkite ploto įrankį (*Area tool*) (6). Ploto vertę matysite po grafikais. Šią vertę užrašykite ataskaitos lape.

$$S = \text{Area} = 441 \text{ W s}$$

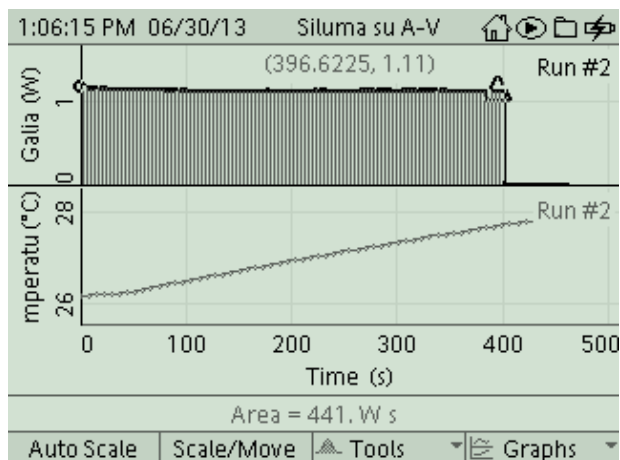
3.3. Ryšio tarp džaulio ir kalorijos radimas.

Remdamiesi tuo, kad šilumos kiekis, kuris išsiskyrė rezistoriuje tekant juo srovei per laiką  $\Delta t$  turi būti lygus šilumos kiekiui, kurį gavo vanduo ir vidinis kalorimetro indas, apskaičiuokite, kiek džaulių yra ekvivalentiška vienai kalorijai:

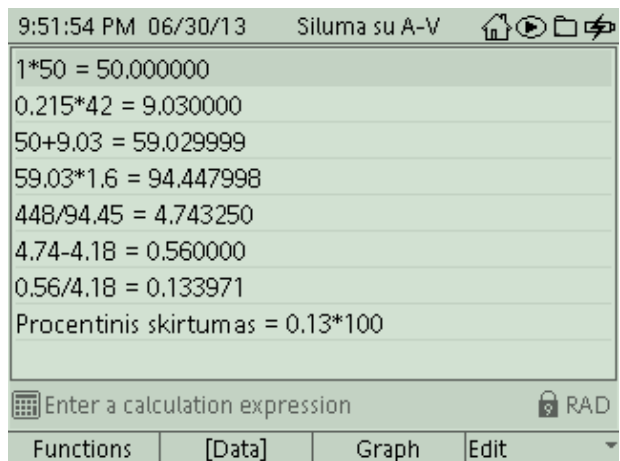
$$94,45 \text{ cal} = 441 \text{ J}$$

$$1 \text{ cal} = 4,74 \text{ J}$$

Gautąją vertę palyginkite su lentelėse pateiktąja ir apskaičiuokite jų santykinį procentinį skirtumą.



7 pav. Plotas po galios nuo laiko grafiku šiuo atveju reiškia energiją, kuri išsiskyrė rezistoriuje tekant srovei per laiką  $\Delta t$ .  $S = 441 \text{ W s}$ .



8 pav. Skaičiavimai atlikti GLX skaičiuoklio lange

$$\%skirtumas = \left| \frac{\text{Tikroji vertė} - \text{Eksperimentinė vertė}}{\text{Tikroji vertė}} \right| \times 100\%$$

$$\%skirtumas = \left| \frac{4.187 - 4.74}{4.187} \right| \times 100\% = \left| \frac{4.19 - 4.74}{1.87} \right| \times 100\% = 13\%$$

**Pastaba.** Visus skaičiavimus galite atlikti GLX kalkuliatoriaus lange (8 pav.).

### Mokiniai padaro išvadas:

- ar šiame eksperimente energija buvo prarandama ar gaunama. Paaiškinkite savo gautus rezultatus remdamiesi energijos išsilaikymo koncepcija;
- kaip kito rezistoriaus vidinė energija, tekant juo srovei;
- kas šiame tyrime perdavė ir kas gavo šilumos kiekį;
- apie ploto po galios priklausomybės nuo laiko grafiku fizikinę prasmę;

- Tyrimo metu gautąją vertę palyginkite su lentelėje pateiktąja: didesnė ar mažesnė jūsų gautoji vertė. Ką tai pasako apie jūsų eksperimentą?

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Ar svarbu palaikyti pastovią įtampą eksperimento metu?	1. Energija yra lygi plotui po galios priklausomybės nuo laiko kreive, nepriklausomai nuo to, ar galia yra pastovi ar ne.
2. Kalorimetrą sudaro du indai, atskirti izoliuojančiu pagrindu. Kaip manote, dėl ko reikalingi du indai?	2. Du indai reikalingi tam, kad būtų sudarytas oro tarpas tarp jų ir taip izoliuotas nuo aplinkos vidinis indas
3. Atliekant skaičiavimus, naudojami tik vieno indo duomenys. Kurio ir kodėl?	3. Tik vidinio, nes išorinis indas neturi įtakos temperatūros kitimui.
4. Vandens ar aliuminio vieno gramo temperatūrai pakelti 1 °C reikia mažiau energijos?	4. Aliuminio
5. Kas tai yra vatsekundė (Ws)?	5. Džaulis.

### 3.2.2. IDEALIŲ DUJŲ BŪSENOS LYGTIES PATIKRINIMAS /GLX SU DATASTUDIO/

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

#### 3. Makrosistemų fizika

##### Nuostata

Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.

##### Esminis gebėjimas

Taikyti makrosistemose vykstančius procesus apibūdinančius dėsnius analizuojant buityje ir technikoje matomus reiškinius.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
3.2. Taikyti idealiųjų dujų dėsnius sprendžiant uždavinius; braižyti ir analizuoti izoprocesų grafikus. Atlikti izoprocesų tyrimą.	3.2.1. Apibūdinti idealiąsias dujas kaip realiųjų dujų modelį. 3.2.2. Nusakyti temperatūrą kaip molekulių vidutinės kinetinės energijos matą. 3.2.4. Nusakyti dujų būseną apibūdinančių parametrų (slėgio, tūrio, temperatūros) tarpusavio ryšius ir užrašyti idealiųjų dujų būsenos lygtį. 3.2.5. Apibūdinti izoprocesus, pateikti jų pavyzdžių ir užrašyti juos nusakančias lygtis.

#### TRUMPAS TEORINIS PAGRINDIMAS

Kiekvieną  $m$  masės dujų būseną atitinka tam tikros jos termodinaminių parametrų (slėgio  $p$ , temperatūros  $T$  ir tūrio  $V$ ) vertės. Kai sistema yra pusiausvyra, minėtų jos parametrų vertės lygios aplinkos atitinkamų parametrų vertėms ir vienodos bet kurioje sistemos dalyje. Sistemai pereinant iš vienos pusiausvyros būsenos į kitą, gali kisti visi trys būsenos parametrai. Taigi būsenos lygtis ir susieja tuos parametrus:

$$\frac{pV}{T} = \text{const.}$$

Ši būsenos lygtis vadinama Mendelevo ir Klapeirono lygtimi ir yra viena idealiųjų dujų būsenos lygties formų. Iš šios lygties matyti, kad bet kurios būsenos dujų tūrio ir slėgio sandaugos santykis su absoliutine temperatūra yra pastovus dydis.

Konstantos skaitinė vertė priklauso nuo dujų kiekio:  $m/M$  – molių skaičiaus.

Jeigu dujų temperatūra proceso metu nekinta, toks procesas vadinamas izoterminiu. Izoterminiam procesui  $pV = \text{const.}$

#### Laboratorinio darbo metodika

Tyrimą mokiniai atliks su švirkštu idealiųjų dujų būsenos dėsniui patikrinti (1 pav.). Įrenginys leidžia vienu metu atlikti suspaustų dujų temperatūros ir slėgio matavimus. Švirkšto apačioje įmontuotas mažos šiluminės talpos termistorius, kuriuo galima matuoti temperatūros pokyčius



1 pav. Švirkštas, idealiųjų dujų būsenos dėsniui patikrinti. Įrenginys leidžia vienu metu atlikti suspaustų dujų temperatūros ir slėgio matavimus.

švirkšto viduje. (Atsako trukmė yra apie pusę sekundės.) Mechaninis stabdiklis, esantis ant švirkšto stūmoklio, skirtas apsaugoti termistorių. Be to, juo galima greitai pakeisti oro tūrį rezervuare.

Staiga suspausdami dujas, esančias po stūmokliu, mokiniai gaus slėgio ir temperatūros kitimo grafikų proceso metu, ir juos analizuodami, patikrins idealiųjų dujų būsenos lygtį. Papildomai galės patikrinti Boilio ir Marioto dėsnį.

Tyrimą numatoma atlikti **II lygmeniu**, kaip **struktūruotą tyrinėjimą**. Mokiniam bus pateikiama nuosekli darbo eiga ir tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Mokiniai tikrins suformuluotą hipotezę. Žinodami, kad idealiųjų dujų tūrio ir slėgio sandauga, padalyta iš absoliutinės temperatūros, kintant dujų būsenai, nekinta, ši sąryšį tikrins eksperimentiškai.

Numatant tyrimą atlikti **III lygmeniu**, kaip **koordinuotą tyrinėjimą**, mokiniam bus pateikiamas tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas, tačiau darbo eiga nebus pateikiama. Mokiniai tikrins jų pačių suformuluotą hipotezę, atlikdami eksperimentą pagal jų pačių numatomą darbo eigą. Papildomai, be jokio aprašymo, mokiniai galėtų spręsti kūrybinę užduotį: kaip, remiantis tyrimo metu gautais duomenimis, patikrinti Boilio ir Marioto dėsnį.

Tyrimą mokiniai gali atlikti grupėmis po 3–4. Kiekvienai grupei galima rekomenduoti spausti skirtingo pradinio tūrio dujas. Dirbdami grupėmis, mokiniai palygina grupių rezultatus, diskutuoja.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Ar pakeitus dujų būseną, dujų tūrio ir slėgio sandaugos santykis su absoliutine temperatūra liks pastovus?

**Hipotezė.** Pakeitus dujų būseną, dujų tūrio ir slėgio sandaugos santykis su absoliutine temperatūra turėtų nepakisti.

**Ekspimento tikslas** – įrodyti, kad, pakeitus dujų būseną, dujų tūrio ir slėgio sandaugos santykis su absoliutine temperatūra lieka nepakitęs.

#### Laukiami rezultatai:

- Žinos idealiųjų dujų būvio lygtį.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Gebės atlikti matavimus ir duomenų analizę su DataStudio programa.
- Mokės gauti slėgio-temperatūros grafiką ir jį analizuoti.
- Mokės įvertinti eksperimento atlikimo kokybę pagal procentinį skirtumą.



**2 pav.** Paveiksle matome mini stereo / erdvinę jungtį įjungtą į slėgio / temperatūros jutiklio temperatūros lizdą (paveiksle toliau nuo mūsų) ir greito prijungimo / atjungimo jungtį – į jutiklio slėgio lizdą (paveiksle arčiau mūsų). Pats slėgio / temperatūros jutiklis prijungtas prie GLX'o.

#### Ekspimento priemonės:

- Švirkštas su priedais idealiųjų dujų būsenos lygčiai patikrinti;
- Slėgio-Temperatūros jutiklis;
- GLX'as;
- Kompiuteris su įdiegta DataStudio programa.

## Darbo eiga:

### 1. *Priemonių parengimas darbui*

Įrenginį sumontuokite taip, kaip 2 pav.:

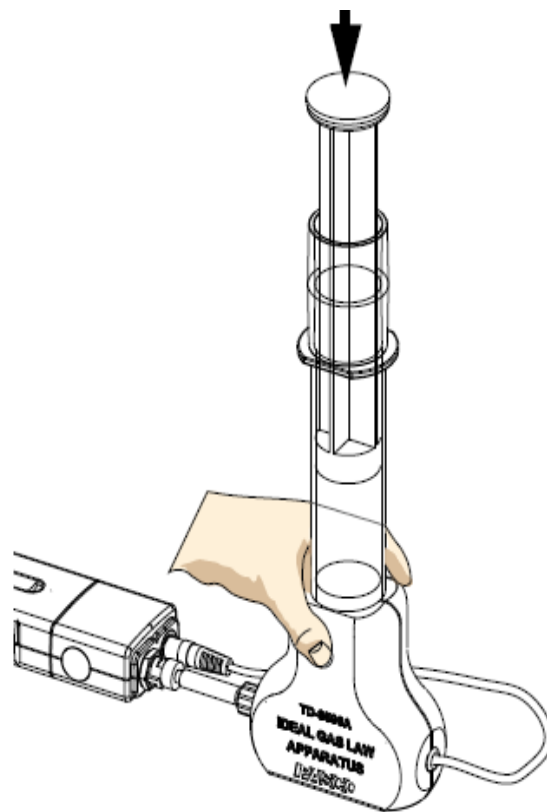
- 1.1. Mini stereo / erdvinę jungtį įkiškite į jutiklio temperatūros lizdą.
  - 1.2. Greito prijungimo / atjungimo jungtį – į jutiklio slėgio lizdą, kaip parodyta. (Ši balta plastikinė jungtis gali būti atjungiama ir vėl prijungiama bandymo metu, taip sudarant sąlygas skirtingoms stūmoklio pradinėms padėtims).
  - 1.3. Slėgio / temperatūros jutiklį prijunkite prie GLX'o.
- Baigę montuoti įrenginį, švirkštą pastatykite stačiai.

### 2. *Matavimų procedūros*

- 2.1. Nustumkite stūmoklį į padėtį ties  $40\text{ cm}^3$  tūrio žyma.
- 2.2. Stipriai atremkite švirkšto pagrindą į tvirtą horizontalų paviršių.
- 2.3. Delnu nuspauskite žemyn stūmoklį, visiškai suslėgdami dujas švirkšto viduje.



3 a pav. Baigus montuoti įrenginį, švirkštas pastatomas stačiai.



3 b pav. Stipriai atremus švirkšto pagrindą į tvirtą horizontalų paviršių, stūmoklis delnu nuspaudžiamas žemyn

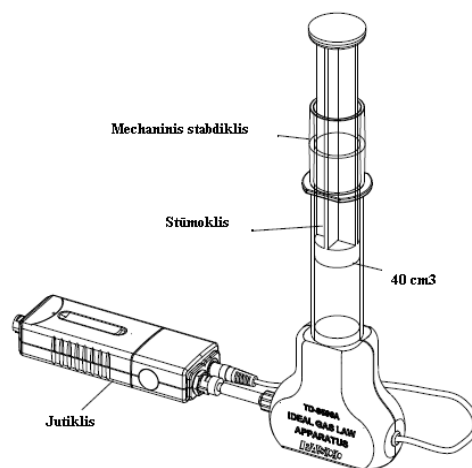
- 2.4. Laikykite (apie 30 sekundžių) tokioje padėtyje, kol galutinai nusistovės temperatūra ir slėgis, bei temperatūra daugiau nekis.
- 2.5. Atleiskite stūmoklį ir leiskite jam pačiam grįžti į pradinę padėtį.

**PASTABA:** Nenaudokite stūmokliui plaktuko ar medinio plaktuko! Stūmoklį nuspauskite savo rankos delnu.

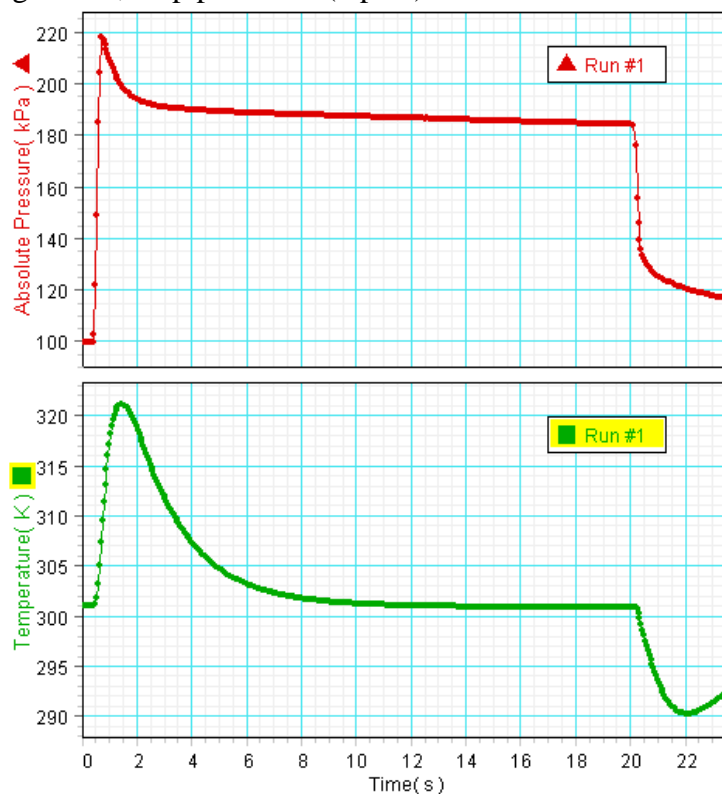
- 2.6. Slėgio movą atjunkite, stūmoklį spauskite žemyn taip, kad jo viršus atsiremtų į stabdiklį, o apačia atsidurtų prie švirkšto dugno. Užsirašykite švirkšte esančio oro tūrį. Turėtų būti apie  $20\text{ cm}^3$ . (neįskaitant tūrio pataisos dėl oro tūrio greito prijungimo / atjungimo jungtyje).
- 2.7. Nustumkite stūmoklį į padėtį ties  $40\text{ cm}^3$  tūrio žyma (4 pav.). Prijunkite slėgio movą ir įsitikinkite, kad temperatūros jungtis taip pat prijungta.



- 2.8. Atidarykite \*DataStudio failą „Ideal Gas Law(PP).ds“ / Idealiųjų dujų dėsnis. Tai interaktyvus failas su koordinacių ašimis slėgio ir temperatūros nuo laiko grafikams nubrėžti (9 pav.).
- 2.9. Spustelkite *Start* mygtuką, kad pradėtumėte matavimą. Iki galo ir greitai nuspauskite stūmoklį, kad stabdiklis pasiektų dugną. Laikykite šioje padėtyje, kol temperatūra ir slėgis nebesikeis. (Temperatūra sugrįžta iki kambario temperatūros mažiau nei po 30 sekundžių)
- 2.10. Atlaisvinkite stūmoklį ir leiskite jam pačiam sugrįžti į pradinę padėtį (dujoms išsiplėsti). Vėl palaukite, kol temperatūra ir slėgis nebesikeis. Užsirašykite dujų tūrio duomenis pagal gradavimą ant švirkšto.
- 2.11. DataStudijoje paspauskite mygtuką *Stop* ir baikite matuoti. Kompiuterio ekrane pamatysite grafikus, kaip paveiksle (5 pav.):



**4 pav.** Stūmoklis nustumtas į padėtį ties 40 cm<sup>3</sup> tūrio atžyma. Slėgio mova ir temperatūros jungtis prijungta.

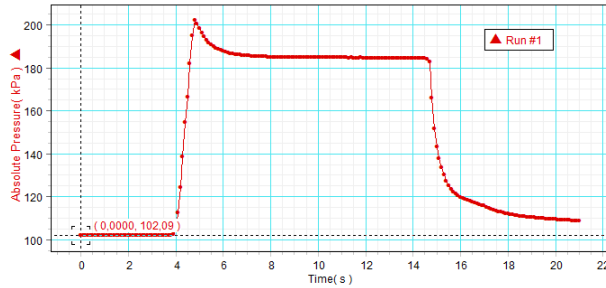


**5 pav.** Baigę matavimą, kompiuterio ekrane pamatysite du grafikus: slėgio priklausomybės nuo laiko – viršuje, temperatūros priklausomybės nuo laiko – apačioje.

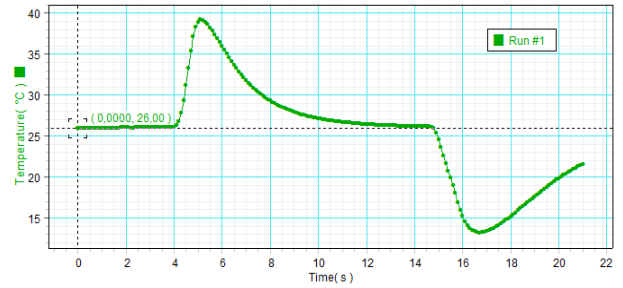
### 3. *Ekspimento rezultatai ir jų analizė*

- 3.1. Paryškinkite slėgio priklausomybės nuo laiko grafike (6 pav.) vietą prieš suspaudžiant orą, po to – temperatūros priklausomybės nuo laiko grafike (7 pav.). Užrašykite pradinio slėgio ( $P_1$ ) ir pradinės temperatūros ( $T_1$ ) reikšmes lentelėje, laboratorinio darbo ataskaitos lape. (Atsiminkite, kad  $T$  – absoliutinė temperatūra, matuojama Kelvinais). Užrašykite pradinio tūrio reikšmę ( $V_1$ ).



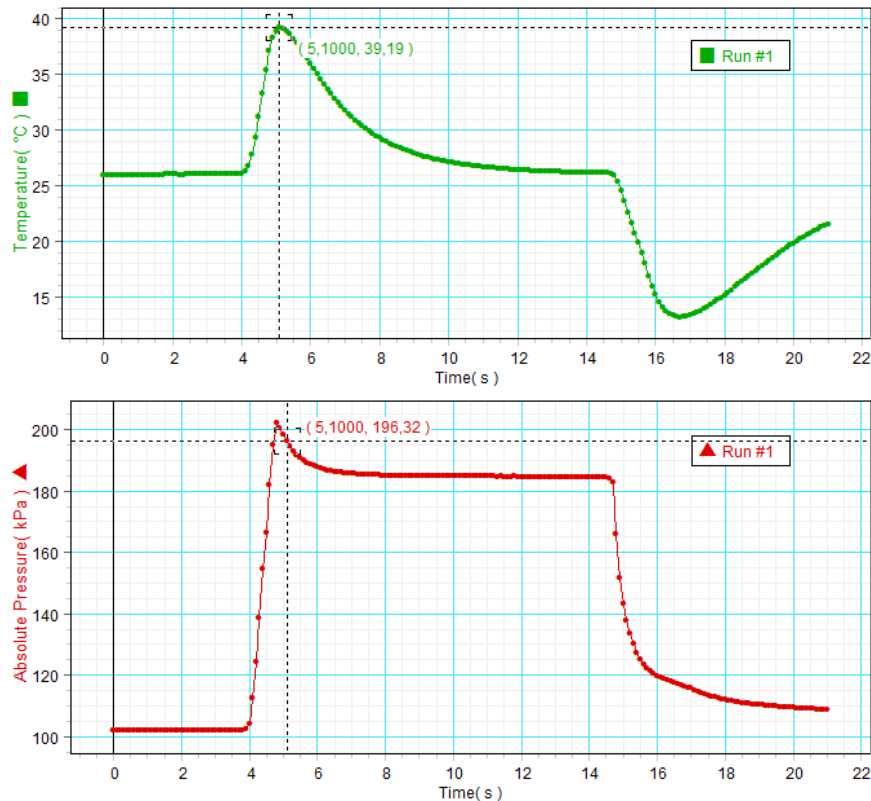


**6 pav.** Slėgio grafike paryškintas laukelis prieš suspaudžiant orą. Užrašoma pradinio slėgio ( $P_1$ ) reikšmė lentelėje.



**7 pav.** Temperatūros grafike paryškintas laukelis prieš suspaudžiant orą. Užrašoma pradinės temperatūros ( $T_1$ ) reikšmė lentelėje.

3.2. Pažymėkite laukelį temperatūros priklausomybės nuo laiko grafike, kur temperatūra yra aukščiausia: pasirinkite vietą, kurioje temperatūra pasiekė aukščiausią tašką (ne slėgis). Temperatūros jutiklis sureaguoja per  $\frac{1}{2}$  s. Lentelėje užrašykite aukščiausios temperatūros reikšmę ( $T_2$ ) ir jai atitinkamo slėgio reikšmę ( $P_2$ ) tuo metu (8 pav.). (Reikalingos dvi reikšmės, gautos tuo pat pačiu metu.)



**8 pav.** Temperatūros grafike atskaitoma aukščiausia temperatūra, o slėgio grafike – jai atitinkanti slėgio vertė. (Abi vertės atskaitomos tuo pat metu).

3.3. Užrašykite dujų tūrio vertę, kai jos iki galo suspaustos ( $V_2$ ), įskaitant ir tūrio pataisą  $V_0$ , kuri atsiranda dėl jungiamajame vamzdyje esančio oro. Į švirkšto gradavimą šis tūris neįskaičiuotas.

Dujų tūrio, slėgio ir absoliutinės temperatūros vertes surašykite į 1 lentelę.

**1 lentelė**

	Tūris ( $cm^3$ )	Slėgis ( $kPa$ )	Temperatūra ( $K$ )
1			
2			

Idealiųjų dujų dėsnis konstatuoja, kad:

$$\frac{pV}{T} = const$$

1. Apskaičiuokite santykį:

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} \text{ ir } \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

2. Palyginkite šiuos du santykius. Ar jie vienodi? Apskaičiuokite jų santykinį procentinį skirtumą.

$$\text{Procentinis skirtumas} = \left| \frac{\text{Reikšmė\#2} - \text{Reikšmė\#1}}{\text{Reikšmė\#1}} \right| \times 100\%$$

**Rezultatai****1 a lentelė** (užpildyta)

	Tūris ( $cm^3$ )	Slėgis ( $kPa$ )	Temperatūra ( $K$ )
1	40 (41,07)	102,09	299
2	22 (23,07)	196,32	312,19

\*Skliausteliuose nurodyta oro tūrio vertė su pataisa  $V_0 = 1,07 \text{ cm}^3$  Ši pataisa gauta trumpiausiam vamzdeliui (pataisos skaičiavimą žr. Lab. Darbe „Izoterminis procesas“)

**Rezultatai:**

(Neįskaitant tūrio pataisos)

$$\begin{aligned} V_1 &= 40 \text{ cm}^3; V_2 = 22 \text{ cm}^3; \\ p_1 &= 102,09 \text{ kPa}; p_2 = 196,32 \text{ kPa}; \\ T_1 &= 299 \text{ K}; T_2 = 312,19 \text{ K} \end{aligned}$$

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = 13,7 \text{ kPa} \cdot \text{cm}^3 / \text{K}$$

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = 13,8 \text{ kPa} \cdot \text{cm}^3 / \text{K}$$

$$\text{Procentinis skirtumas} = |(13,8 - 13,7)| / 13,7 \cdot 100\% = 0,7\%$$

**Mokiniai padaro išvadas:**

- Nustatykite, kaip kito oro slėgis ir temperatūra švirkšte, kai staiga sumažinote tūrį.
- Apibendrinkite, ar tyrimas patvirtino idealiųjų dujų būsenos lygtį

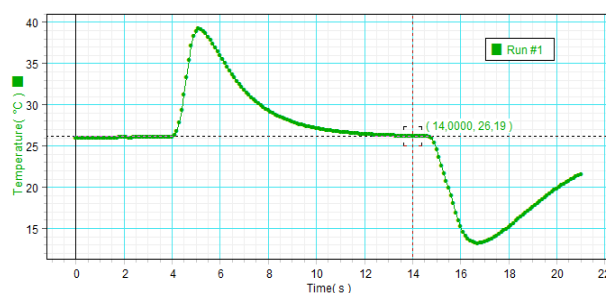
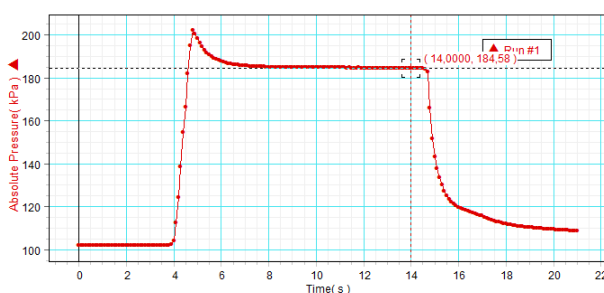
## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Užrašykite Mendelejevo ir Klapeirono lygtį	1. $\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = const.$
2. 413 K išreiškite °C	2. 140°C
3. Ar galite teigti, kad <i>tyrimo metu</i> oras elgėsi taip, kaip idealiosios dujos.	3. Taip. Patikrinus dvi būsenas, būsenos lygtis pasitvirtino (su nedideliu nuokrypiu).
4. Ar pasikeistų tyrimo rezultatai labai tankioms dujoms?	4. Tankių dujų netgi apytiksliai negalima laikyti idealiosiomis. Tokioms dujoms idealiųjų dujų dėsniai negalioja.
5. Kai dujų tūris staiga sumažinamas pusiau, slėgis pasikeičia daugiau nei 2 kartus (8 pav.). Kodėl jis akimirksniu pašoka daugiau nei 200 kPa?	5. Kai dujos yra suspaudžiamos, slėgis akimirksniu šokteli, kadangi padidėja dujų temperatūra. Kai temperatūra nukrenta, slėgis sumažėja.
6. Kai švirškšto stūmokliu dujų tūrį staiga sumažiname pusiau, ir temperatūra, ir slėgis padidėja. Po trumpo laiko, temperatūra nukrinta iki kambario temperatūros, bet slėgis pasiekia naują, aukštesnę reikšmę (8 pav.). Kodėl slėgis nesumažėja iki savo pradinės reikšmės taip, kaip temperatūra?	6. Slėgis nebegrįžta iki pradinės reikšmės, nes tūris sumažėjo. (Dujų molekulių skaičius buvo tas pats)
7. Kai stūmoklis yra atlaisvinamas paskutinėje duomenų surinkimo dalyje, kas vyksta su temperatūra (8 pav.)? Kodėl?	7. Kai dujų slėgis staiga sumažinamas, temperatūra sparčiai krinta ir po to iš lėto grįžta iki kambario temperatūros. Temperatūra krinta dėl staigaus slėgio mažėjimo, kuris yra iš esmės adiabatinis. Ji sugrįžta iki kambario temperatūros dėl aplinkos perduoto šilumos kiekio dujoms ir švirškštui.

### Papildoma užduotis: Remdamiesi gautais duomenimis patikrinkite Boilio ir Marioto dėsnį.

Kai švirškšto stūmokliu dujų tūrį staiga sumažiname pusiau ir temperatūra, ir slėgis padidėja. Po trumpo laiko temperatūra nukrinta iki kambario temperatūros, bet slėgis pasiekia naują, aukštesnę reikšmę. Kodėl slėgis nesumažėja iki savo pradinės reikšmės taip, kaip temperatūra?

Kaip, remiantis tokiu faktu, galima patikrinti Boilio ir Marioto dėsnį?



**9 pav.** Iš slėgio grafiko randame tą slėgio vertę, kai temperatūra nukrinta iki pradinės. (Šio tyrimo metu gauta slėgio vertė 184.58 kPa.)

Tyrimo duomenis surašome į antrąją lentelę ir apskaičiuojame sandaugas  $p_1 V_1$  prieš suspaudžiant dujas ir  $p_2 V_2$  – suspaudus. Sandaugas palyginame.

Tyrimo metu gavome tokius rezultatus:

## 2 lentelė

	Tūris $V$ , ( $cm^3$ )	Slėgis $p$ , ( $kPa$ )	Tūris ( $cm^3$ ) $\times$ Slėgis ( $kPa$ )
1	40 (41,07)	102,09	4083
2	22 (23,07)	184,58	4060

Skliausteliuose nurodyta oro tūrio vertė su pataisa  $V_0 = 1,07 cm^3$

Skaičiuojant be tūrio pataisos

$$p_1V_1 = p_2V_2;$$

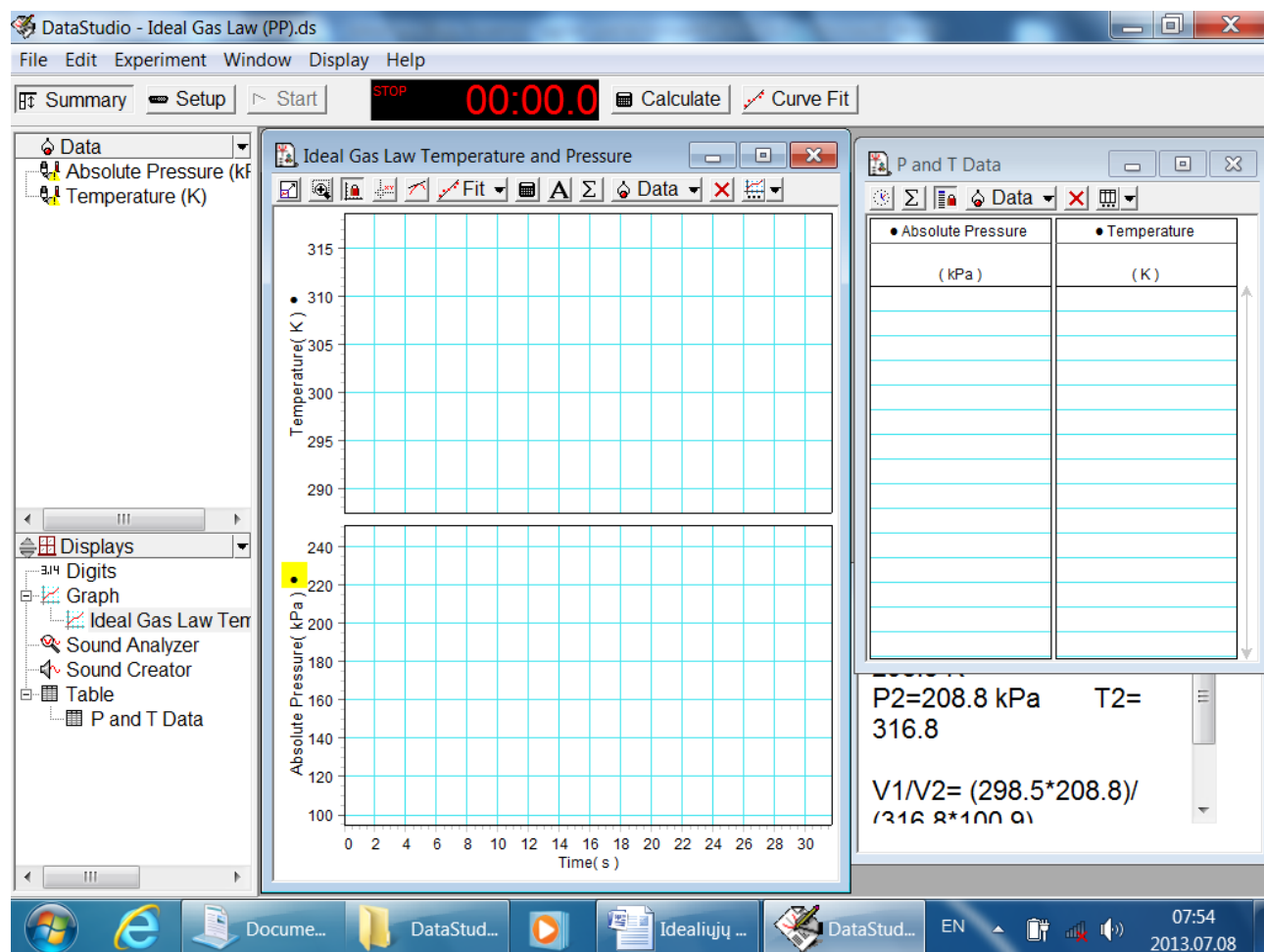
$$102,09 \cdot 40 \approx 184,58 \cdot 22.$$

$$4083 \approx 4060.$$

Ivertinam santykinį procentinį skirtumą:

$$\text{Santykinis procentinis skirtumas} = 23/4083 \cdot 100\% = 0,0056 \cdot 100\% = 0,6\%$$

\*Interaktyvus *DataStudio* langas „DataStudio-Ideal Gas Law (PP).ds.“ (10 pav.) atsidaro iš kompaktinio disko „CD (EX-9922D PASCO“, „**Experiment Resources**, Volume 1“, kurį gavote kartu su GLX’u. Dar jį galite rasti: CD „Ideal Gas Law Syringe“, TD-8596A, Experiment Configuration Files for DataStudio™ arba „Ideal Gas Law“. Prieiga per internetą: [www.pasco.com](http://www.pasco.com).



9 pav. Inreaktyvus DataStudio lango „DataStudio-Ideal Gas Law (PP).ds.“ vaizdas.

### 3.2.3. IZOTERMINIS PROCESAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

3. Makrosistemų fizika	
<b>Nuostata</b> Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti makrosistemose vykstančius procesus apibūdinančius dėsnius analizuojant buityje ir technikoje matomus reiškinius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
3.2. Taikyti idealiųjų dujų dėsnius sprendžiant uždavinius; braižyti ir analizuoti izoprocesų grafikus. Atlikti izoprocesų tyrimą.	3.2.1. Apibūdinti idealiasias dujas kaip realiųjų dujų modelį. 3.2.2. Nusakyti temperatūrą kaip molekulių vidutinės kinetinės energijos matą. 3.2.4. Nusakyti dujų būseną apibūdinančių parametrų (slėgio, tūrio, temperatūros) tarpusavio ryšius ir užrašyti idealiųjų dujų būsenos lygtį. 3.2.5. Apibūdinti izoprocesus, pateikti jų pavyzdžių ir užrašyti juos nusakančias lygtis.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Izoterminio proceso metu dujų temperatūra nekinta:  $T = const$ . Šiam procesui aprašyti galioja Boilio ir Marioto dėsnis: *kai sistemos temperatūra nekinta, dujų slėgis atvirkščiai proporcingas jų tūriui*, t. y. slėgio ir tūrio sandauga yra pastovi:  $p_1V_1 = p_2V_2 = const$ .

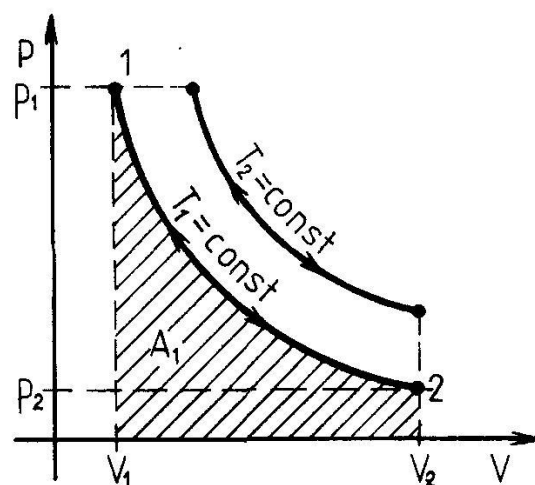
Grafiškai tai vaizduojama hiperbole – *izoterme* (1 pav.). Kuo aukštesnė dujų temperatūra, tuo aukščiau yra izotermė. Boilio ir Marioto dėsnis paaiškinamas molekulių koncentracijos kitimu kintant, pavyzdžiui, tūriui. Tūriui padidėjus  $n$  kartų, tiek pat kartų sumažėja molekulių smūgių į indo sienelės skaičius, kartu sumažėja ir slėgis. Sistemai suteiktas šilumos kiekis suvartojamas dujų plėtimosi darbu prieš išorines slėgimo jėgas atlikti. Plėtimosi darbo skaitinė vertė lygi plotui po kreive.

#### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas susideda iš dviejų dalių:

- I dalis. Boilio ir Marioto dėsnio patikrinimas.
- II dalis. Darbo izoterminio proceso metu radimas.

Tikrinant *Boilio ir Marioto* dėsnį, sandariame švirkšte, esant pastoviai temperatūrai bus spaudžiamas oras ir braižomas slėgio priklausomybės nuo tūrio grafikas GLX'o grafiniame displėjuje. Slėgis bus matuojamas slėgio jutikliu. Slėgio vertės bus automatiškai fiksuojamos grafiko vertikalioje („y“) ašyje. Tūrio vertės į horizontaliąją („x“) ašį bus suvedamos savarankiškai. Pagal gautą eksperimentinę izotermę bus skaičiuojamos ir lyginamos dujų tūrio ir slėgio sandaugos



**1 pav.** Dujų slėgio priklausomybės nuo tūrio grafikas, kai temperatūra pastovi – izotermė (hiperbolė). Subrūkšniuotas plotas po kreive lygus darbo izoterminio proceso metu skaitmeninei vertei.

įvairiais proceso etapais, bandoma išsiaiškinti, dėl ko teoriniai ir eksperimentiniai duomenys galėtų nesutapti.

Eksperimento metu gautus duomenis siūloma analizuoti dviem būdais:

- *1 būdas* – skaičiuojant ir lyginant įvairių būsenų tūrio ir slėgio sandaugas arba santykius,
- *2 būdas* – braižant slėgio, priklausančio nuo tūrio, inversijos grafiką ir iš jo randant tūrio ir slėgio sandaugos konstantą.

*Darbas izoterminio proceso metu bus randamas grafiškai pagal plotą po izoterme.*

Tyrimą numatoma atlikti **II lygmeniu**, kaip **struktūruotą tyrinėjimą**. Mokiniam bus pateikiama nuosekli darbo eiga ir tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Mokiniai tikrins suformuluotą hipotezę. Žinodami priklausomybę tarp *idealiųjų* dujų tūrio ir slėgio, esant pastoviai temperatūrai, šį sąryšį tikrins eksperimentiškai, taikydami jį švirkšte spaudžiamam *orui*.

Numatant tyrimą atlikti **III lygmeniu**, kaip **koordinuotą tyrinėjimą**, mokiniam bus pateikiamas tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas, tačiau darbo eiga nebus pateikiama. Mokiniai tikrins jų pačių suformuluotą hipotezę, atlikdami eksperimentą pagal jų pačių numatomą darbo eigą. Darant tyrimą III lygmeniu, rezultatų analizę mokiniai galėtų atlikti nubrėžę dujų slėgio, priklausančio nuo tūrio, inversijos grafiką. (žr. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė (2)***).

Lygindami savo iškeltas hipotezes / prielaidas su tyrimo metu gautais rezultatais, mokiniai mokosi kritiškai mąstyti. Esant prieštaravimų, ieškoma priežasčių: ar eksperimentuojant padaryta klaida, ar neteisingai iškelta hipotezė. Vienu atveju grįžtama prie eksperimento, kitu – gilinamasi į teoriją.

Tyrimą mokiniai gali atlikti grupėmis po 3–4. Kiekvienai grupei galima rekomenduoti spausti skirtingo pradinio tūrio dujas esant skirtingam pradiniam slėgiui. Dirbdami grupėmis, mokiniai palygina grupių rezultatus, diskutuoja.

Eksperimentą patogiau atlikti, kai vienas mokinytis spaudžia orą švirkšte ir garsiai pasako tūrio vertę, o kitas savarankiškai GLX'o klaviatūra tūrio duomenis suveda į „x“ ašį. Atlikus vieną matavimų seriją, mokiniai gali / turi pasikeisti vietomis. Tokiu atveju ugdoma kiekvieno mokinio atsakomybė visai komandai už atlikto darbo kokybę ir kiekvieno gebėjimai dirbti su aparatais.

## EKSPERIMENTAS

### *I dalis. Boilio ir Marioto dėsnio patikrinimas.*

#### **II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas**

**Tyrimo problema.** Kaip kis dujų slėgis, jeigu, esant pastoviai temperatūrai ir nekintant dujų masei, mažinsime jų tūrį?

**Tyrimo hipotezė.** Jeigu dujų masė pastovi, esant pastoviai temperatūrai, dujų slėgis yra atvirkščiai proporcingas jų tūriui: dujų tūrio ir slėgio sandauga yra pastovus dydis.

#### **Laukiami rezultatai:**

- Giliau supras izoterminį procesą ir gebės pavaizduoti jį grafiškai.
- Gebės surinkti įrenginį, patikrinti jo sandarumą, išsiaiškinti galimas nesandarumo priežastis ir gebės jas pašalinti. Supras įrenginio sandarumo svarbą šiame tyrime.
- Atliks matavimus ir duomenų analizę GLX'u.
- Išmoks transformuoti slėgio priklausomybės nuo tūrio grafiką į slėgio priklausomybės nuo tūrio inversijos –  $\frac{1}{V}$  grafiką ir gebės naudotis jo teikiama informacija.
- Analizuodami eksperimentinius duomenis ir lygindami juos su teoriniais duomenimis, gebės atrasti skirtumus (jeigu tokių yra) ir paaiškinti jų priežastis.
- Gebės kreives atvaizduoti tiesėmis ir iš jų gauti reikiamą informaciją.



- Gebės grafiškai rasti darbą izoterminio proceso metu.

### Eksperto priemonės:

- Cilindras su stūmokliu (60 ml švirkštas (2 pav.)) arba prietaisas idealiųjų dujų būvio lygties patikrinimui (2 a pav.);
- Xploreris GLX;
- Slėgio-temperatūros (arba kitas slėgio) jutiklis;
- Plastiko vamzdelis su specialiais antgaliais (švirkštui su slėgio jutikliu sujungti);
- Kompiuteris su įdiegta DataStudio programa (nebūtinas).

Darbo su *prietaisu idealiųjų dujų būvio lygties patikrinti* ypatumai aprašyti darbe „Idealiųjų dujų būvio lygties patikrinimas“. Tikrinant Boilio ir Marioto dėsnį šiuo prietaisu dvigubo slėgio-temperatūros jutiklio temperatūrinė jungtis nejungiamas.




**2 pav.** Į pirmąjį GLX'o lizdą įjungtas slėgio jutiklis, kuris plastiko vamzdeliu su specialiu antgaliu sujungtas su švirkštu.

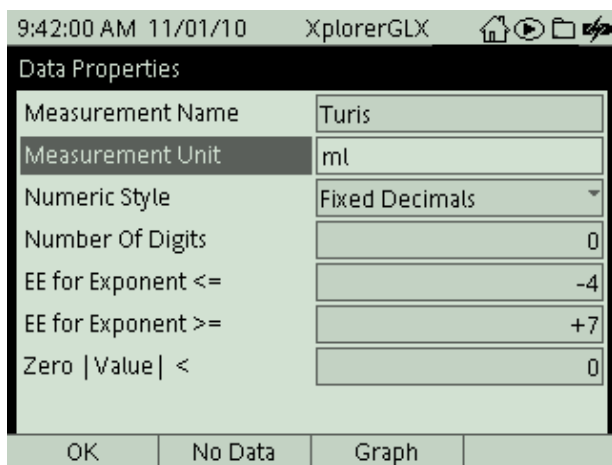


**2 a pav.** Prietaisas idealiųjų dujų būvio lygties patikrinti.

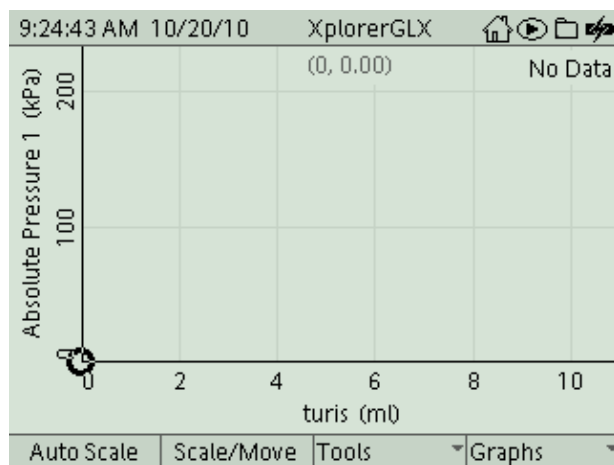
### Darbo eiga

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Įrenginys sumontuojamas taip, kaip (2 pav.) arba (2 a pav.). Slėgio jutiklis pačiu trumpiausiu vamzdeliu sujungiamas dujų rezervuaru (švirkštu).
- 1.2. Prijungus slėgio jutiklį prie GLX'o, pastarasis jį atpažįsta ir ekrane atsiranda grafikas, kurio „y“ ašyje slėgis kPa, „x“ ašyje – laikas t sekundėmis. Izotermei nubrėžti „x“ ašyje turi būti atidedamos dujų tūrio vertės. Į „x“ ašį jas suvesime savarankiškai: Paspaudžiame *Home* → *F4 (Sensors)* → *F1*. Atsivėrusiame meniu pasirenkama komanda *Manual* (kas reiškia savarankišką duomenų įvedimą) ir patvirtiname pasirinkimą, paspausdami . Atsiveria langas, kaip (3 a pav.). Atsivėrusiame lange įvardijame norimą matuoti dydį ir jo matavimo vienetus.




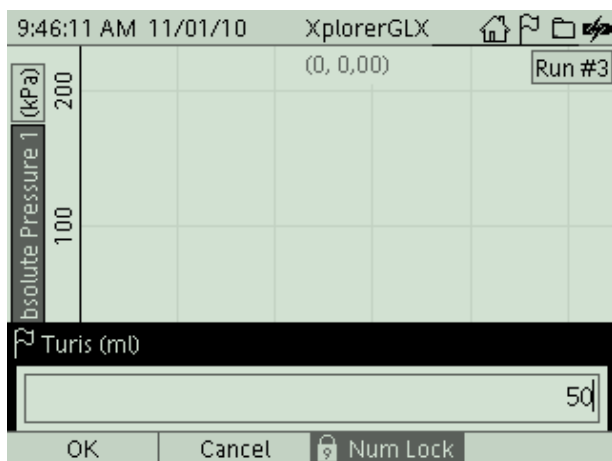
**3 a pav.** Atsivėrusiame lange įvardytas: „Tūris“ ir jo matavimo vienetai „ml“. Paspaudžiamas *OK* (*F1*).



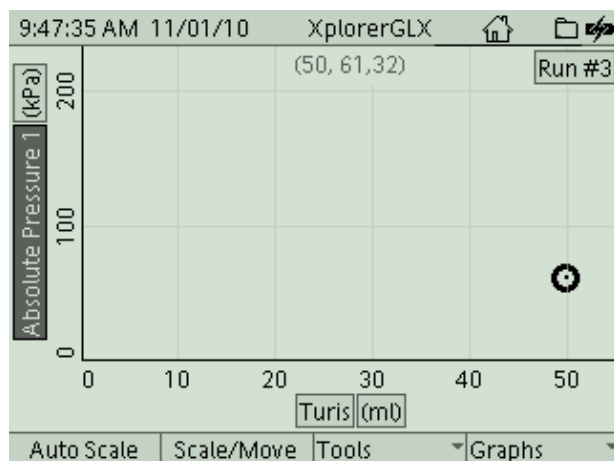
**3 b pav.** ..... keliamume į „x“ ašį. Atsivėrusiame meniu pasirenkame – tūris (ml). Ekrane atsiranda koordinatinių ašys, su slėgiu (kPa) „y“ ašyje ir tūriu (ml) „x“ ašyje.

## 2. *Matavimų procedūros*

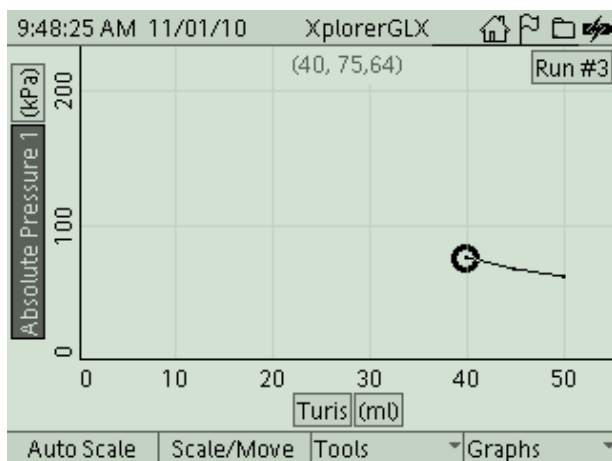
- 2.1. *Numatome tyrimo sąlygas:* Dujas spausime mažindami jų tūrį, pavyzdžiui, nuo 50 ml iki 10 ml, kas 2–5 ml. (Čia moksleivių pasirinkimas gali būti pats įvairiausias.)
- 2.2. Tūrio vertę įvesime savarankiškai klaviatūra. Naudosimės savarankiško duomenų įvedimo įrankiu – vėliavėle.
- 2.3. Švirkšto stūmoklį nustumiamė į kurią nors norimą padėtį, pvz.,: 50 ml.
- 2.4. Pradedame matavimą: paspaudžiamė *Start* . GLX'o ekrane nieko nematome, bet GLX'o lango viršuje, pamatome judančią vėliavėlę (4 a pav.). Tai savarankiško duomenų įvedimo indikatorius (*Manual sampling indikatorius*). Paspaudžiamė vėliavėlę ant GLX'o. Po grafiku atsiveria stačiakampis langelis į kurį klaviatūra įrašome tūrio vertę: pav.: 50 ml. (4 a pav.) ir paspaudžiamė patvirtinimo mygtuką *OK*.



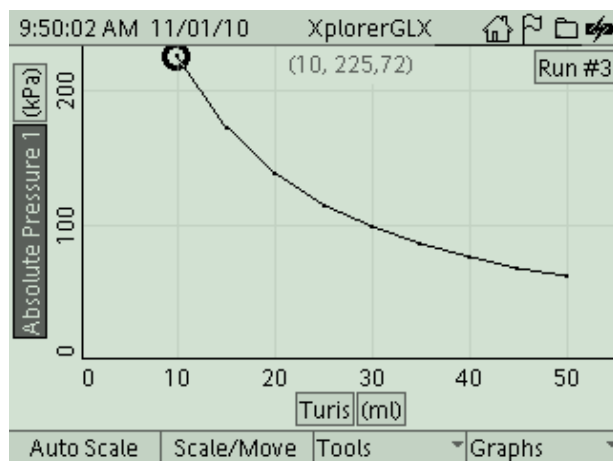
**4 a pav.** Atsivėrusiame langelyje įrašome pradinę tūrio vertę (čia – 50)



**4 b pav.** Paspaudus patvirtinimo mygtuką *OK* koordinatinių plokštumoje atsiranda skrituliukas su tašku, o viršuje skliausteliuose (mūsų atveju (50, 61,32), t. y. šio taško koordinatės: dujų tūris 50 ml ir dujų slėgis 61,32 kPa).



**4 c pav.** Suspaudžiame dujas iki 40 ml., paspaudžiame vėliavėlę ir OK. Skrituliukas su tašku nukeliauja į kitą padėtį. Dabar šio taško koordinatės tokios: dujų tūris 40 ml ir dujų slėgis 75,64kPa.



**4 d pav.** Suvedę likusius duomenis, ekrane matome eksperimentinių taškų išsidėstymą: jis primena – izotermę – kreivę, artimą hiperbolei. (Čia pateikti duomenys, kai eksperimentavome su 30 ml oro, kurio pradinis slėgis buvo 100 kPa. Tyrimo pradžioje dujų tūrį padidinome iki 50 ml ir vėliau jas spaudėme tūrį mažindami kas 5 ml.)

- 2.5. Toliau dujų tūrį mažiname, tarkime, kas penkis mililitrus ir klaviatūra suvedame likusias tūrio vertes, kartodami savarankiško duomenų suvedimo procedūrą.
- 2.6. Padidiname grafiką, paspausdami *F1*. GLX'o grafiniame ekrane matome vaizdą, kaip (4 d pav.). Skliausteliuose virš grafiko – paskutiniojo taško koordinatės (10; 225,72).

### 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė (1)*

*Pirmas būdas.* Skaičiuojamos ir lyginamos įvairių būsenų dujų tūrio ir slėgio sandaugos esant pastoviai temperatūrai:  $P_1V_1 = P_2V_2$ , arba ieškoma santykio:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \quad (1)$$

Apskaičiuokite kelioms būsenoms šiuos santykius. Ar santykiai vienodi?

Kažkiek skiriasi. Tūrio vertės buvo atskaitomos pagal švirkšto skalę, neįskaitant dujų tūrio jungiamajame vamzdelyje.

*Jeigu vamzdelio ilgis yra ženklus, reikia įvesti tūrio pataisą  $V_0$ . Tuomet lygtis (1) gali būti perrašoma į:*

$$\frac{V_1 + V_0}{V_2 + V_0} = \frac{P_2}{P_1} \quad (2)$$

*Antrąją lygtį išspręskite. Raskite  $V_0$ :*

$$V_0 = \frac{V_2P_2 - V_1P_1}{P_1 - P_2}$$

*Įstatę išmatuotas pradinio ir galutinio tūrio ir slėgio vertes, raskite tūrio pataisą  $V_0$ .*

$$V_0 =$$

*Pastaba:* tūrio pataisa gali skirtis, priklausomai nuo jungiančiojo vamzdelio ilgio. Pavyzdžiui, atliekant tyrimą su trumpiausiu jungiamuoju vamzdeliu, tūrio pataisa buvo gauta:  $V_0 = 1,07 \text{ ml}$ .

Įvedę tūrio pataisą, bent kelioms būsenoms patikrinkite (1) lygtį. Tūrio ir slėgio duomenis imkite iš jūsų gauto  $p$  nuo  $V$  grafiko (4 d pav.) arba juos galite rasti GLX'o lentelės displėjuje (Prie tūrio vertės nepamirškite pridėti tūrio pataisos  $V_0$ ).

#### 4. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė (2)*

Boilio ir Marioto dėsnį  $pV = \text{const}$  galime perrašyti:

$$p = \text{const} \cdot \frac{1}{V}.$$

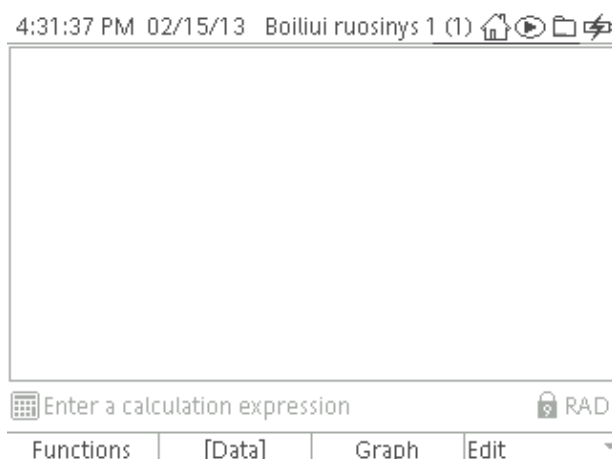
Dydį  $\frac{1}{V}$  įprasta vadinti tūrio inversija. Atidėjus  $\frac{1}{V}$  „x“ ašyje, slėgio priklausomybės nuo tūrio inversijos grafikas bus tiesė, kurios krypties koeficientas lygus const. Konstantą, rastą grafiškai, pažymėsime „const<sub>graf</sub>“.

4.1. Gautąją izotermę  $p - V$  ašyse (4 d pav.), pavaizduokite  $p$  nuo  $\frac{1}{V}$  ašyse.

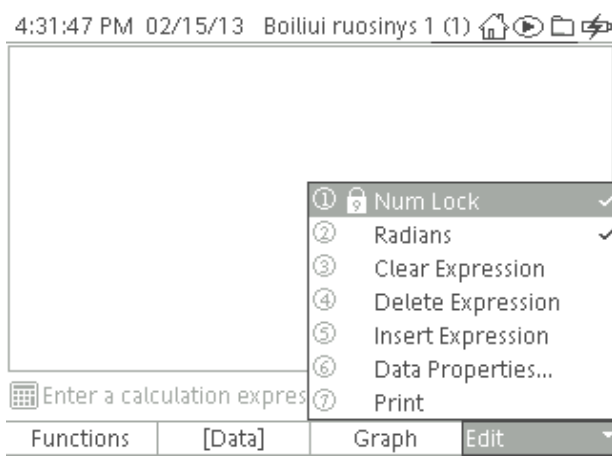
4.2. Iš gautojo  $p$  nuo  $\frac{1}{V}$  grafiko raskite konstantą „const<sub>graf</sub>“.

4.3. Gautąją vertę palyginkite su konstanta, apskaičiuota pagal slėgio ir tūrio sandaugą  $p_1V_1$  pradinėmis sąlygomis. Tūrį imkite su apskaičiuota pataisa  $V_0$ . Raskite jų procentinį skirtumą.

Paveiksluose (nuo 5 pav. iki 20 pav.) pateikta veiksmų seka, kaip GLX'u gauti slėgio  $p$  priklausomybės nuo tūrio inversijos  $\frac{1}{V}$  grafiką ir kaip jį analizuoti.

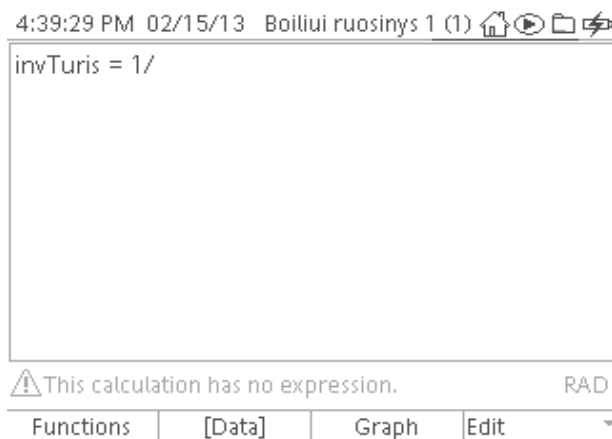


**5 pav.** Spustelkite *Home* → *Calculator* → *OK*.

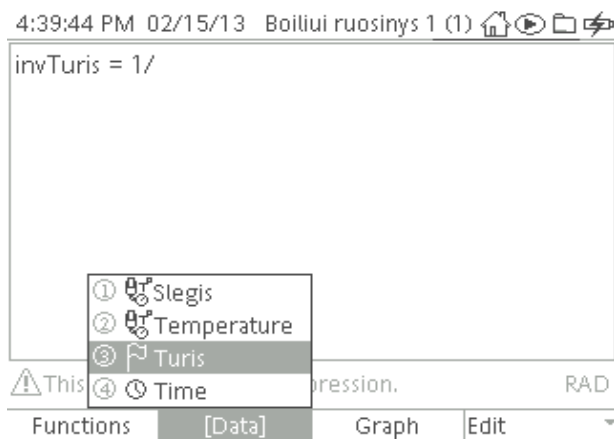


**6 pav.** Spustelėję *Edit*, pasirenkame *Num Lock* ir

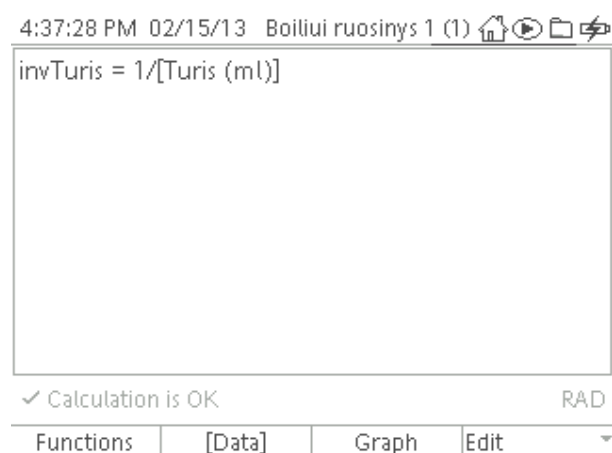
Atsiveria GLX skaičiuoklio langas ir paprašo įrašyti patvirtiname pasirinkimą. išraišką (*Enter a calculation expression*)



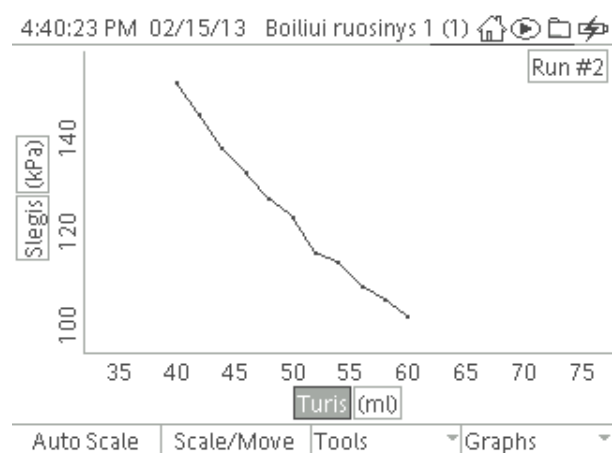
**7 pav.** Klaviatūra įrašome „invTuris=1/“. „invTuris“ užrašė nepalikite tarpelio ar kitų ženklų.



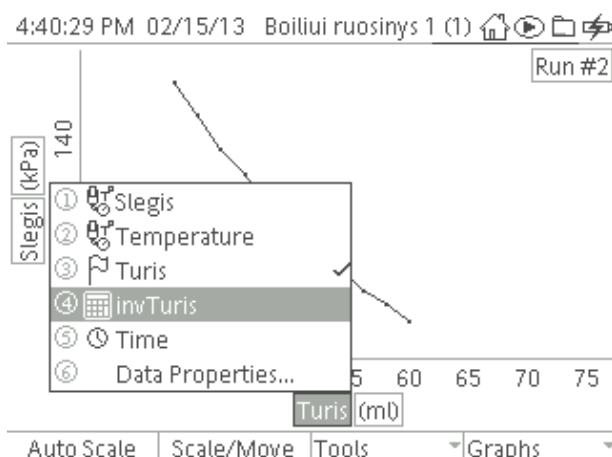
**8 pav.** Spustelime [Data] ir atsivėrusiame pasiūlyme pasirenkame tūrį su vėliavėle. (Rankomis įvesti tūrio duomenys atkeliaus į vardiklį).



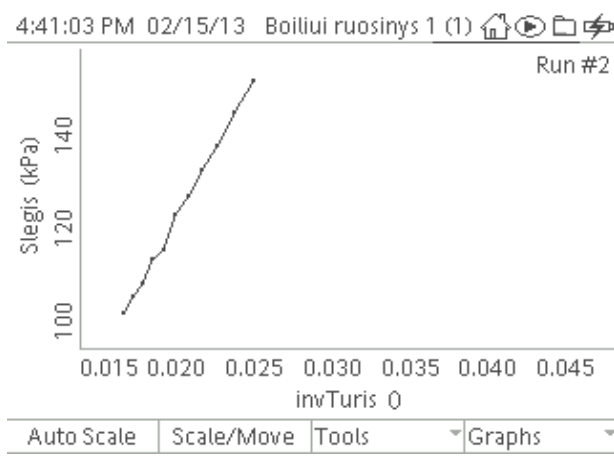
**9 pav.** GLX skaičiuoklio lange atsiranda užrašas „invTuris=1/[Turis(ml)]“. Jį patvirtinus, lango apačioje atsiranda užrašas *Calculation is OK*



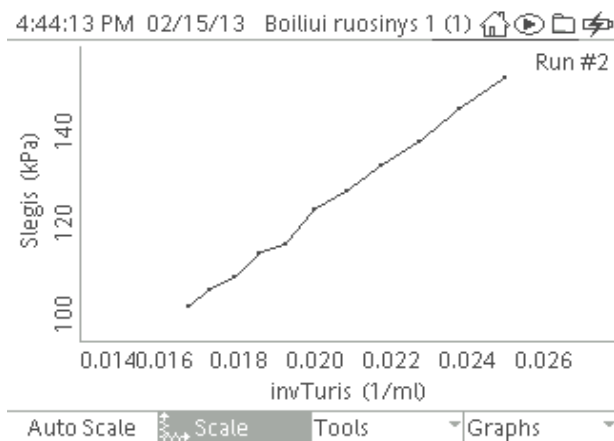
**10 pav.** Grįžtame į grafinį ekraną: *Home* → *Graph* (*FI*). Atsiveria GLX grafinis langas. Keliaujame į „x“ ašį – t. y. į tūrio ašį.



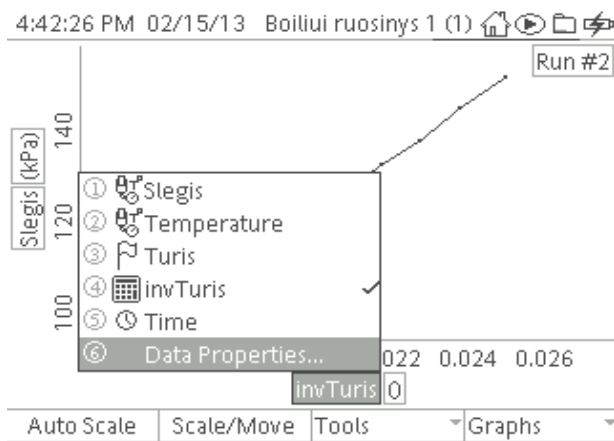
**11 pav.** Atsiveria pasiūlymas. Pasirenkame „invTuris“ su skaičiuoklio lango simboliu ir, patvirtinus pasirinkimą, atsiveria grafikas su tūrio inversija „x“ ašyje (12 pav.).



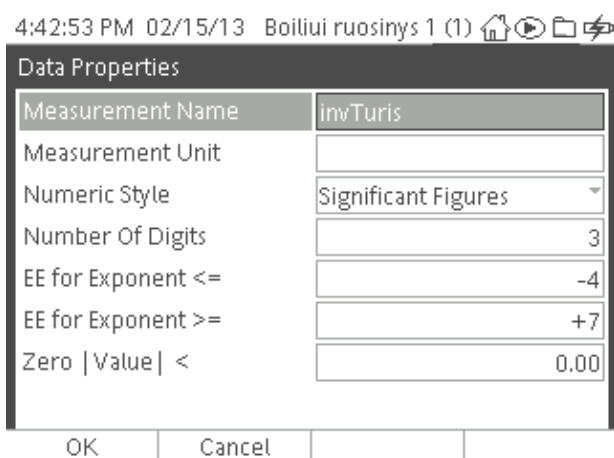
**12 pav.** .....„x“ ašyje atsiranda „invTuris()“.



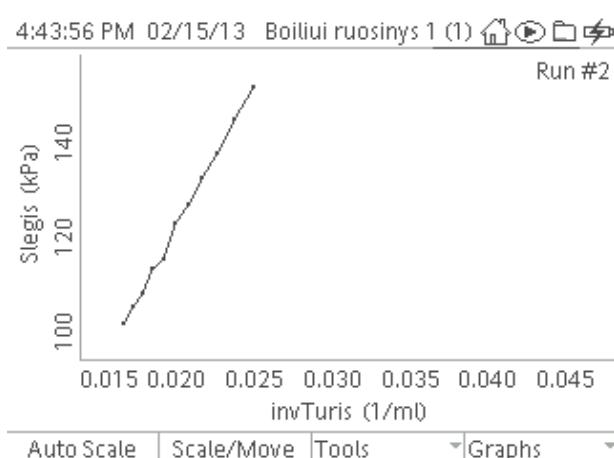
13 pav. Spustelėję  $F2$  (*Scale/Move*), pasirenkame *Scale* ir grafiką padidiname (jeigu reikia).



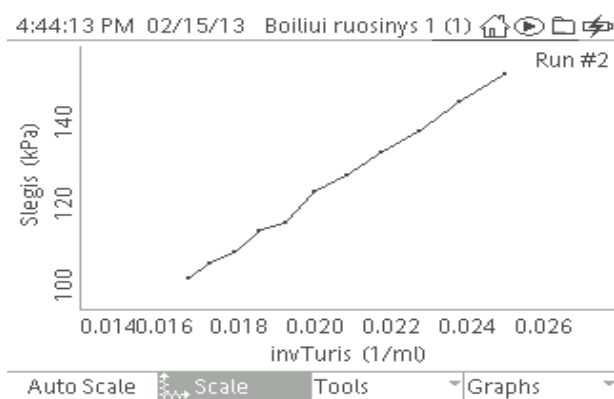
14 pav. Norėdami įvesti tūrio inversijos vienetus, keliaujame į „x“ ašį, gauname pasiūlymą, pasirenkame *Data Properties...* ...ir...



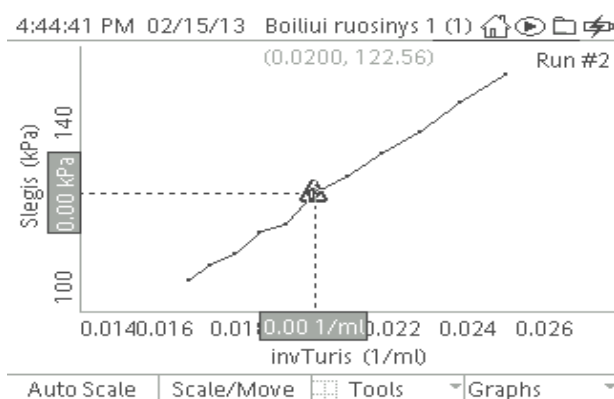
15 pav. ... baltame langelyje klaviatūra įvesime tūrio inversijos matavimo vienetą „1/ml“ ir nuspausime *OK*.



16 pav. ...,x“ ašyje atsiranda tūrio inversijos matavimo vienetui „1/ml“.

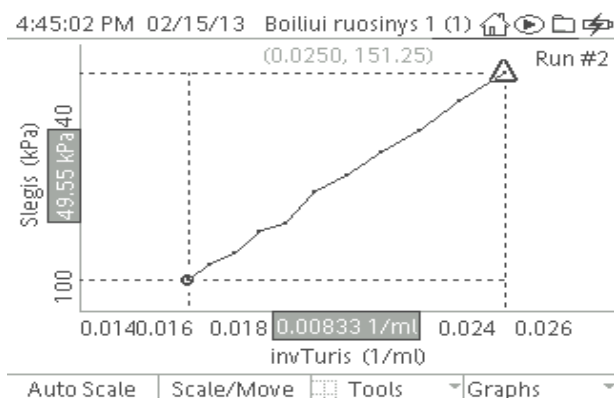


17 pav. Spustelėję  $F2$  (*Scale/Move*), pasirenkame *Scale* ir grafiką padidiname.

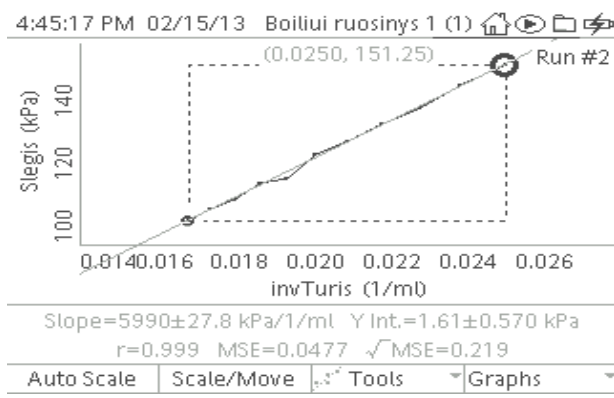


18 pav. Spustelime  $F3$  (*Tools*) ir, gavę pasiūlymą, pasirenkame skirtumo įrankį (*Delta Tool*).





**19 pav.** Skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) pasižymime matavimo duomenų pradžią ir pabaigą.



**20 pav.** Spustelime *F3 (Tools)* ir, gavę pasiūlymą, pasirenkame *Linear Fit*, kad aproksimuotume matavimo duomenis tiese. Aproksimavę matavimo duomenis tiese, po grafiku matome šios tiesės krypties koeficientą  $5990 \pm 27.8 \text{ kPa/1/ml}$ . Šiame tyrime jis reiškia konstantą „const“  $pV = \text{const}$  arba  $p = \text{const} \cdot 1/V$

- 4.4. Gautąją konstantą „ $const_{graf}$ “ palyginkite su konstanta, apskaičiuota pagal slėgio ir tūrio sandaugą  $p_1V_1 = const_1$  pradinėmis sąlygomis. Tūrį imkite su apskaičiuota pataisa  $V_0$ .

$$const_1 = p_1V_1 = 101,71 \text{ kPa} \cdot 61,7 \text{ ml} = 6275,51 \text{ kPa ml.}$$

$$const_{graf} = \text{polinkis} = \text{Slope} = 5990 \pm 27,8 \text{ kPa/1/ml.}$$

- 4.5. Apskaičiuokite santykinį procentinį skirtumą tarp konstantos, nustatytos grafiškai „ $const_{graf}$ “, ir konstantos, apskaičiuotos pradinėmis sąlygomis  $const_1$ .

$$\%skirtumas = \left| \frac{\text{Tikroji vertė} - \text{Eksperimentinė vertė}}{\text{Tikroji vertė}} \right| \times 100\%$$

*Tikrąja verte laikykite  $const_1$ .*

$$\%skirtumas = \left| \frac{6275 - 5990}{6275} \right| \times 100\% = 4,5\%$$

### Mokiniai padaro išvadas:

- apie p priklausomybės nuo  $V$  grafiką;
- ar visame tūrio kitimo intervale sisteminė tūrio paklaida  $V_0$  turėjo vienodą įtaką galutiniam rezultatui;
- apie grafiko  $p$  nuo  $\frac{1}{V}$  krypties koeficiento fizikinę prasmę;
- ką galėtų reikšti tai, jeigu  $const_1 > const_{graf}$ ;
- ar jūsų atliktas tyrimas patvirtino ar paneigė jūsų iškeltą prielaidą / hipotezę?

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

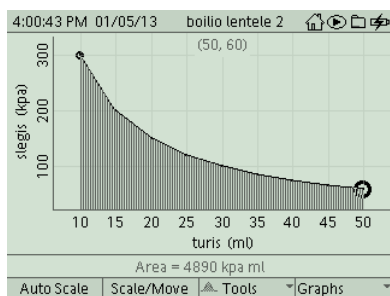
Klausimai	Atsakymai
1. Kokį procesą tyrė Boilis ir Mariotas?	1. Izoterminį
2. Kaip vadinama matematikoje izotermės kreivė?	2. Hiperbolė
3. Ar tarp dujų tūrio ir slėgio yra tiesioginė ar atvirkštinė priklausomybė?	3. Atvirkštinė: kai tūris mažėja, slėgis didėja.
4. Kuris sąryšis: $pV = const$ ar $p = const/V$ teisingai aprašo izoterminį procesą?	4. Abu
5. Paaiškinkite, kodėl darosi vis sunkiau stumti švirkšto stūmoklį spaudžiant orą?	5. Nes oro molekulių smūgių skaičius į švirkšto sienelės ir stūmoklį darosi vis didesnis.
6. Izoterminiam procesui $pV = k$ . Koks turėtų būti konstantos k priklausomybės nuo V grafikas idealioms dujoms?	6. Tiesė su nuliniu krypties koeficientu.
7. Prie didelių ar prie mažų tūrių labiau nukrypstama nuo idealiųjų dujų?	7. Esant mažiems.
8. Kurioje slėgio nuo tūrio grafiko dalyje oras elgiasi panašiau į idealias dujas? Kurioje – į realias?	8. Kai slėgis mažas ir didelis tūris – panašiau į idealias dujas. Esant dideliui slėgiui ir mažam tūriui – į realias.
9. Koks bus oro slėgis švirkšte, kai tūris bus 15 ml? Apskaičiuokite.	9. $pV = k$ ; $p = k/V$ ; $p =$
10. Ką ir kaip pakeistumėte eksperimente, kad būtų panašiau į idealiąsias dujas?	10. Švirkštą pakeisčiau į didesnio tūrio. Orą į dujas, kurių molekulės yra mažesnės (pvz., į helį).

### II dalis. Darbo, atlikto izotermiškai spaudžiant dujas, radimas.

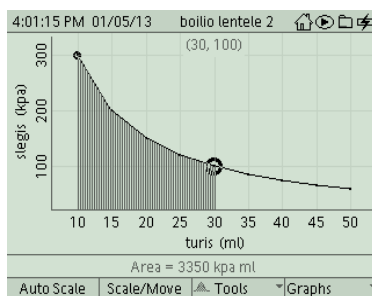
Šiame eksperimente mokiniai darbą izoterminio proceso metu ras grafiškai. Izotermės ir horizontaliosios ašies ribojamas plotas skaitine reikšme lygus darbui.

Tyrimo eiga tokia pati, kaip aprašyta aukščiau. Gavus izotermę (4 d pav.), mokiniui belieka pasinaudojus ploto (Area Tool) įrankiu surasti plotą po izoterme. Šis plotas yra lygus darbui, kuris buvo atliktas izoterminio proceso metu.

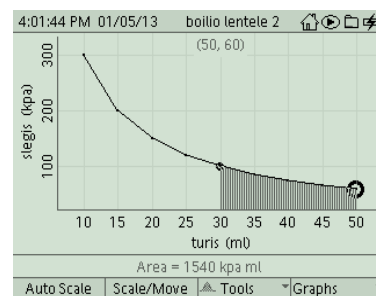
### Eksperimento rezultatai ir jų analizė



**5 a pav.** Pasinaudojus ploto įrankiu (Area) iš įrankių (F3) meniu, randamas plotas po izoterme. Jis reiškia darbą izoterminio proceso metu. Užrašas po grafiku reiškia darbą:  $A = 4890 \text{ kPa ml}$



**5 b pav.** Užstričiuotas plotas po grafiku reiškia darbą, dujas suspaudžiant nuo 30 ml iki 10 ml.  $A_1 = 3350 \text{ kPa ml}$ .



**5 c pav.** Užstričiuotas plotas po grafiku reiškia darbą, dujas suspaudžiant nuo 50 ml iki 30 ml.  $A_2 = 1540 \text{ kPa ml}$ .

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie tai, ką reiškia plotas izotermės ir horizontaliosios ašies ribojamas plotas;
- palyginkite darbą, dujas suspaudžiant nuo 50 ml iki 30 ml su darbu, dujas suspaudžiant nuo 30 ml iki 10 ml, ir padarykite išvadą, kodėl šie darbai skiriasi.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI**

Klausimai	Atsakymai
1. Kokį procesą tyrė Boilis ir Mariotas?	1. Izoterminį
2. Kaip vadinama matematikoje izotermės kreivė?	2. Hiperbolė
3. Ką reiškia plotas izotermės ir horizontaliosios ašies ribojamas plotas?	3. Darbą izoterminio proceso metu.
4. Dujas slėgėte. Šiuo atveju pačių dujų darbas teigiamas ar neigiamas?	4. Neigiamas
5. Paaiškinkite, kodėl darosi vis sunkiau stumti švirkšto stūmoklį spaudžiant orą?	5. Nes oro molekulių smūgių skaičius į švirkšto sienelės ir stūmoklį darosi vis didesnis.
6. Darbą kPa ml išreiškite džauliais	6. $1 \text{ kPa ml} = 1 \times 10^{-3} \text{ J}$

**Patarimai mokytojui:**

- Koordinačių ašis  $p$ – $V$  grafikui nubrėžti su įvardytais matavimo dydžiais bei jų matavimo vienetais mokytojas gali parengti ir įdėti į GLX'o atmintį. Mokiniais lieka tik atidaryti atitinkamai įvardytą failą ir įvesti tūrio vertes į „x“ ašį. Akivaizdu, oro tūrio keitimo sąlygas turėtų numatyti pats mokinys.
- Šis tyrimas ypač palankus moksleivių kritiniam mąstymui ugdyti, ieškant priežasčių, dėl kurių galimai nesutaps teoriniai ir eksperimentiniai duomenys.
- Darbą atliekant grupėmis, vamzdelio, jungiančio dujų rezervuarą su slėgio jutikliu, ilgis skirtingoms moksleivių grupėms gali būti skirtingas, todėl tūrio pataisą kiekviena mokinių grupė turėtų skaičiuoti individualiai.
- Jeigu mokykla negavo specialios aparatūros idealiųjų dujų dėsniams tirti, šį tyrimą galima atlikti su didelio tūrio medicininiu švirkštu.

### 3.3. ELEKTROS LABORATORINIAI DARBAI

#### 3.3.1. LAIDININKO VARŽOS NUSTATYMAS

#### Bendrosios programos

Pagrindinis ugdymas. 9–10 klasės kursas

1. Gamtos tyrimai	
<b>Nuostatos</b> Noriai, saugiai ir kūrybingai tyrinėti gamtinius reiškinius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.1. Savarankiškai suplanuoti ir atlikti stebėjimus ir bandymus. Saugiai ir kūrybingai naudoti mokyklinės gamtos tyrimo priemones...	1.1.1. Paaiškinti gamtos tyrimų eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai ir išvados. 1.1.2. Pagal aprašymą atlikti stebėjimus ir bandymus.
1.2. Pritaikyti matematikos ir informacinių technologijų pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir pateikti žodžiu ar raštu.	1.2.3. Pagal pateiktą pavyzdį apskaičiuoti dydžius, pildyti jų reikšmių lenteles ir jomis naudojantis nubrėžti paprasčiausius dydžių priklausomybės grafikus. 1.2.4. Užrašyti standartinę skaičiaus išraišką ir atlikti veiksmus su skaičiais, užrašytais standartine išraiška.
1.3. Įvertinti gautų bandymų rezultatų realumą, formuluoti pagrįstas išvadas, analizuoti ir paaiškinti savo ir draugų gautų stebėjimų bei bandymų rezultatų skirtumus ir jų priežastis.	1.3.1. Paaiškinti, kas yra tyrimų rezultatas ir kas yra išvada.
1.4. Operuoti pagrindiniais matavimo vienetais. Kartotinius ar dalinius SI vienetus paversti pagrindiniais.	1.4.1. Nurodyti pagrindinius <...> elektros srovės stiprio, įtampos, elektrinės varžos matavimo vienetus.

9. Energijos ir fizikinių procesų pažinimas	
<b>Nuostatos</b> Jausti atsakomybę už gamtos išsaugojimą ir racionalų išteklių naudojimą.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
9.5. Taikyti Omo dėsnį grandinės daliai, matuoti srovės stiprį ir įtampą.	9.5.1. Apibūdinti ir paprasčiausiais atvejais mokėti išmatuoti ir apskaičiuoti srovės stiprį bei įtampą. 9.5.2. Paaiškinti, kokiais prietaisais matuojamas elektros srovės stipris ir įtampa, kaip prietaisai jungiami į grandinę. 9.5.3. Apibūdinti, kas yra laidininko elektrinė varža <...>, paprasčiausiais atvejais mokėti ją apskaičiuoti. 9.5.4. Suformuluoti ir paaiškinti Omo dėsnį.

## Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Bendrasis / išplėstinis\* kursas

### 1. Metodologiniai fizikos klausimai

#### Nuostatos

Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.

#### Esminis gebėjimas

Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, *analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus...

### 4. Elektra ir magnetizmas

#### Nuostatos

Pasitelkti gamtos mokslų dėsnius, teorijas, sampratas gamtos reiškiniams aiškinti.

#### Esminis gebėjimas

Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.2. Taikyti nuolatinės srovės dėsningumus ir laidininkų jungimo būdus nusakančius dėsnius nesudėtingoms elektrinėms grandinėms nagrinėti.	4.2.1. Apibūdinti nuolatinės srovės dėsningumus, formuluoti Omo dėsnį, vartojant <i>įtampos</i> , <i>srovės stiprio</i> ir <i>varžos</i> sąvokas. 4.2.3. ...išmatuoti srovės stiprį ir įtampą paprasčiausiose grandinėse. *4.2.1. Nusakyti srovės stiprį, įtampą, laidininkų varžą, Omo dėsnį grandinės daliai...

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

## LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

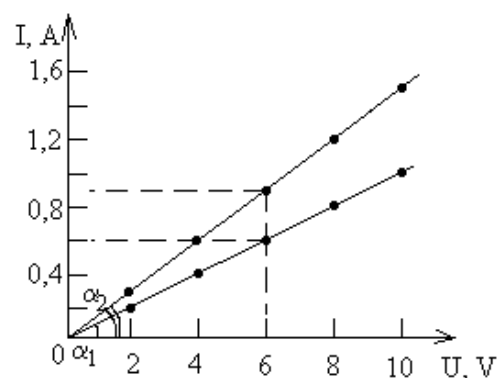
Vokiečių fizikas Georgas Simonas Omas (Ohm, Georg Simon), tirdamas metalinius laidininkus, 1826 m. visų pirma nustatė, kad srovės stipris  $I$  tiesiai proporcingas įtampai  $U$  laidininko galuose:

$$I = kU.$$

Proporcingumas  $k$  vadinamas laidininko elektriniu laidžiu.  $I = f(U)$  grafike (1 pav.) laidį  $k$  vaizduoja kampo tarp  $U$  ašies ir grafiko tangentes:  $tg\alpha_1$ ,  $tg\alpha_2$ . Atvirkščias laidžiui dydis yra laidininko **varža**:

$$R = \frac{1}{k}.$$

Tai fizikinis dydis apibūdinantis laidininko pasipriešinimą elektros srovės tekėjimui.



1 pav. Voltamperinė charakteristika

Omo dėsnis grandinės daliai: srovės stipris  $I$  grandinės dalyje tiesiai proporcingas įtampai  $U$  ir atvirkščiai proporcingas grandinės dalies varžai  $R$ .

$$I = \frac{U}{R}.$$

Išreiškus  $R$ , gaunama

$$R = \frac{U}{I}.$$

Varžos vienetas yra **omas**:  $[R] = 1V : 1A = 1\Omega$ .

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t.y. žinodami Omo dėsnį grandinės daliai, gauna įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką ir iš jo polinkio kampo tangento nustato tiriamosios varžos vertę.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą **Xplorer GLX**.

Darbą siūloma atlikti po Omo dėsnio grandinės daliai mokymo. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai taikyti Omo dėsnį grandinės daliai, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip gavus  $U = f(I)$  grafiką, nustatyti tiriamojo laidininko varžos vertę.

**Tyrimo hipotezė.** Įtampos priklausomybė nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  yra tiesinė, o šios tiesės polinkio kampas proporcingas laidininko varžai.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti tiriamojo laidininko varžos vertę.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos Omo dėsnį ir laidininko varžos fizikinę prasmę.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemones darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką.
- Mokės iš  $U = f(I)$  grafiko nustatyti varžą  $\square$ .
- Mokės apskaičiuoti gauto grafiko tiesės polinkio kampo tangenta\*  $\left(tg\left(\frac{\Delta I}{\Delta U}\right)\right)$ .
- Gebės išsiaiškinti tiesės polinkio kampo tangento  $\left(tg\left(\frac{\Delta I}{\Delta U}\right)\right)$  fizikinę prasmę\*.
- Gebės paaiškinti, kaip skirtingų varžų  $U = f(I)$  priklausomybių polinkio kampas priklauso nuo laidininko varžos vertės.

\*Vidurinis ugdymas. Bendrasis kursas








## Eksperimento priemonės:

- Xplorer GLX;
- Varžai (47  $\Omega$ , 100  $\Omega$  ir kt.);
- GLX galios stiprintuvas;
- Galvanometro jutiklis;
- Jungiamieji laidai.



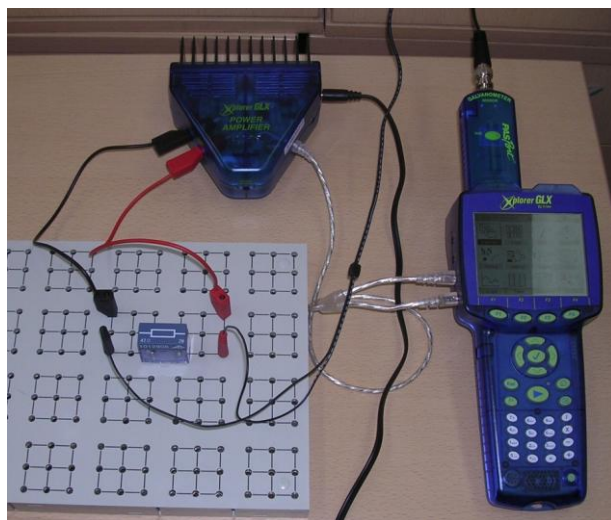
## Darbo eiga:

### Xplorer GLX parengimas naujam eksperimentui:

- Paspauskite mygtuką  (Home Screen).
- Paspauskite mygtuką –  ir atidarykite *Data Files* ekraną.
- Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spauskite . Atsidaro *New Files*.
- Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .




### 1. Priemonių parengimas darbui:

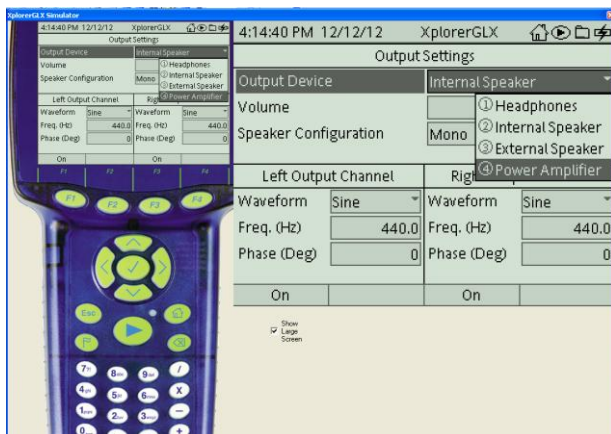
- 1.1. Prijunkite GLX galios stiprintuvą prie GLX (prijungti du laidus į GLX kairiąją pusę). Vienas laidas jungiamas į GLX įtampos jutiklio lizdą, kitas – į išorinį garsiakalbio išvesties lizdą. Kiekvieną laidą galite nustatyti pagal lizdo dydį (2 pav.).
- 1.2. GLX galios stiprintuvą prijunkite prie maitinimo šaltinio (žalias šviesos diodas turėtų išsižiebt).
- 1.3. Prijunkite GLX galios stiprintuvo raudoną lizdą prie vieno varžo galo, o juodą – prie kito. GLX galios stiprintuvas bus naudojamas matuoti srovei, tekančiai per varžą.
- 1.4. Prijunkite galvanometro jutiklį prie *Xplorer GLX*, kad matuotų įtampą tarp varžo galų.
- 1.5. Prijunkite galvanometro jutiklį prie varžo. Derinti raudoną, juodą kištukus ateinančius iš GLX galios stiprintuvo.



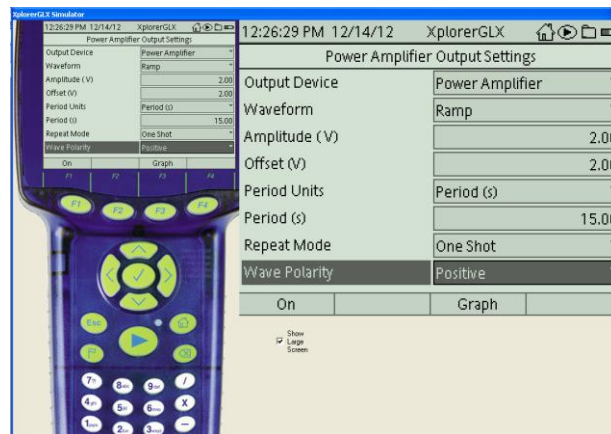
2 pav. Eksperimento stendas

### 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Paspauskite mygtuką  (Home Screen), pasirinkite *Output* ir spauskite mygtuką – .
- 2.2. Lango *Output Settings* pasirinkite *Power Amplifier* ir spauskite –  (3 pav.)

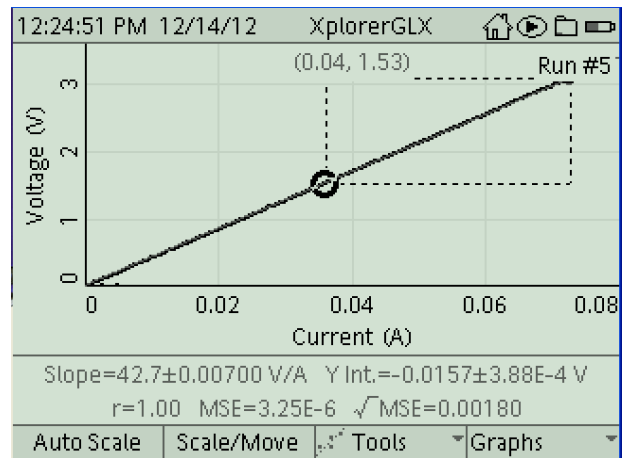


3 pav. Power Ampifier nustatymas



4 pav. Parametrų nustatymas

- 2.3. Vyksta *Power Amplifier* kalibravimas ir atsidaro langas, kuriame reikia nustatyti parametrus, kaip parodyta 4 pav.
- 2.4. Tada įjunkite galios stiprintuvą (*On / FI*) ir tuo pačiu metu paspauskite *Start / Stop* mygtuką – pradėti matavimus.
- 2.5. Duomenų rinkimą sustabdykite prieš galios stiprintuvo automatinį išsijungimą (matuoti iki 15 s). Tai padeda išvengti klaidingų duomenų.
- 2.6. Po matavimo spauskite *F3 / Graph*, grafiko lange pasirinkite *New Graph Page*. Braižomas grafikas.
- 2.7. Jei gaunate  $U(t)$  priklausomybę, laiką (*Time*) pakeiskite į srovę (*Current*).
- 2.8. Jei reikia, pakeiskite grafiko mastelį, kad pamatytume tiesės polinkį (mygtukas *Scale*).
- 2.9. Atlikite grafiko  $U(I)$  tiesinę aproksimaciją (paspauskite mygtuką *Tools* ir pasirinkite *Linear Fit*). Braižomas grafikas ir apskaičiuojamas tiesės polinkio kampo tangentas – krypties koeficientas (5 pav.).

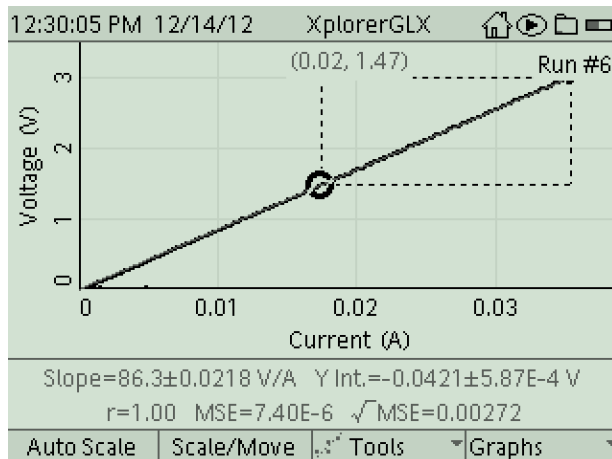


5 pav.  $U = f(I)$  grafikas, kai varža  $R_1$

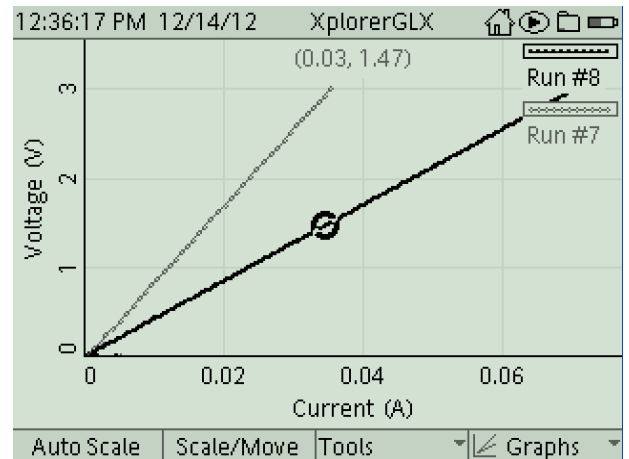
### 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Užrašykite tiriamojo varžo varžos vertę. Tiesės polinkio kampo tangentas (*Slope*) lygus  $R$ , matuojamas  $\Omega$ .


$$R_1 = (42,7 \pm 0,007) \Omega$$



6 pav.  $U = f(I)$  grafikas, kai varžo varža  $R_2$   
 $R_2 = (86,3 \pm 0,0218) \Omega$



7 pav. Dviejų varžų  $U = f(I)$  grafikai

- 3.2. Atlikę visus matavimus su kitu varžu, gaukite  $U = f(I)$  grafiką ir nustatykite jo varžos vertę (6 pav.).
- 3.3. Ištyrinkite, kaip tiesės polinkio kampas priklauso nuo varžo varžos:
  - atlikite aukščiau minėtus matavimus su dviem skirtingais varžais;
  - viename grafike nubraižykite abiejų varžų  $U = f(I)$  priklausomybes (7 pav.) (spauskite *F4 (Graphs)*, pažymėkite *Two Runs* ir spauskite ).
  - įvertinkite, kaip tiesės polinkio kampas priklauso nuo varžos.

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką;
- apie grafiko tiesės polinkio kampo tangento ( $tg(\frac{\Delta I}{\Delta U})$ ) fizikinę prasmę\*;
- apie tiriamąsias varžų varžas;
- kaip grafiko polinkio kampas priklauso nuo varžo varžos.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite Omo dėsnį grandinės daliai.	1. Srovės stipris $I$ grandinės dalyje tiesiai proporcingas įtampai $U$ ir atvirkščiai proporcingas grandinės dalies varžai $R$ . $I = \frac{U}{R}$
2. Kas yra varža?	2. Varža – tai fizikinis dydis apibūdinantis laidininko pasipriešinimą elektros srovės tekėjimui.
3. Kokie varžos vienetai?	3. Varžos vienetas yra omas: $[R] = 1 V : 1 A = 1 \Omega$ .
4. Kokia įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio $U = f(I)$ tiesės polinkio kampo tangento fizikinė prasmė?	4. $U = f(I)$ tiesės polinkio kampo tangentas nusako varžos vertę.

### 3.3.2. LAIDININKO SAVITOSIOS VARŽOS NUSTATYMAS

#### Bendrosios programos

Pagrindinis ugdymas. 9–10 klasės kursas

<b>1. Gamtos tyrimai</b>	
<b>Nuostatos</b> Noriai, saugiai ir kūrybingai tyrinėti gamtinius reiškinius.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
1.1. Savarankiškai suplanuoti ir atlikti stebėjimus ir bandymus. Saugiai ir kūrybingai naudoti mokyklinės gamtos tyrimo priemones...	1.1.1. Paaiškinti gamtos tyrimų eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai ir išvados. 1.1.2. Pagal aprašymą atlikti stebėjimus ir bandymus.
1.2. Pritaikyti matematikos ir informacinių technologijų pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir pateikti žodžiu ar raštu.	1.2.3. Pagal pateiktą pavyzdį apskaičiuoti dydžius, pildyti jų reikšmių lenteles ir jomis naudojantis nubrėžti paprasčiausius dydžių priklausomybės grafikus. 1.2.4. Užrašyti standartinę skaičiaus išraišką ir atlikti veiksmus su skaičiais, užrašytais standartine išraiška.
1.3. Įvertinti gautų bandymų rezultatų realumą, formuluoti pagrįstas išvadas, analizuoti ir paaiškinti savo ir draugų gautų stebėjimų bei bandymų rezultatų skirtumus ir jų priežastis.	1.3.1. Paaiškinti, kas yra tyrimų rezultatas ir kas yra išvada.
1.4. Operuoti pagrindiniais matavimo vienetais. Kartotinius ar dalinius SI vienetus paversti pagrindiniais.	1.4.1. Nurodyti pagrindinius <...> elektros srovės stiprio, įtampos, elektrinės varžos matavimo vienetus.

<b>9. Energijos ir fizikinių procesų pažinimas</b>	
<b>Nuostatos</b> Jausti atsakomybę už gamtos išsaugojimą ir racionalų išteklių naudojimą.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
9.5. Taikyti Omo dėsnį grandinės daliai, matuoti srovės stiprį ir įtampą.	9.5.1. Apibūdinti ir paprasčiausiais atvejais mokėti išmatuoti ir apskaičiuoti srovės stiprį bei įtampą. 9.5.2. Paaiškinti, kokiais prietaisais matuojamas elektros srovės stipris ir įtampa, kaip prietaisai jungiami į grandinę. 9.5.3. Apibūdinti, kas yra laidininko elektrinė varža ir kaip ji priklauso nuo laidininko savybių, paprasčiausiais atvejais mokėti ją apskaičiuoti. 9.5.4. Suformuluoti ir paaiškinti Omo dėsnį.

## Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Bendrasis/išplėstinis\* kursas

### 1. Metodologiniai fizikos klausimai

#### Nuostatos

Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.

#### Esminis gebėjimas

Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, *analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus.

### 4. Elektra ir magnetizmas

#### Nuostatos

Pasitelkti gamtos mokslų dėsnius, teorijas, sampratas gamtos reiškiniams aiškinti.

#### Esminis gebėjimas

Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.2. Taikyti nuolatinės srovės dėsningumus ir laidininkų jungimo būdus nusakančius dėsnius nesudėtingoms elektrinėms grandinėms nagrinėti. Eksperimentiniu būdu nustatyti laidininko savitąją varžą.	4.2.1. Apibūdinti nuolatinės srovės dėsningumus, formuluoti Omo dėsnį, vartojant <i>įtampos</i> , <i>srovės stiprio</i> ir <i>varžos</i> sąvokas. 4.2.3. Apibūdinti laidininkų jungimo būdus, išmatuoti srovės stiprį ir įtampą paprasčiausiose grandinėse. *4.2.1. Nusakyti srovės stiprį, įtampą, laidininkų varžą, Omo dėsnį grandinės daliai...
*4.3. Paaiškinti svarbiausių elektros prietaisų jungimą grandinėse ir matuoti pagrindinius grandinių parametrus.	*4.3.1. Paprasčiausiose grandinėse išmatuoti srovės stiprį ir įtampą. *4.3.2. Nurodyti <...> svarbiausias elektros srovės stiprio ir įtampos matavimo paklaidų priežastis.

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

## LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Vokiečių fizikas Georgas Simonas Omas (Ohm, Georg Simon), tirdamas metalinius laidininkus, 1826 m. visų pirma nustatė, kad srovės stipris  $I$  tiesiai proporcingas įtampai  $U$  išmatuotai laidininko galuose:

$$I = kU.$$

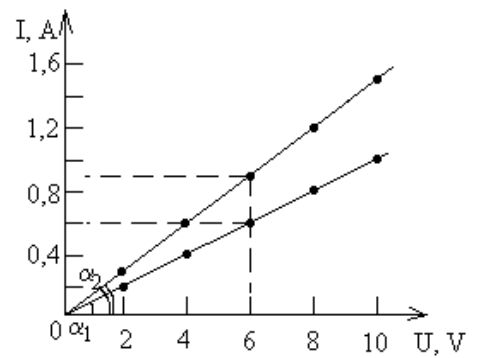
Proporcingumas koeficientas  $k$  vadinamas laidininko elektriniu laidžiu.  $I = f(U)$  grafike (1 pav.) laidį  $k$  vaizduoja kampo tarp  $U$  ašies ir grafiko tangentas:  $tg\alpha_1$ ,  $tg\alpha_2$ . Atvirkščias laidžiui dydis yra laidininko varža:

$$R = \frac{1}{k}.$$

Tai fizikinis dydis apibūdinantis laidininko pasipriešinimą elektros srovės tekėjimui.

Omo dėsnis grandinės daliai: srovės stipris  $I$  grandinės dalyje tiesiai proporcingas įtampai  $U$  ir atvirkščiai proporcingas grandinės dalies varžai  $R$ .

$$I = \frac{U}{R}.$$



1 pav. Voltamperinė charakteristika

Išreiškus  $R$ , gaunama

$$R = \frac{U}{I}.$$

Varžos vienetas yra omas:  $[R] = 1 \text{ V} : 1 \text{ A} = 1 \Omega$ .

G. Omo matavimais nustatyta varžos  $R$  priklausomybė nuo laidininko ilgio  $\ell$ , skerspjūvio ploto  $S$  ir medžiagos, iš kurios pagamintas laidininkas:

$$R = \rho \frac{\ell}{S}.$$

Koeficientas  $\rho$  vadinamas savitąja varža.

Turint varžos priklausomybės nuo laidininko ilgio grafiką  $R = f(\ell)$ , grafiko polinkio kampo tangentas duoda savitosios varžos ir skerspjūvio ploto santykį:

$$\frac{R}{\ell} = \frac{\rho}{S}.$$

Savitoji varža priklauso nuo laidininko medžiagos, laisvųjų elektronų tankio, šiluminio jų judėjimo greičio. Didėjant metalo temperatūrai, jo savitoji varža didėja, nes elektronai įgyja didesnę šiluminę greitį ir dažniau susiduria su gardelės jonais. Savitosios varžos matavimo vienetas  $\Omega \text{m}$ . Tai yra varža laidininko, kurio ilgis 1 m, skerspjūvio plotas  $1 \text{ m}^2$ .

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. žinodami laidininko varžos priklausomybę nuo jo ilgio, iš grafiko nustato savitosios varžos vertę ir iš lentelių nustato, iš kokios medžiagos pagaminta tiriamoji viela.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę sistemą **Xplorer GLX**.

Darbą siūloma atlikti išnagrinėjus laidininko varžos priklausomybę nuo jo parametrų. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama iš grafikų praktiškai nustatyti laidininko varžą bei tiriamosios medžiagos savitąją varžą, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip nustatius vielos varžą ir jos ilgį, gauti savitąją varžą.



**Tyrimo hipotezė.** Varžos priklausomybė nuo vielos ilgio  $R = f(l)$  yra tiesinė, o iš tiesės polinkio kampo galima apskaičiuoti savitąją varžą ir nustatyti iš kokios medžiagos pagaminta tiriamoji viela.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti vielos savitąją varžą.

**Laukiami rezultatai:**

- Žinos savitosios varžos fizikinę prasmę.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką.
- Mokės iš  $U = f(I)$  grafiko nustatyti varžą  $R$ .
- Mokės gauti varžos priklausomybės nuo vielos ilgio  $R = f(l)$  grafiką.
- Mokės apskaičiuoti gauto grafiko tiesės polinkio kampo tangentą\* ( $tg(\frac{\Delta R}{\Delta l})$ ).
- Gebės paaiškinti tiesės polinkio kampo tangento ( $tg(\frac{\Delta R}{\Delta l})$ ) fizikinę prasmę\*.
- Gebės paaiškinti, nuo ko priklauso vielos savitoji varža.








\* *Vidurinis ugdymas. Bendrasis kursas.*

**Eksperimento priemonės:**

- *Xplorer GLX*;
- Prietaisas varžai tirti;
- Mikrometras;
- *GLX* galios stiprintuvas;
- Galvanometro jutiklis;
- Jungiamieji laidai.

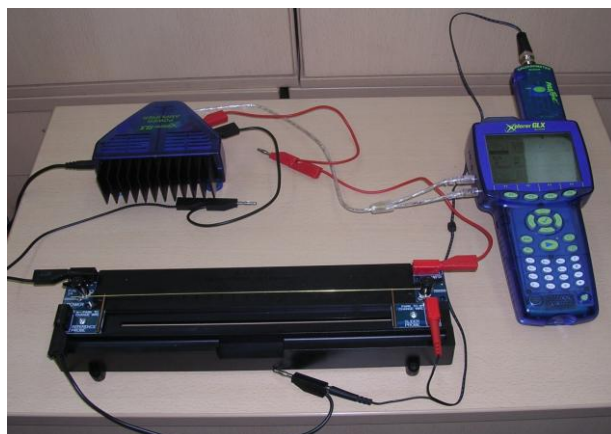
**Darbo eiga:**

***Xplorer GLX* parengimas naujam eksperimentui:**

- Paspauskite mygtuką  (*Home Screen*).
- Paspauskite mygtuką –  ir atidarykite *Data Files* ekraną.
- Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spauskite . Atsidaro *New Files*.
- Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .

**1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Mikrometru išmatuokite keturių vielų skersmenį ir apskaičiuokite jų skerspjūvio plotą. Jeigu neturite mikrometro, pasinaudokite šiomis skersmens vertėmis: 0,13 cm; 0,10 cm; 0,081 cm; 0,051 cm.
- 1.2. Įstatykite ploniausią vielą į prietaisą varžai tirti.
- 1.3. Nustatykite vieną gnybtą ties 0 cm žyme ir slankiklio gnybtą ties 24 cm žyme.
- 1.4. Prijunkite *GLX* galios stiprintuvą prie *GLX* (prijungti du laidus į






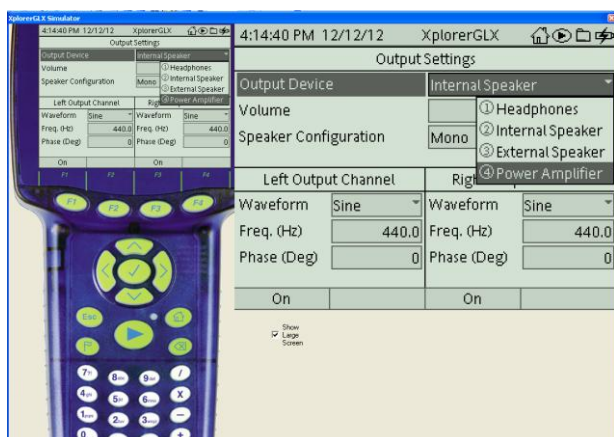
**2 pav.** Eksperimento standas

GLX kairiąją pusę). Vienas laidas jungiamas į GLX įtampos jutiklio lizdą, kitas – į išorinį garsiakalbio išvesties lizdą. Kiekvieną laidą galite nustatyti pagal lizdo dydį.

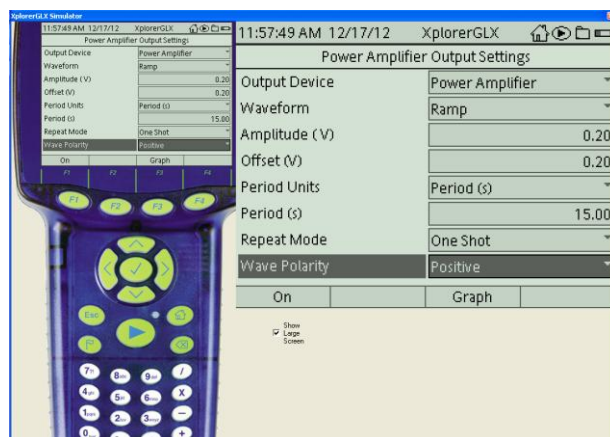
- 1.5. GLX galios stiprintuvą prijunkite prie maitinimo šaltinio (žalias šviesos diodas turėtų įsižiebt).
- 1.6. Sujunkite GLX galios stiprintuvo raudoną lizdą su aparato raudonu maitinimo lizdu, o GLX galios stiprintuvo juodą lizdą – su aparato juodu lizdu (2 pav.) taip, kad srovė tekėtų iš dešinės į kairę per vielą. GLX galios stiprintuvas bus naudojamas matuoti srovei tekančiai per vielą.
- 1.7. Prijunkite galvanometro jutiklį prie Xplorer GLX, kad matuotų įtampą visame vielos ilgyje.
- 1.8. Prijunkite galvanometro jutiklį prie prietaiso. Raudoną kištuką prijunkite prie slankiklio (+).

## 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Paspauskite mygtuką  (Home Screen), pasirinkkite *Output* ir paspauskite mygtuką .
- 2.2. Lango *Output Settings* pasirinkite galios stiprintuvą (*Power Amplifier*) ir paspauskite  (3 pav.).

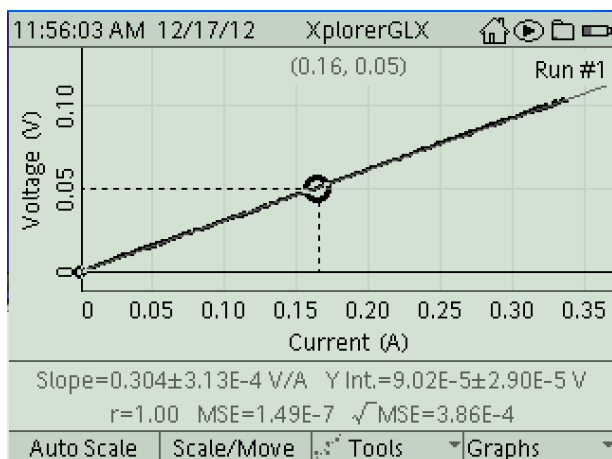


3 pav. Galios stiprintuvo (*Power Amplifier*) nustatymas

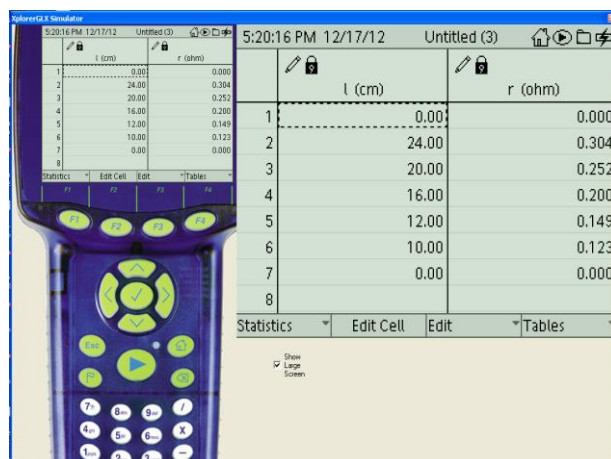


4 pav. Parametų nustatymas

- 2.3. Vyksta galios stiprintuvo (*Power Amplifier*) kalibravimas ir atsidaro langas, kuriame reikia nustatyti parametrus, kaip parodyta 4 pav.
- 2.4. Tada įjunkite galios stiprintuvą (*On / F1*) ir tuo pačiu metu paspauskite GLX *Start / Stop* mygtuką, kad pradėtumėte matavimus.
- 2.5. Duomenų rinkimą sustabdykite prieš galios stiprintuvo automatinį išsijungimą (matuoti iki 15 s). Tai padeda išvengti klaidingų duomenų.
- 2.6. Po matavimo spauskite *F3 / Graph*, grafiko lange pasirinkite *New Graph Page*. Braižomas grafikas.
- 2.7. Jei gaunama  $U(t)$  priklausomybė, laiką (*Time*) reikia pakeisti į srovės stiprį (*Current*).
- 2.8. Jei reikia, pakeiskite grafiko mastelį, kad išryškėtų tiesės polinkis (mygtukas *Scale*).



5 pav.  $U(I)$  grafikas



6 pav. Duomenų lentelė

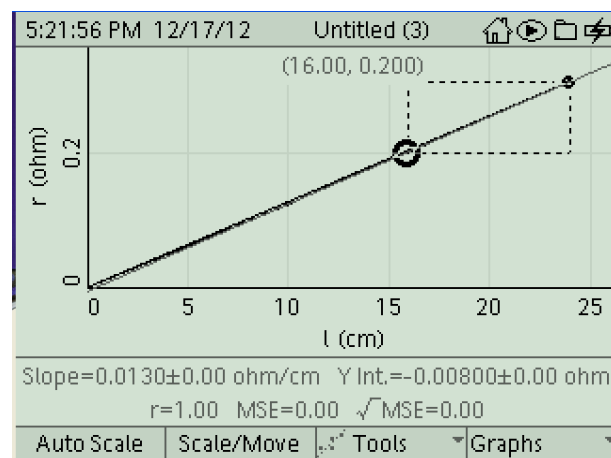
- 2.9. Atlikite grafiko  $U(I)$  tiesinę aproksimaciją (paspauskite mygtuką *Tools* ir pasirinkite *Linear Fit*). Tiesės polinkio kampo tangentas lygus  $R$  (5 pav.), matuojamas  $\Omega$ .
- 2.10. Atidarykite lentelę ir įrašykite vielos ilgį (0,24 m).
- 2.11. Iš tiesės polinkio kampo tangento nustatykite varžą:  $R = 0,304 \Omega$ .
- 2.12. Atlikite kitus skirtingo ilgio vielos  $R$  matavimus: stumdami prietaiso slankiklį, mažinkite vielos ilgį kas (2–4) cm (nuo 24 cm iki 10 cm) ir pakartokite aukščiau nurodytus veiksmus.
- 2.13. Matavimų duomenis surašykite į 1 lentelę (6 pav.):

1 lentelė. Eksperimento duomenys

Matavimo Nr.	$l$ , cm	$R$ , $\Omega$
1	24	0,304
2	20	0,252
3	16	0,200
4	12	0,149
5	10	0,123

3. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

- 3.1. Atlikę visus matavimus su įvairių ilgių viela, grįžkite į grafiko langą (*Graph / F4*) ir nubrėžkite grafiką iš duomenų, kuriuos įvedėte į 1 lentelę (7 pav.).
- 3.2. Atlikite grafiko  $R(l)$  tiesinę aproksimaciją (paspauskite mygtuką *Tools* ir pasirinkite *Linear Fit*).
- 3.3. Tiesės polinkio kampo tangento fizikinė prasmė yra  $\frac{\Delta R}{\Delta l}$ . Naudamiesi šia verte, apskaičiuokite savitąją varžą  $\rho$ :



7 pav.  $R(l)$  grafikas

$$\rho = S \cdot \tan \alpha;$$

$$\rho = 102 \mu\Omega \text{ cm.}$$

3.4. Nustatykite, iš kokios medžiagos pagaminta tiriamoji viela (2 lentelė)

**Tiriamoji viela – nichromas.**

3.5. Palyginkite eksperimento metu gautą savitosios varžos  $\rho$  vertę su pateikta 2 lentelėje. Įvertinkite santykinę nuokrypį nuo lentelėse pateiktos vertės (procentais):

$$\varepsilon = \frac{|\rho_\ell - \rho|}{\rho_\ell} 100\% .$$

$$\varepsilon = 2,8\% .$$

**Galimos paklaidų priežastys.** Visi tiriamieji bandiniai yra lydiniai. Faktinė bandinio varža priklauso nuo jo sudėties. Tekant srovei laidininko temperatūra padidėja, todėl keičiasi jo varža.

**2 lentelė.** Tiriamųjų medžiagų charakteristikos

Medžiaga	Spalva	Ar traukia magnetas	Savitoji varža ( $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ )	Skersmuo (d) cm	Maksimalus srovės stipris (A)
Varis	Raudona	Ne	$1,8 \pm 0,1$	0,10	2
Aliuminis	Šviesiai pilka	Ne	$4,9 \pm 0,1$	0,10	2
Žalvaris	Geltona	Ne	$7,0 \pm 0,5$	0,051; 0,081; 0,10; 0,13	2
Nichromas	Tamsiai pilka	Ne	$105 \pm 5$	0,10	0,5
Plienas	Tamsiai pilka	Taip	$79 \pm 1$	0,10	1

#### Mokiniai padaro išvadas:

- apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką;
- apie tiesės polinkio kampo ( $tg\alpha = \frac{\Delta U}{\Delta I}$ ) fizikinę prasmę;
- apie varžos priklausomybę nuo vielos ilgio  $R = f(l)$ ;
- apie tiesės polinkio kampo ( $tg\alpha = \frac{\Delta R}{\Delta l}$ ) fizikinę prasmę;
- apie tiriamosios medžiagos savitąją varžą.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite Omo dėsnį grandinės daliai.	1. Srovės stipris $I$ grandinės dalyje tiesiai proporcingas tos dalies įtampai $U$ ir atvirkščiai proporcingas grandinės dalies varžai $R$ . $I = \frac{U}{R} .$
2. Kas yra varža?	2. Varža – tai fizikinis dydis apibūdinantis laidininko pasipriešinimą elektros srovės tekėjimui.
3. Nuo ko priklauso varža?	3. Varža $R$ priklauso nuo laidininko ilgio $\ell$ , skerspjūvio ploto $S$ ir savitosios varžos $\rho$ : $R = \rho \frac{\ell}{S} .$
4. Kaip apskaičiuoti savitąją varžą?	4. Savitoji varžą apskaičiuojama iš formulės: $\rho = R \frac{S}{\ell} .$

5. Ką duoda grafiko $R = f(\ell)$ polinkio kampo tangentas?	5. Grafiko polinkio kampo tangentas duoda savitosios varžos ir laidininko skerspjūvio ploto santykį: $\frac{R}{\ell} = \frac{\rho}{S}.$
6. Kaip apskaičiuoti savitąją varžą iš grafiko $R(l)$ ?	6. Savitoji varža $\rho$ lygi laidininko skerspjūvio ploto ir grafiko polinkio kampo tangento sandaugai: $\rho = S \operatorname{tg}\alpha.$
7. Kaip apskaičiuoti rezultato santykinį nuokrypį nuo tikrosios vertės?	7. Santykinis nuokrypis randamas žinant tikrąją (iš lentelių) ir eksperimente gautas vertes: $\varepsilon = \frac{ \rho_\ell - \rho }{\rho_\ell} 100\% .$

### 3.3.3. ELEKTROS SROVĖS STIPRIO NUOSEKLIJO LAIDININKŲ JUNGIMO GRANDINĖJE NUSTATYMAS

#### Bendrosios programos

Pagrindinis ugdymas. 9–10 klasės kursas

1. Gamtos tyrimai	
<b>Nuostatos</b> Noriai, saugiai ir kūrybingai tyrinėti gamtinius reiškinius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.1. Savarankiškai suplanuoti ir atlikti stebėjimus ir bandymus. Saugiai ir kūrybingai naudoti mokyklinės gamtos tyrimo priemones...	1.1.1. Paaiškinti gamtos tyrimų eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai ir išvados. 1.1.2. Pagal aprašymą atlikti stebėjimus ir bandymus.
1.2. Pritaikyti matematikos ir informacinių technologijų pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir pateikti žodžiu ar raštu.	1.2.3. Pagal pateiktą pavyzdį apskaičiuoti dydžius, pildyti jų reikšmių lenteles ir jomis naudojantis nubrėžti paprasčiausius dydžių priklausomybės grafikus. 1.2.4. Užrašyti standartinę skaičiaus išraišką ir atlikti veiksmus su skaičiais, užrašytais standartine išraiška.
1.3. Įvertinti gautų bandymų rezultatų realumą, formuluoti pagrįstas išvadas, analizuoti ir paaiškinti savo ir draugų gautų stebėjimų bei bandymų rezultatų skirtumus ir jų priežastis.	1.3.1. Paaiškinti, kas yra tyrimų rezultatas ir kas yra išvada.
1.4. Operuoti pagrindiniais matavimo vienetais. Kartotinius ar dalinius SI vienetus paversti pagrindiniais.	1.4.1. Nurodyti pagrindinius <...> elektros srovės stiprio, įtampos, elektrinės varžos matavimo vienetus.

#### 9. Energijos ir fizikinių procesų pažinimas

<b>Nuostatos</b> Jausti atsakomybę už gamtos išsaugojimą ir racionalų išteklių naudojimą.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
9.5. Taikyti Omo dėsnį grandinės daliai, matuoti srovės stiprį ir įtampą.	9.5.1. Apibūdinti ir paprasčiausiais atvejais mokėti išmatuoti ir apskaičiuoti srovės stiprį bei įtampą. 9.5.2. Paaiškinti, kokiais prietaisais matuojamas elektros srovės stipris ir įtampa, kaip prietaisai jungiami į grandinę. 9.5.3. Apibūdinti, kas yra laidininko elektrinė varža <...>, paprasčiausiais atvejais mokėti ją apskaičiuoti. 9.5.4. Suformuluoti ir paaiškinti Omo dėsnį.

#### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Bendrasis / išplėstinis\* kursas

1. Metodologiniai fizikos klausimai
<b>Nuostatos</b> Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.



Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, *analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus.

#### 4. Elektra ir magnetizmas

##### Nuostatos

Pasitelkti gamtos mokslų dėsnius, teorijas, sampratas gamtos reiškiniams aiškinti.

##### Esminis gebėjimas

Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.2. Taikyti nuolatinės srovės dėsningumus ir laidininkų jungimo būdus nusakančius dėsnius nesudėtingoms elektrinėms grandinėms nagrinėti.	4.2.1. Apibūdinti nuolatinės srovės dėsningumus, formuluoti Omo dėsnį, vartojant <i>įtampos</i> , <i>srovės stiprio</i> ir <i>varžos</i> sąvokas. 4.2.3. Apibūdinti laidininkų jungimo būdus, išmatuoti srovės stiprį ir įtampą paprasčiausiose grandinėse. *4.2.1. Nusakyti srovės stiprį, įtampą, laidininkų varžą, Omo dėsnį grandinės daliai.
*4.3. Paaiškinti svarbiausių elektros prietaisų jungimą grandinėse ir matuoti pagrindinius grandinių parametrus.	*4.3.1. Paprasčiausiose grandinėse išmatuoti srovės stiprį ir įtampą.

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

*Elektros srovė yra kryptingas krūvininkų judėjimas.* Elektros srovei laidininke tekėti būtinos dvi sąlygos: • laidininke turi būti laisvųjų krūvininkų – elektronų arba jonų; • reikalingas elektrinis laukas, laidininko galuose turi būti potencialų skirtumas  $\varphi_1 - \varphi_2$ .

Elektros srovės laidininke kryptimi sutarta laikyti potencialo mažėjimo kryptį. Šia kryptimi juda teigiami jonai. Elektronų ir neigiamų jonų judėjimo kryptis priešinga. Elektros krūvių judėjimą laidininke apibūdina srovės stipris. Per laiko vienetą pratekantis krūvis yra pagrindinė kiekybinė srovės charakteristika. Srovės stipris  $I$  – tai skaliarinis dydis, matuojamas per laidininko skerspjūvį pernešamo krūvio  $q$  ir laiko  $t$  santykiu:

$$I = \frac{q}{t}.$$

Srovės stiprį nusako krūvis, pernešamas per skersinį laidininko pjūvį per laiko vienetą.

Srovės stiprio vienetas yra amperas:  $[I] = 1\text{C} : 1\text{s} = 1\text{A}$ .

Jeigu srovės kryptis laikui einant nekinta, tokia srovė vadinama *nuolatine srove*, jei nesikeičia ir jos stipris, – *pastoviąja nuolatine srove*.

Vokiečių fizikas Georgas Simonas Omas (Ohm, Georg Simon), tirdamas metalinius laidininkus, 1826 m. visų pirma nustatė, kad srovės stipris laidininke  $I$  tiesiai proporcingas potencialų skirtumui (įtampai) tarp laidininko galų  $U$ : ( $I \sim U$ ).  $I = kU$ . Čia  $k$  – proporcingumo

koeficientas, dar vadinamas elektriniu laidžiu. Elektrinio laidžio SI vienetas vadinamas simensu (S).  $1 \text{ S} = 1 \text{ A}/1 \text{ V}$ . Dažniau naudojamas atvirkščias laidžiui dydis  $R$ , vadinamas *elektrine varža*:  $R=1/k$ . Omo dėsnis grandinės daliai:

$$I = \frac{U}{R}.$$

Išreiškę  $R$ , turėsime:  $R = \frac{U}{I}$ . Varžos SI vienetas vadinamas *omu* ( $\Omega$ ).  $1 \Omega = 1 \text{ V}/1 \text{ A}$ .

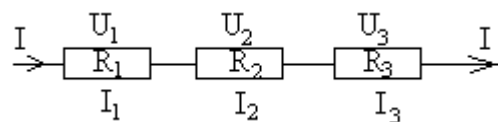
Laidininkų jungimas grandinėje gali būti nuoseklus, lygiagretusis, mišrusis.

**Nuoseklusis laidininkų jungimas** (1 pav.).

- Srovės stipris yra pastovus, todėl galima rašyti:

$$I = I_1 = I_2 = I$$

- Nuosekliai sujungtų laidininkų bendra (ekvivalentinė) varža lygi atskirų laidininkų varžų sumai:



1 pav. Nuoseklus laidininkų jungimas

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

Pritaikę Omo dėsnį, gauname

$$U = U_1 + U_2 + U_3.$$

- Bendra grandinės dalies įtampa lygi atskirų laidininkų įtampų sumai. Iš Omo dėsnio ir srovės stiprio lygties turime

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

ir gauname

$$\frac{U}{U_1} = \frac{R}{R_1}, \frac{U}{U_2} = \frac{R}{R_2}, \frac{U}{U_3} = \frac{R}{R_3}, \text{ ir t. t.}$$

- Nuosekliai sujungtų laidininkų įtampa tiesiai proporcinga jų varžoms.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. žinodami nuoseklaus laidininkų jungimo dėsningumus, gauna įtampos priklausomybės nuo varžos  $U = f(R)$  grafiką ir iš jo polinkio kampo nustato srovės stiprį.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą *Xplorer GLX*.

Darbą siūloma atlikti išnagrinėjus laidininkų jungimo būdus. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai taikyti nuosekliojo laidininkų jungimo dėsningumus, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

Detalesni nuoseklaus laidininkų jungimo grandinių tyrimai gali būti atliekami **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Jį atliekant mokiniams žinoma tyrimo tema, tačiau tyrimo eiga nėra pateikiama. Mokiniam pateikiamos reikalingos priemonės darbui atlikti ir suformuluojama problema. Mokiniai formuluoja hipotezę ir patys planuoja darbo eigą. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai, ieškant teisingo darbo eigos būdo.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip iš  $U = f(R)$  grafiko nustatyti srovės stiprį nuosekliojo laidininkų jungimo grandinėje

**Tyrimo hipotezė.** Įtampos priklausomybė nuo varžos  $U = f(R)$  yra tiesinė, o tiesės polinkis proporcingas srovės stipriui.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti srovės stiprį nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje.

#### Laukiami rezultatai:








- Žinos nuoseklaus laidininkų jungimo dėsnius.
- Gebės pagal duotą schemą sujungti elektrinę grandinę.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Gebės išmatuoti įtampas tarp įvairių nuosekliai sujungtų varžų.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo varžos  $U = f(R)$  grafiką.
- Gebės paaiškinti grafiko  $U = f(R)$  tiesės polinkio kampo fizikinę prasmę
- Mokės iš grafiko apskaičiuoti srovės stiprį.

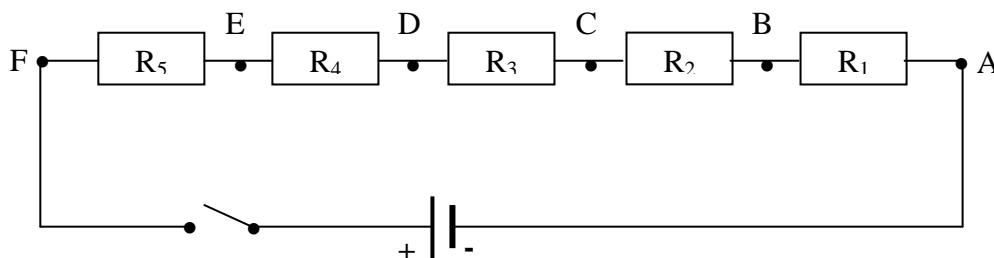
#### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Įtampos jutiklis (*Voltage Probe*);
- Skirtingos varžos ( $100 \Omega - 1000 \Omega$ ) – 4–5 vienetai;
- Srovės šaltinis („AA“, „C“, „D“ ir pan.)  $\pm 10 \text{ V}$ ;
- Jungiamieji laidai ir antgaliai;
- Jungiklis.

#### Darbo eiga:

##### *Xplorer GLX* parengimas naujam eksperimentui:

- Paspauskite mygtuką  (*Home Screen*)
- Paspauskite mygtuką  ir atidarykite *Data Files* ekraną.
- Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spauskite . Atsidaro *New Files*.
- Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .
- 



2 pav. Grandinės schema








## 1. Priemonių parengimas darbui:

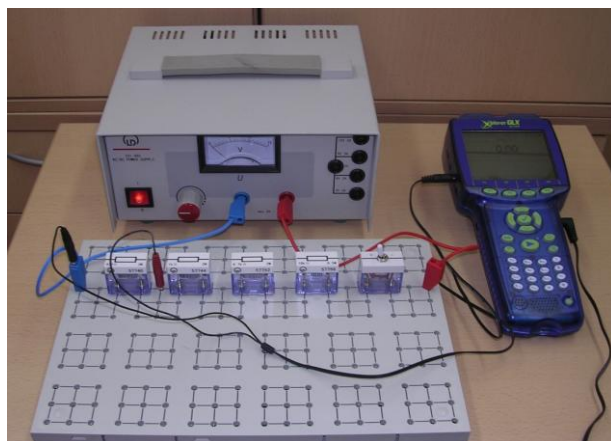
1.1. Sujunkite grandinę pagal duotą schemą (2 pav., 3 pav.). Įtampos jutiklis į **GLX** dar nejungiamas.

1.2. Įtampos jutiklio prijungimas prie **GLX**:

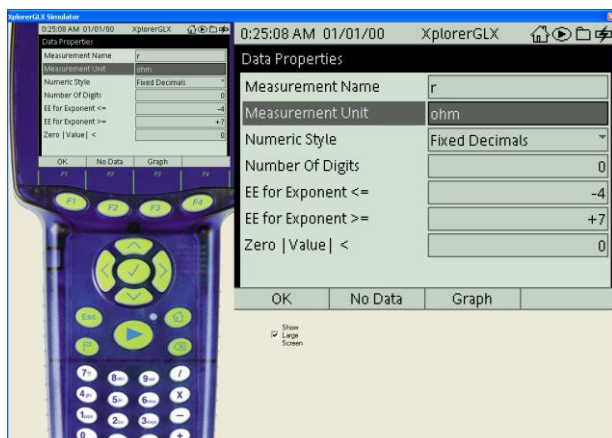
- įtampos jutiklį įjunkite kairėje **GLX** pusėje;
- jei į **GLX** yra įjungti kiti sensoriai, išjunkite juos.

1.3. **GLX** nustatymas duomenų rinkimui:

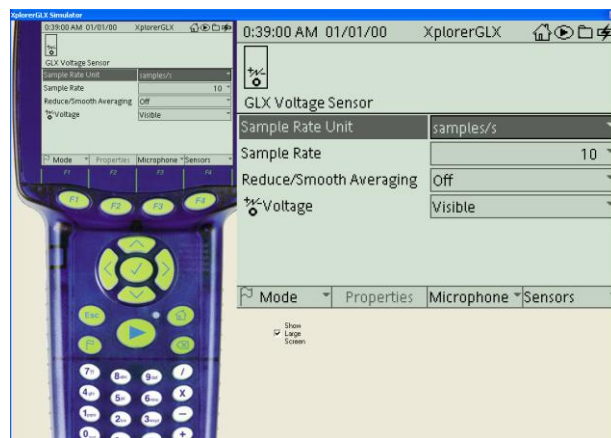
- paspauskite  – grįžti į pradžią (*Home Screen*); paspausdę  atidarykite jutiklių pasirinkimo ekraną (*Sensors screen*);
- paspauskite , atsidaro *Mode menu*, paspausdę , pasirinkite rankinį režimą (*Manual*); spauskite ;
- atsidaro duomenų savybių (*Data Properties*) langas, spauskite , parašykite „r“ ir vėl spauskite /OK; \* **GLX** ekrane laidininko varža žymima *r*.






3 pav. Eksperimento stendas







4 pav. Varžos užrašymo langas




5 pav. Įtampos jutiklio nustatymo langas

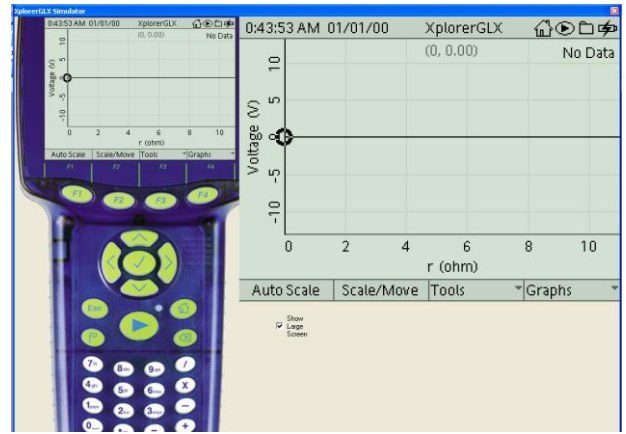
- matavimo vienetų nustatymui, rodykle eikite žemyn iki matavimo vienetų (*Measurement Unit*). Spauskite , parašykite varžos vienetus (“ohm”) ir vėl spauskite  (4 pav.).
- Spauskite  – pasirinkimui patvirtinti (*OK*) ir uždarykite duomenų savybių (*Data Properties*) langą.
- Matomas įtampos jutiklio nustatymo langas (5 pav.)

1.4. Pasirengimas grafiko braižymui:

- Paspauskite mygtuką  ir grįžkite į pradžią (*Home Screen*). Spauskite , atsidaro grafiko langas (*Graph*). Grafikas automatiškai bus nustatytas įtampos priklausomybei nuo laiko matuoti. Horizontalioje ašyje vietoje laiko (*Time*) turime pažymėti varžą (*resistance*):
  - ✓ spauskite , eikite rodykle žemyn ir pažymėkite *Time*;
  - ✓ spauskite , atsidaro matavimų rūšys – *data source menu*;





✓ šiame lange pažymėkite „r“ ir patvirtinimui spauskite .

- Pasiruošta brėžti įtampos priklausomybės nuo varžos grafiką. Lange matome įtampos (V) ir varžos (ohm) ašis (6 pav.).



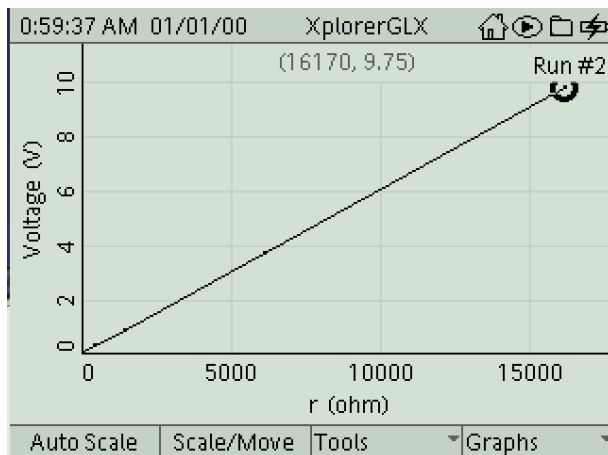
6 pav. Grafiko langas

## 2. Matavimų procedūros:

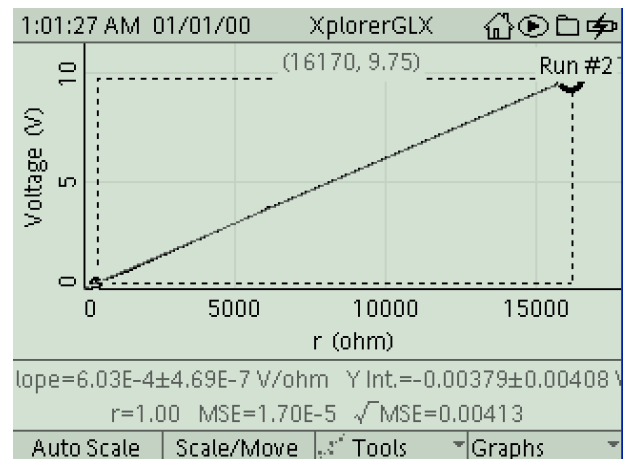
- Įtampos šaltinį nustatykite iki 10 V. Įjunkite jungiklį.
- Paspauskite matavimo mygtuką . Dabar GLX jau gali matuoti įtampą, tačiau rodmenų dar nefiksuos.
- Įtampos jutiklio juodąjį galą prijunkite prie šaltinio neigiamo poliaus, įtampos jutiklio raudonąjį galą prijunkite prie grandinės taško A (1 pav.).
- Spauskite vėliavėlę , kad būtų atliktas vienas įtampos matavimas.
- Spauskite *enter* *r*, kad pamatytumėte bendrą varžą, kurios galuose matuojama įtampa.
- Užsirašykite varžos skaitinę vertę (taške A  $r = 0$ , nes įjungti tik jungiamieji laidai) ir spauskite /OK.
- Kartodami 2.4. – 2.6. punktus, išmatuokite įtampas ir nustatykite varžas, jungdami raudoną jutiklio galą tarp taškų A–B, A–C, A–D ir t. t. (1 pav.).
- Baigę matavimus spauskite .
- Duomenis surašykite į 1 lentelę:

1 lentelė. Eksperimento duomenys

Bandymo Nr.	Jungimo taškai	Varža $r$ ( $\Omega$ )
1.	(-) - A	0
2.	A–B	470
3.	A–C	1470
4.	A–D	6170
5.	A–E	16170




7 pav.  $U(r)$  1 grafikas





8 pav.  $U(r)$  2 grafikas

### 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

3.1. Spauskite  bus automatiškai parinktas 1 grafiko mastelis (7 pav.);

3.2. Grafiką aproksimuokite tiese ir raskite tiesės polinkio kampo tangentą:

- spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*), spauskite  pažymėkite aproksimaciją tiese (*Linear Fit*);
- Gaunamas 2-as grafikas (8 pav.).

3.3. Grafiko polinkio kampo analizė:

- užrašykite tiesės polinkio kampo tangentą\*:

$$tg\alpha = (6,03 \cdot 10^{-4} \pm 4,69 \cdot 10^{-7}) V/\Omega,$$

\* Vidurinis ugdymas. Bendrasis kursas

- paaiškinkite tiesės polinkio kampo fizikinę prasmę:

Iš Omo dėsnio  $I = \frac{U}{R}$  matome, kad santykis įtampos ir varžos yra lygus srovės stipriui  $I$ .

Vadinasi, apskaičiuavę polinkio kampo tangentą sužinome srovės stiprį grandinėje.  $tg\alpha = \frac{\Delta U}{\Delta R} = I$ .

- užrašykite srovės stiprio vertę:

$$I = 0,603 \text{ mA.}$$

#### Mokiniai padaro išvadas:

- apie įtampos priklausomybę nuo varžos nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje;
  - apie bendrą varžą nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje;
  - apie  $U = f(R)$  tiesės polinkio  $tg\alpha$  fizikinę prasmę\*;
- \*Vidurinis ugdymas. Bendrasis kursas
- apie srovės stiprį nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kas yra elektros srovė?	1. Elektros srovė yra bet koks kryptingas krūvininkų judėjimas.
2. Kokios būtinos sąlygos, kad laidininku tekėtų srovė?	2. Elektros srovei laidininke būtinos sąlygos: laidininke turi būti laisvųjų krūvininkų – elektronų arba jonų, reikalingas elektrinis laukas, laidininko galuose turi būti potencialų skirtumas $\varphi_1 - \varphi_2$ .
3. Koks srovės stiprio dėsnis nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje?	3. Esant nuosekliam laidininkų jungimui srovės stipris įvairiose grandinės dalyse yra vienodas: $I = I_1 = I_2 = I_3$ .
4. Koks įtampos pasiskirstymo dėsnis nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje?	4. Esant nuosekliam laidininkų jungimui bendra grandinės dalies įtampa lygi visų laidininkų įtampų sumai: $U = U_1 + U_2 + U_3$ .
5. Kaip apskaičiuoti nuoseklaus laidininkų jungimo grandinės bendrą varžą?	5. Nuosekliai sujungtų laidininkų bendra varža lygi visų laidininkų varžų sumai: $R = R_1 + R_2 + R_3$ .



6. Koks nuosekliai sujungtų laidininkų įtampų ir varžų pasiskirstymo dėsnis?	6. Nuosekliai sujungtų laidininkų įtampa tiesiai proporcinga jų varžoms. $\frac{U}{U_1} = \frac{R}{R_1}, \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \text{ ir t. t.}$
7. Kokia $U(R)$ grafiko polinkio fizikinė prasmė?	7. Grafiko $U(R)$ tiesės polinkio kampo tangentas atitinka srovės stiprio vertę: $tg\alpha = \frac{\Delta U}{\Delta R} = I.$

### III lygmuo Koordinuotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip, gavus įvairių nuoseklaus laidininkų jungimo grandinių (skirtingų varžų)  $U = f(R)$  grafikus, nustatyti srovės stiprio priklausomybę nuo bendros grandinės varžos.

**Tyrimo hipotezė.** Srovės stipris  $I$  nuosekloje grandinėje, esant tos pačios įtampos šaltiniui, atvirkščiai proporcingas bendrai grandinės varžai  $R$ .

**Eksperimento tikslas** – nustatyti srovės stiprio priklausomybę nuo bendros grandinės varžos, esant tos pačios įtampos šaltiniui.

#### Laukiami rezultatai:

- Gebės sudaryti darbo planą ir parengti priemones darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo varžos  $U = f(R)$  grafikus, esant skirtingoms išorinėms grandinės varžoms.
- Gebės paaiškinti, kaip  $U$  priklauso nuo grandinės varžos.
- Mokės nustatyti tiriamų grandinių grafiko polinkio kampą.
- Mokės nustatyti srovės stiprių  $I$  vertes.
- Mokės nubraižyti srovės stiprio  $I$  priklausomybės nuo bendros grandinės varžos  $R$  grafiką ( $I = f(R)$ ).
- Gebės paaiškinti, kaip  $I$  priklauso nuo grandinės varžos, kai įtampa išlieka nepakitusi.

#### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Įtampos jutiklis (*Voltage Probe*);
- Skirtingi varžai ( $100 \Omega - 1000 \Omega$ ) – 4–5 vienetai;
- Srovės šaltinis („AA“, „C“, „D“ ir pan.)  $\pm 10 \text{ V}$ ;
- Jungiamieji laidai ir antgaliai;
- Jungiklis.

#### Rekomendacijos darbo eigai:

1. **Atlikite bandymą** į grandinę nuosekliai jungdami skirtingus varžus.
2. **Nubraižykite** srovės stiprio  $I$  priklausomybės nuo varžos  $R$  grafiką ( $I = f(R)$ ).

#### Mokiniai padaro išvadas:

- apie įtampos priklausomybę nuo varžos nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje;
- apie grafiko  $U = f(R)$  polinkio kampo fizikinę prasmę;
- apie srovės stiprio priklausomybę varžos.

**2 lentelė.** Eksperimento duomenys

Bandymo Nr.	Jungimo taškai	I grandinė Varža $r$ ( $\Omega$ )	II grandinė Varža $r$ ( $\Omega$ )	III grandinė Varža $r$ ( $\Omega$ )
1.	(-) - A	0	0	0
2.	(-) - B	100	100	47
3.	(-) - C	200	200	94
4.	(-) - D	300	300	194
5.	(-) - E	400	770	294
6.	(-) - F	870	1770	394
Srovės stipris		$I_1 = 0,00519$ A	$I_2 = 0,00255$ A	$I_3 = 0,0113$ A

### 3.3.4. REZISTORIAUS VARŽOS NUSTATYMAS

#### Bendrosios programos

Pagrindinis ugdymas. 9–10 klasės kursas

1. Gamtos tyrimai	
<b>Nuostatos</b> Noriai, saugiai ir kūrybingai tyrinėti gamtinius reiškinius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.1. Savarankiškai suplanuoti ir atlikti stebėjimus ir bandymus. Saugiai ir kūrybingai naudoti mokyklinės gamtos tyrimo priemones...	1.1.1. Paašškinti gamtos tyrimų eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai ir išvados. 1.1.2. Pagal aprašymą atlikti stebėjimus ir bandymus.
1.2. Pritaikyti matematikos ir informacinių technologijų pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir pateikti žodžiu ar raštu.	1.2.3. Pagal pateiktą pavyzdį apskaičiuoti dydžius, pildyti jų reikšmių lenteles ir jomis naudojantis nubrėžti paprasčiausius dydžių priklausomybės grafikus. 1.2.4. Užrašyti standartinę skaičiaus išraišką ir atlikti veiksmus su skaičiais, užrašytais standartine išraiška.
1.3. Įvertinti gautų bandymų rezultatų realumą, formuluoti pagrįstas išvadas, analizuoti ir paašškinti savo ir draugų gautų stebėjimų bei bandymų rezultatų skirtumus ir jų priežastis.	1.3.1. Paašškinti, kas yra tyrimų rezultatas ir kas yra išvada.
1.4. Operuoti pagrindiniais matavimo vienetais. Kartotinius ar dalinius SI vienetus paversti pagrindiniais.	1.4.1. Nurodyti pagrindinius <...> elektros srovės stiprio, įtampos, elektrinės varžos matavimo vienetus.

#### 9. Energijos ir fizikinių procesų pažinimas

##### Nuostatos

Jausti atsakomybę už gamtos išsaugojimą ir racionalų išteklių naudojimą.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
9.5. Taikyti Omo dėsnį grandinės daliai, matuoti srovės stiprį ir įtampą.	9.5.1. Apibūdinti ir paprasčiausiais atvejais mokėti išmatuoti ir apskaičiuoti srovės stiprį bei įtampą. 9.5.2. Paašškinti, kokiais prietaisais matuojamas elektros srovės stipris ir įtampa, kaip prietaisai jungiami į grandinę. 9.5.3. Apibūdinti, kas yra laidininko elektrinė varža <...>, paprasčiausiais atvejais mokėti ją apskaičiuoti. 9.5.4. Suformuluoti ir paašškinti Omo dėsnį.

#### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Bendrasis / išplėstinis\* kursas

1. Metodologiniai fizikos klausimai	
<b>Nuostatos</b> Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas

1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, *analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus.

#### 4. Elektra ir magnetizmas

##### Nuostatos

Pasitelkti gamtos mokslų dėsnius, teorijas, sampratas gamtos reiškiniams aiškinti.

##### Esminis gebėjimas

Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.2. Taikyti nuolatinės srovės dėsningumus ir laidininkų jungimo būdus nusakančius dėsnius nesudėtingoms elektrinėms grandinėms nagrinėti.	4.2.1. Apibūdinti nuolatinės srovės dėsningumus, formuluoti Omo dėsnį, vartojant <i>įtampos</i> , <i>srovės stiprio</i> ir <i>varžos</i> sąvokas. 4.2.3. ...išmatuoti srovės stiprį ir įtampą paprasčiausiose grandinėse. *4.2.1. Nusakyti srovės stiprį, įtampą, laidininkų varžą, Omo dėsnį grandinės daliai...

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Vokiečių fizikas Georgas Simonas Omas (Ohm, Georg Simon), tirdamas metalinius laidininkus, 1826 m. visų pirma nustatė, kad srovės stipris  $I$  tiesiai proporcingas įtampai  $U$  laidininko galuose:

$$I = kU.$$

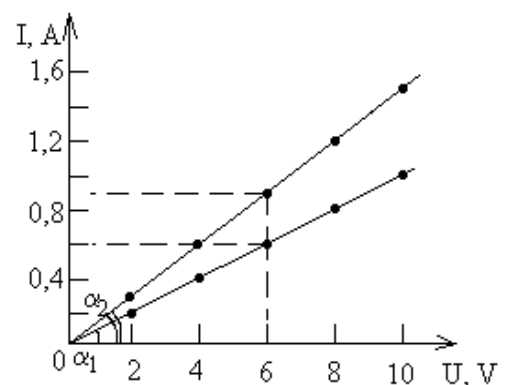
Proporcingumas  $k$  vadinamas laidininko elektriniu laidžiu.  $I = f(U)$  grafike (1 pav.) laidį  $k$  vaizduoja kampo tarp  $U$  ašies ir grafiko tangentas:  $tg\alpha_1, tg\alpha_2$ .

Atvirkščias laidumui dydis yra laidininko varža:

$$R = \frac{1}{k}.$$

Tai fizikinis dydis apibūdinantis laidininko pasipriešinimą elektros srovės tekėjimui.

Omo dėsnis grandinės daliai: srovės stipris  $I$  grandinės dalyje tiesiai proporcingas įtampai  $U$  ir atvirkščiai proporcingas grandinės dalies varžai  $R$ .



1 pav. Voltamperinė charakteristika

$$I = \frac{U}{R}.$$

Išreiškus  $R$ , gaunama

$$R = \frac{U}{I}.$$

Varžos vienetas yra omas:  $[R] = 1 \text{ V} : 1 \text{ A} = 1 \Omega$ .

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. žinodami Omo dėsnį grandinės daliai, gauna įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką ir iš jo polinkio kampo tangento nustato tiriamosios varžos vertę.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą **Nova5000**.

Darbą siūloma atlikti po Omo dėsnio grandinės daliai mokymo. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniam nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai taikyti Omo dėsnį grandinės daliai, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

Gilesni laidininkų varžos nustatymo tyrimai gali būti atliekami **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Jį atliekant mokiniam žinoma tyrimo tema, tačiau tyrimo eiga nėra pateikiama. Mokiniam pateikiamos reikalingos priemonės darbui atlikti ir suformuluojama problema. Mokiniai formuluoja hipotezę ir patys planuoja darbo eigą. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai, ieškant teisingo darbo eigos būdo.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip gavus  $U = f(I)$  grafiką, nustatyti tiriamosios varžos vertę.

**Tyrimo hipotezė.** Įtampos priklausomybė nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  yra tiesinė, o tiesės polinkio kampas proporcingas varžai.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti tiriamosios varžos vertę.

#### Laukiami rezultatai:

- Žinos Omo dėsnį ir varžos fizikinę prasmę.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką.
- Mokės iš  $U = f(I)$  grafiko nustatyti varžą  $R$ .
- Gebės išsiaiškinti tiesės polinkio kampo tangento ( $tg(\frac{\Delta I}{\Delta U})$ ) fizikinę prasmę\*.

\* *Vidurinis ugdyimas. Bendrasis kursas*

#### Eksperimento priemonės:

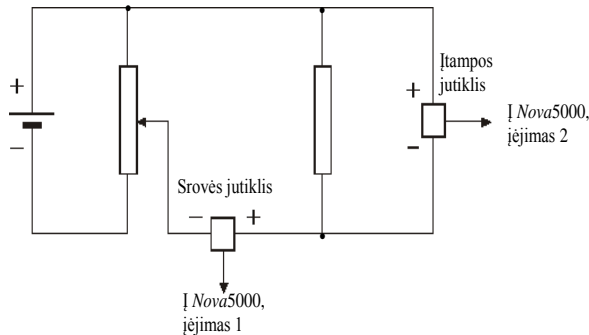
- Nova5000;
- Metalinė viela įtvirtinta ant liniuotės arba 470  $\Omega$  varža;
- 1,5 V baterijos (2–3 vien.) arba 12 V nuolatinės srovės šaltinis;
- Reostatas (~15  $\Omega$ ) arba 220  $\Omega$  potenciometras;
- Įtampos jutiklis  $\pm 2,5 \text{ V}$  (arba  $\pm 25 \text{ V}$ );
- Srovės jutiklis  $\pm 2,5 \text{ A}$ ;
- Jungiamieji laidai.

## Darbo eiga

### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Sujunkite elektrinę grandinę pagal pateiktą schemą (2 pav.) ir standą (3 pav.): reostatą junkite kaip potenciometrą, srovės jutiklį, varžą ir srovės šaltinį (bateriją) sujunkite nuosekliai. Lygiagrečiai tiriamajai varžai prijunkite įtampos jutiklį.

Įtampa ir srovės stipris negali viršyti jutiklių leistinų matavimo ribų.

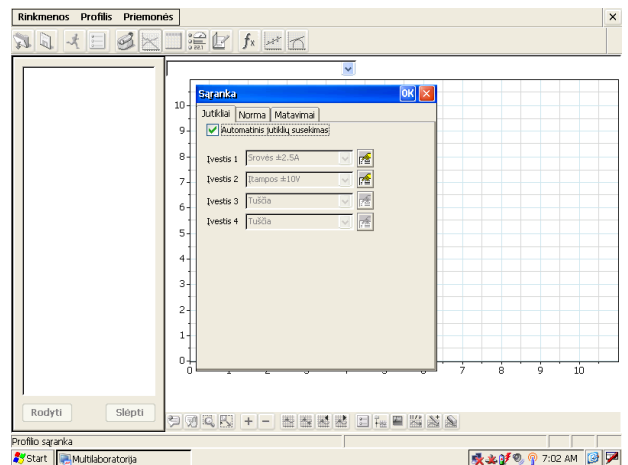


2 pav. Elektrinės grandinės schema



3 pav. Eksperimento standas

- 1.2. Prijunkite srovės ir įtampos jutiklius prie Nova5000.  
 1.3. Įjunkite Nova5000 ir atidarykite programą MultiLab.  
 1.4. Paspauskite mygtuką Setup ir nustatykite duomenų kaupiklio parametrus, kaip parodyta 1 lentelėje ir 4 pav., paspauskite OK.









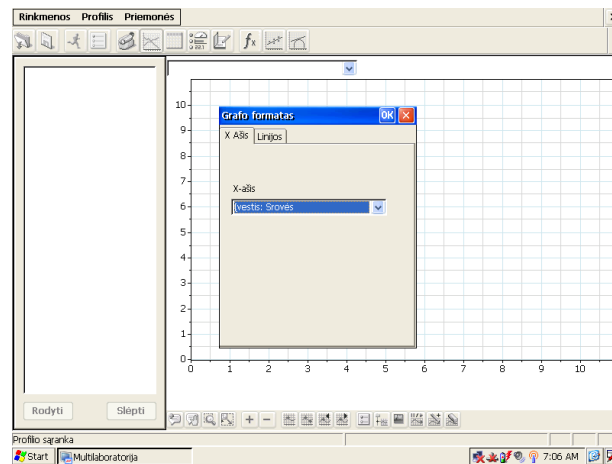
4 pav. Sąrankos lango vaizdas

### 1 lentelė. Duomenų kaupiklio nustatymas

JUTIKLIAI		
Srovės	Įvestis 1/Input 1	$\pm 2,5$ A
Įtampos	Įvestis 2/Input 2	$\pm 10$ V
NORMA		
	Rankinis	
MATAVIMAI		
	20 matavimų	




2. **Matavimų procedūros:**
- 2.1. Grafikų instrumentų lange paspauskite mygtuką  *Grafo formatas* (*Format graph*).
  - 2.2. Paspauskite *X-ąsį* (*X-Axis*), parinkite *Įvestis srovės I/O-1* (*Input Current I/O-1*) ir paspauskite *OK* (5 pav.).
  - 2.3. Paspauskite mygtuką  (*Run*) ir pradėkite matavimus.
  - 2.4. Įjunkite srovės šaltinį; nustatykite 10 V – 12 V įtampą. Duomenis gaukite rankiniu būdu: kiekvieną kartą, kai norite atlikti matavimą, paspauskite mygtuką  (*Run*).
  - 2.5. Reostatu keiskite įtampos kritimą ant tiriamosios varžos. Po kiekvieno pakeitimo atlikite matavimą mygtuku  (*Run*).
  - 2.6. Stebėkite, kad srovės stipris neviršytų 2,5 A.
  - 2.7. Pabaigę matavimus ir atjungę grandinę nuo srovės šaltinio, grafikų instrumentų lange paspauskite mygtuką  (*Add graph to Project*).
  - 2.8. Paspauskite mygtuką  (*Save*) ir išsaugokite grafiką.

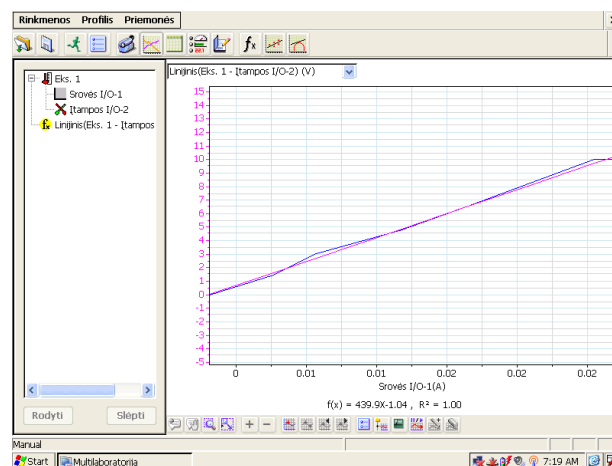


5 pav. Grafikų formato lango vaizdas

**Pastaba:** Kiekvienam grafikui programa *MultiLab* pagal nutylėjimą sukuria pavadinimą. Norint pakeisti pavadinimą, reikia paspausti mygtuką *Priemonės* (*Tools*), pažymėti *Grafiko pavadinimas* (*Graph title*), įrašyti naują pavadinimą ir paspausti *Gerai* (*OK*).

3. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Atidarykite tiriamosios vielos voltamperinės charakteristikos grafiką: duomenų medyje pažymėkite grafiko piktogramą ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti* (*Show*).
- 3.2. Paspaudę mygtuką  (*Linear fit*), atlikite tiesinę aproksimaciją. Grafiko apačioje bus matoma tiesės lygtis (6 pav.).  
**Tiesės polinkio fizikinė prasmė – vielos varža.**
- 3.3. Užsirašykite varžos vertę.



6 pav.  $U = f(I)$  grafikas

$$R = 440 \Omega$$

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką;
- apie grafiko polinkio kampo tangento ( $tg(\frac{\Delta I}{\Delta U})$ ) fizikinę prasmę;
- apie tiriamojo varžo varžą.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite Omo dėsnį grandinės daliai.	1. Srovės stipris $I$ grandinės dalyje tiesiai proporcingas jos įtampai $U$ ir atvirkščiai proporcingas grandinės dalies varžai $R$ . $I = \frac{U}{R}.$
2. Kas yra varža?	2. Varža – tai fizikinis dydis apibūdinantis laidininko pasipriešinimą elektros srovės tekėjimui.
3. Kokie varžos vienetai?	3. Varžos vienetas yra omas: $[R] = 1 \text{ V} : 1 \text{ A} = 1 \Omega.$
4. Nuo ko priklauso varža?	4. Varža $R$ priklauso nuo laidininko ilgio $\ell$ , skerspjūvio ploto $S$ ir savitosios varžos $\rho$ : $R = \rho \frac{\ell}{S}.$
5. Kokia $U(I)$ grafiko polinkio kampo fizikinė prasmė?	5. Tiesės polinkio kampo fizikinė prasmė – vielos varža. $\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta U}{\Delta I} = R.$

**III lygmuo**  
**Koordinuotas tyrinėjimas**

**Tyrimo problema.** Kaip, turint kelias skirtingas tiriamuosius varžus, gavus  $U = f(I)$  grafikus, nustatyti jų varžų vertes ir jas palyginti.

**Tyrimo hipotezė.** Įtampos priklausomybė nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  yra tiesinė, o tiesės polinkio kampas proporcingas varžai.

**Eksperimento tikslas** – iš  $U = f(I)$  grafikų nustatyti tiriamųjų laidininkų varžas ir jas palyginti.

**Laukiami rezultatai:**

- Gebės sudaryti darbo planą ir parengti priemones darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafikus.
- Gebės paaiškinti tiesės polinkio kampo tangento ( $\operatorname{tg}(\frac{\Delta I}{\Delta U})$ ) fizikinę prasmę.
- Mokės iš  $U = f(I)$  grafikų nustatyti laidininkų varžas.
- Gebės paaiškinti, kaip grafikų polinkio kampas priklauso nuo varžo varžos.

**Eksperimento priemonės:**

- Nova5000;
- Įvairios metalinės vielos įtvirtintos ant liniuotės arba varžai;
- 1,5 V baterijos (2–3 vien.) arba 12 V nuolatinės srovės šaltinis;
- Reostatas ( $\sim 15 \Omega$ ) arba  $220 \Omega$  potenciometras;
- Įtampos jutiklis  $\pm 2,5 \text{ V}$  (arba  $\pm 25 \text{ V}$ );
- Srovės jutiklis  $\pm 2,5 \text{ A}$ ;
- Jungiamieji laidai.

**Rekomendacijos darbo eigai:**

1. Atlikite bandymą su skirtingais varžais.

2. Kelių varžų  $U = f(I)$  priklausomybes pavaizduokite grafiškai kartu.
3. Nustatykite varžų vertes ir jas palyginti.

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafikus;
- apie grafiko polinkio kampo fizikinę prasmę;
- kaip  $U = f(I)$  polinkio kampas priklauso nuo varžos.

### 3.3.5. ELEKTROS SROVĖS ŠALTINIO VIDAUS VARŽOS IR ELEKTROVAROS TYRIMAS

#### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Bendrasis / išplėstinis\* kursas

1. Metodologiniai fizikos klausimai	
<p><b>Nuostatos</b> Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, *analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus.

4. Elektra ir magnetizmas	
<p><b>Nuostatos</b> Pasinaudoti gamtos mokslų dėsniais, teorijomis, sampratomis gamtos reiškiniams aiškinti.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.2. Taikyti nuolatinės srovės dėsnį ir laidininkų jungimo būdus nusakančius dėsnius nesudėtingoms elektrinėms grandinėms nagrinėti.	4.2.1. Apibūdinti nuolatinės srovės dėsningumus, formuluoti Omo dėsnį, vartojant <i>įtampos</i> , <i>srovės stiprio</i> ir <i>varžos</i> sąvokas. 4.2.3. Apibūdinti laidininkų jungimo būdus, išmatuoti srovės stiprį ir įtampą paprasčiausiose grandinėse. 4.2.4. Apibūdinti elektros srovės <...> šaltinio elektrovarą. Nusakyti Omo dėsnį paprasčiausioms uždarosioms grandinėms. *4.2.2. Apibūdinti šaltinio elektrovarą, vidaus varžą, nusakyti Omo dėsnį uždarosioms grandinėms.

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Elektros srovei laidininke būtinos dvi sąlygos: laidininke turi būti laisvųjų krūvininkų – elektronų arba jonų (izoliacinėje medžiagoje jų nėra); reikalingas elektrinis laukas; t. y. laidininko galuose turi būti potencialų skirtumas  $\varphi_1 - \varphi_2$ . Tam reikalingas elektros srovės šaltinis. Elektros srovės šaltinyje įvairios neelektrostatinės kilmės jėgos atskiria elektros krūvius, sukuria elektrinę energiją, o ji virsta kitomis energijos rūšimis grandinės išorinėje dalyje. Galvaniniuose elementuose, akumuliatoriuose, kuro elementuose pasireiškia cheminių reakcijų jėgos, elektros generatoriuose elektromagnetinės jėgos, ir kt. Jos vadinamos krūvius perskiriančiomis jėgomis arba pašalinėmis jėgomis.

Perskiriančių jėgų darbu, atliekamu šaltinio viduje, galima energijos požiūriu apibūdinti srovės šaltinį.

Elektrovara (evj) yra fizikinis dydis, lygus pašalinių jėgų darbo, atliekamo perkeltant teigiamąjį krūvį uždara grandine, ir to krūvio santykiui:

$$\varepsilon = \frac{A_p}{q}$$

Elektrovaros SI vienetas yra  $1 \text{ J/1 C} = 1 \text{ V}$ . Jis yra toks pat, kaip ir potencialo ar potencialų skirtumo (įtampos) vienetas.

Uždara grandinė susideda iš dviejų dalių: išorinės ir vidinės. Išorinę grandinę sudaro prie srovės šaltinio gnybtų prijungtų laidininkų varža, o vidinę – tarp tų gnybtų šaltinio viduje esančių medžiagų varža. Išorinės grandinės varžą pažymėję  $R$ , o vidinės grandinės  $r$ , užrašysime:

$$I(R+r) = \varepsilon,$$

arba

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}$$

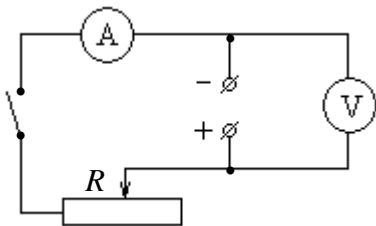
Šios lygtys išreiškia Omo dėsnį uždarajai elektros grandinei. Atsižvelgę į Omo dėsnį grandinės daliai ( $I = \frac{U}{R}$ ) galime užrašyti taip:

$$U + Ir = \varepsilon;$$

čia  $U$  yra šaltinio gnybtų įtampa, o  $Ir$  dar vadinama įtampos kritimu vidinėje varžoje. Matyti, jog

$$U = \varepsilon - Ir,$$

t. y. kai srovės šaltinis tiekia srovę išorinei grandinei, jo gnybtų įtampa yra mažesnė už jo evj. dydžiu  $Ir$ . Tačiau jei  $I = 0$ , tada  $U = \varepsilon$ . Todėl šaltinio elektrovarą galima ir taip nusakyti: **elektrovara lygi šaltinio gnybtų įtampai, kai šaltiniu srovė neteka**. Tuo paprastai naudojamosi norint praktiškai išmatuoti srovės šaltinio evj.



1 pav. Grandinės schema

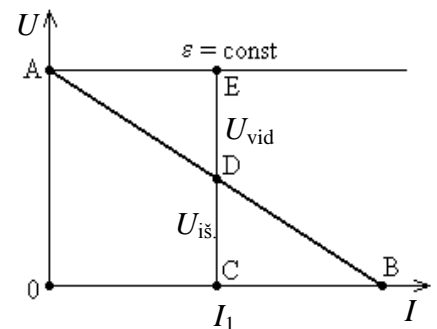
įtampos  $U_{is}$  priklausomybės nuo srovės stiprio  $I$  grafikas – atvirkštinė voltamperinė charakteristika (2 pav.).

Grafiko susikirtimas su įtampos  $U$  ašimi taške A duoda elektrovaros  $\varepsilon$  vertę, o taške B susikirtimas su srovės stiprio  $I$  ašimi – trumpąjį jungimą (tiesiog sujungiant šaltinio polius).

Iš taško A nubrėžta ašiai  $I$  lygiagretė vaizduoja elektrovarą  $\varepsilon = \text{const}$ . Konkrečios srovės stiprio  $I_1$  vertės ordinatės dalis CD vaizduoja grandinės išorinės dalies įtampą  $U_{is}$ , o dalis DE – šaltinio vidinę įtampą  $U_{vid}$ .

Keli srovės šaltiniai (elementai, akumulatoriai) su vienoda elektrovara  $\varepsilon$  ir vidine varža  $r$  gali būti jungiami į baterijas nuosekliai, lygiagrečiai ir mišriai. Jei nuosekliai jungiami priešingi

Įtampos pasiskirstymą grandinės dalyje galima aiškinti atvirkštine voltamperine charakteristika. Atliekamas bandymas. Sujungiama grandinė pagal 1 pav. Keičiant išorinę varžą  $R$ , ampermetru matuojamas srovės stipris  $I$ , voltmetru – šaltinio gnybtų įtampa  $U_{is}$ . Atlikus kelis matavimus, brėžiamas



2 pav.  $U = f(I)$  grafikas

šaltinių poliai, bendra baterijos elektrovara yra lygi atskirų šaltinių elektrovarų sumai. Sakykime, yra nuosekliai sujungta  $n$  vienodų šaltinių. Elektros krūvis kiekviename šaltinyje įgyja energijos, todėl baterijos elektrovara yra  $n\varepsilon$ , kai vieno šaltinio elektrovara  $\varepsilon$ . Jei vieno šaltinio vidinė varža  $r$ , tai visos baterijos  $nr$ . Tuomet Omo dėsnis įgyja išraišką:

$$I = \frac{n\varepsilon}{R + nr}$$

Gaunama didesnė baterijos elektrovara. Didesnis srovės stipris gaunamas tada, kai baterijos vidinė varža mažesnė už grandinės išorinę varžą ( $nr < R$ ).

Esant **lygiagrečiam jungimui**, kartu jungiami šaltinių teigiamieji ir kartu neigiamieji poliai. Krūvis prateka tik pro vieną šaltinį, todėl baterijos elektrovara  $\varepsilon$ . Vienodų  $m$  šaltinių baterijos vidinė varža

$$r_b = \frac{r}{m}.$$

Omo dėsnis:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + \frac{r}{m}}.$$

Lygiagretus šaltinių jungimas taikomas tada, kai reikia gauti bateriją su maža vidine varža.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. žinodami Omo dėsnį uždarai grandinei, atlieka matavimus, nubraižo voltamperinę charakteristiką ir nustato šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros vertę.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę gamtos mokslų laboratoriją **Nova5000**.

Darbą siūloma atlikti po Omo dėsnio uždarai grandinei mokymo. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai taikyti Omo dėsnį uždarai grandinei, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

Gilesni šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros tyrimai gali būti atliekami **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Jį atliekant mokiniams žinoma tyrimo tema, tačiau tyrimo eiga nėra pateikiama. Mokiniam pateikiamos reikalingos priemonės darbui atlikti ir suformuluojama problema. Mokiniai formuoja hipotezę ir patys planuoja darbo eigą. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai, ieškant teisingo darbo eigos būdo.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip gavus  $U = f(I)$  grafiką, nustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros vertę.

**Tyrimo hipotezė.** Įtampos priklausomybė nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  yra tiesinė, o iš grafiko galima nustatyti šaltinio vidaus varžą  $r$  bei elektrovarą  $\varepsilon$ .

**Eksperimento tikslas** – nustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros vertę.



### Laukiami rezultatai:

- Žinos Omo dėsnį uždarei grandinei.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbu.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką.
- Gebės paaiškinti tiesės polinkio kampo bei taškų, kuriuose grafikas kerta koordinatinių ašis, fizikinę prasmę.
- Mokės iš  $U = f(I)$  grafiko nustatyti šaltinio vidaus varžą  $r$ .
- Mokės iš  $U = f(I)$  grafiko nustatyti elektrovaros vertę.

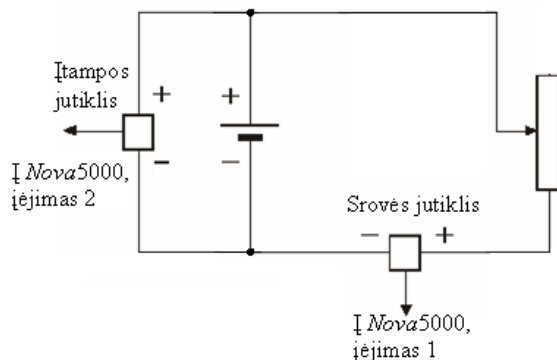
### Eksperto priemonės:

- Nova5000;
- 1,5 V arba 4,5 V baterija;
- Reostatas ( $\sim 15 \Omega$ );
- Įtampos jutiklis ( $\pm 2,5$  V arba  $\pm 25$  V);
- Srovės jutiklis  $\pm 2,5$  A;
- Jungiamieji laidai.

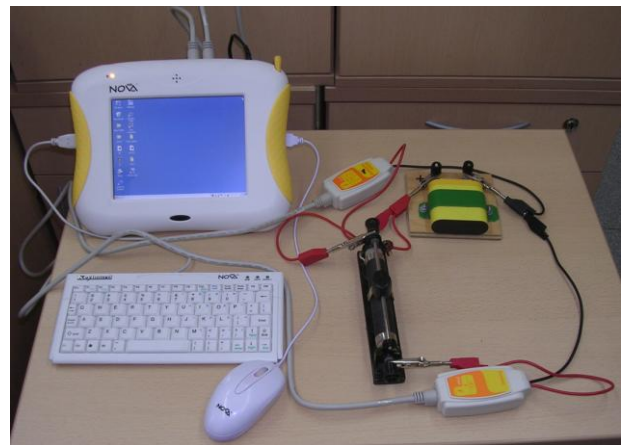
### Darbo eiga:

#### 1. Priemonių parengimas darbui:


- 1.1. Sujunkite elektrinę grandinę pagal pateiktą schemą (3 pav.) ir standą (4 pav.). Prijunkite srovės jutiklį ir reostatą prie šaltinio nuosekliai, tada prijunkite įtampos jutiklį prie baterijos lygiagrečiai. Įtampa ir srovės stipris negali viršyti jutiklių leistinų matavimo ribų.

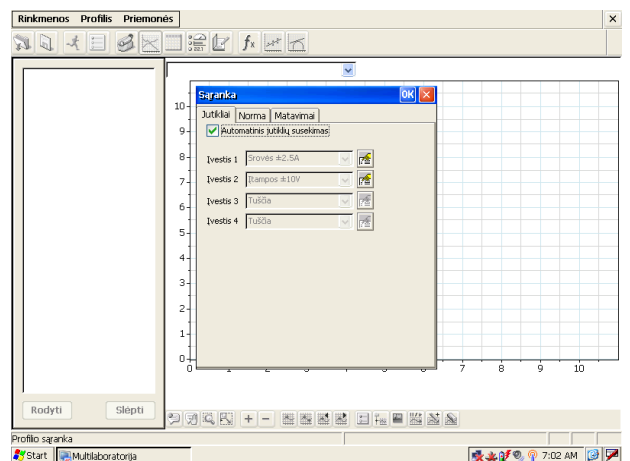


3 pav. Elektrinės grandinės schema



4 pav. Eksperto standas

- 1.2. Prijunkite srovės *Ivestis1 (Input1)* ir įtampos *Ivestis2 (Input2)* jutiklius prie Nova5000.
- 1.3. Įjunkite Nova5000 ir atidarykite programą MultiLab.
- 1.4. Paspauskite mygtuką  (*Setup*) ir nustatykite duomenų kaupiklio parametrus, kaip parodyta 1 lentelėje ir 5 pav., paspauskite OK.









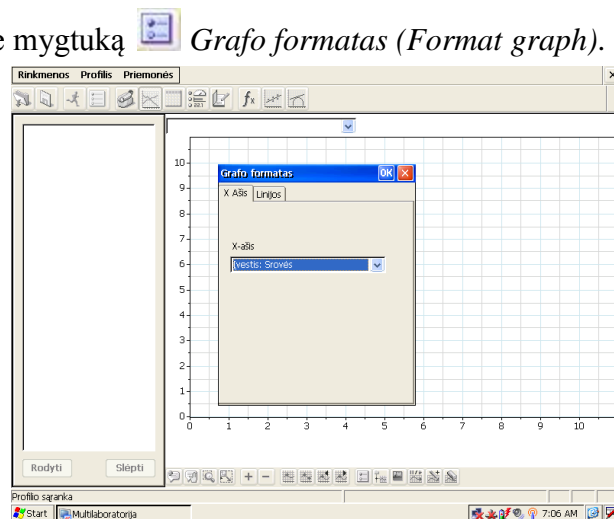
5 pav. Sąrankos lango vaizdas

### 1 lentelė. Duomenų kaupiklio nustatymas

JUTIKLIAI		
Srovės	Įvestis 1/Input 1	± 2,5 A
Įtampos	Įvestis 2/Input 2	± 10 V
NORMA		
	Rankinis	
MATAVIMAI		
	20 matavimų	

### 2. Matavimų procedūros:


- 2.1. Grafikų instrumentų lange paspauskite mygtuką  *Grafo formatas (Format graph)*.
- 2.2. Paspauskite *X-ašis (X-Axis)*, parinkite *Įvestis srovės I/O-1 (Input Current I/O-1)* ir paspauskite *OK* (6 pav.).
- 2.3. Paspauskite mygtuką  ir pardėkite matavimus.
- 2.4. Duomenis gaukite rankiniu būdu: kiekvieną kartą, kai norite atlikti matavimą, paspauskite mygtuką  (*Run*).
- 2.5. Reostatu keiskite įtampos kritimą ant tiriamosios varžos. Po kiekvieno pakeitimo atlikite matavimą mygtuku  (*Run*). Stebėkite, kad srovės stipris neviršytų 2,5 A.
- 2.6. Pabaigę matavimus ir atjungę grandinę nuo srovės šaltinio, grafikų instrumentų lange paspauskite mygtuką  (*Add graph to Project*).
- 2.7. Paspauskite mygtuką  (*Save*) ir išsaugokite grafiką.

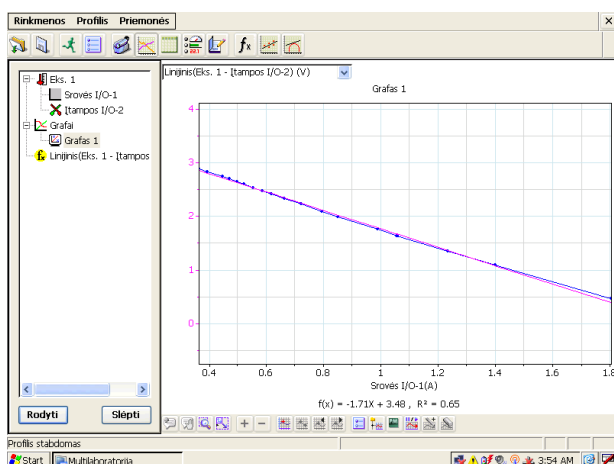


6 pav. Grafikų formato lango vaizdas

**Pastaba:** Kiekvienam grafikui programa *MultiLab* pagal nutylėjimą sukuria pavadinimą. Norint pakeisti pavadinimą, reikia paspausti mygtuką *Priemonės (Tools)*, pažymėti *Grafo pavadinimas (Graph title)*, įrašyti naują pavadinimą ir paspausti *Gerai (OK)*.

### 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

- 3.1. Atidarykite gautą grafiką: duomenų medyje pažymėkite grafiko piktogramą ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti (Show)*.
- 3.2. Paspaudę mygtuką  (*Linear fit*), atlikite aproksimaciją tiese. Grafiko apačioje bus matoma tiesės lygtis (7 pav.). Tiesės polinkio kampo fizikinė prasmė – šaltinio vidaus varža.
- 3.3. Užsirašykite įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio lygtį:



7 pav.  $U = f(I)$  grafikas

$$f(x) = -1,71x + 3,48.$$

- 3.4. Užsirašykite baterijos vidaus varžos vertę:

$$r = 1,71 \Omega$$

3.5. Nustatykite baterijos elektrovarą:

$$\varepsilon = 3,48 V.$$

3.6. Paaiškinkite taškų, kuriuose tiesė kerta koordinačių ašis, fizikinę prasmę:

- Kai srovė išorine grandine neteka, įtampa lygi elektrovarai;  
kai  $x = 0$ ,  $y = 3,48$ , t. y.  $U = \varepsilon$ .
- Kai įtampa išorinėje grandinėje lygi nuliui, šaltiniu tekanti srovė lygi  $\varepsilon/r$ .  
Gaunamas trumpas jungimas.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką;
- apie šaltinio vidaus varžą;
- apie šaltinio elektrovarą.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kas yra elektrovara? Kaip ji apskaičiuojama?	1. Elektrovara yra fizikinis dydis, lygus pašalinių jėgų darbo, atliekamo perkeltant teigiamąjį krūvį uždara grandine, ir to krūvio santykiui: $\mathcal{E} = \frac{A_p}{q}$
2. Nusakykite Omo dėsnį uždarei grandinei.	2. Srovės stipris tiesiog proporcingas šaltinio evj. Ir atvirkščiai proporcingas pilnutinei grandinės varžai: $I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$
3. Kam lygi elektrovara?	3. Elektrovara lygi grandinės išorinės dalies ir vidinės dalies įtampų sumai: $U + Ir = \varepsilon.$
4. Kokia $U = f(I)$ grafiko polinkio kampo fizikinė prasmė?	4. Tiesės polinkio kampo fizikinė prasmė – šaltinio vidaus varža.

### III lygmuo

#### Koordinuotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip gavus  $U = f(I)$  grafikus, nustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros vertę, kai 2 šaltiniai sujungti nuosekliai; lygiagrečiai.

**Tyrimo hipotezė.** Šaltinius sujungus nuosekliai, pilnutinė vidaus varža  $r$  ir elektrovara  $\varepsilon$  padidėja, o sujungus lygiagrečiai – baterijos vidaus varža sumažėja, elektrovara nepakinta.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros priklausomybę nuo šaltinių jungimo būdų.

#### Laukiami rezultatai:

- Gebės sudaryti darbo planą ir parengti priemones darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafikus, šaltinius jungiant nuosekliai ir lygiagrečiai.
- Gebės paaiškinti tiesės polinkio kampo bei taškų, kuriuose grafikai kerta koordinačių ašis, fizikinę prasmę.

- Mokės iš  $U = f(I)$  grafikų nustatyti šaltinio vidaus varžą  $r$ .
- Mokės iš  $U = f(I)$  grafikų nustatyti elektrovaros vertę.
- Gebės paaiškinti, kaip šaltinio vidaus varža priklauso nuo šaltinių jungimo būdų.
- Gebės paaiškinti, kaip elektrovara priklauso nuo šaltinio jungimo būdų.

#### **Ekspirimento priemonės:**

- *Nova5000*;
- 2 x 1,5 V arba 4,5 V baterijos;
- Reostatas ( $\sim 15 \Omega$ );
- Įtampos jutiklis ( $\pm 2,5$  V arba  $\pm 25$  V);
- Srovės jutiklis  $\pm 2,5$  A;
- Jungiamieji laidai.

#### **Rekomendacijos darbo eigai:**

1. Atlikite bandymą su 2 baterijomis, sujungtomis nuosekliai. Atitinkamai pakeiskite įtampos ir srovės jutiklių matavimo ribas.
2. Atlikite bandymą su 2 baterijomis, sujungtomis lygiagrečiai. Atitinkamai pakeiskite įtampos ir srovės jutiklių matavimo ribas.

#### **Mokiniai padaro išvadas:**

- apie šaltinio vidaus varžą, kai šaltiniai sujungti nuosekliai ir lygiagrečiai;
- apie šaltinio elektrovarą, kai šaltiniai sujungti nuosekliai ir lygiagrečiai.

### 3.3.6. KONDENSATORIAUS IŠKROVOS TYRIMAS

#### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis\* kursas

1. Metodologiniai fizikos klausimai	
<p><b>Nuostatos</b> Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti.	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus. 1.3.4. Taikyti išvestinių skaičiavimo taisykles fizikinių dydžių kitimo greičiui nustatyti.

4. Elektra ir magnetizmas	
<p><b>Nuostatos</b> Pasinaudoti gamtos mokslų dėsniais, teorijomis, sampratomis gamtos reiškiniams aiškinti.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.1. Analizuoti elektros krūvių sąveiką per elektrinį lauką, taikyti įelektrintus kūnus ir elektrinį lauką apibūdinančius dydžius sprendžiant uždavinius, skaičiuoti įelektrintų kondensatorių talpą ir energiją.	4.1.5. Nusakyti elektrinę talpą, kondensatorius... 4.1.6. Nusakyti nuosekliai ir lygiagrečiai sujungtų kondensatorių talpas.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Dydis, išreiškiamas laidininko krūvio ir potencialo santykiu, vadinamas laidininko **elektrine talpa**. žymima raide C:

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

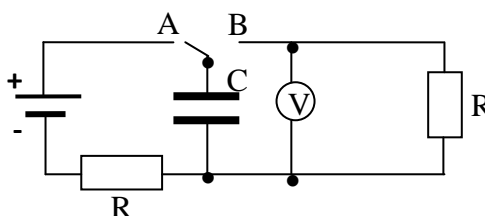
Laidininko elektrinės talpos vertė lygi krūviui, kurį suteikus, laidininko potencialas pakinta vienetu. Elektrinės talpos vienetas yra faradas (F):

$$[C] = \frac{1C}{1V} = 1 \frac{C}{V} = 1F.$$

Praktikoje vartojami mažesni talpos vienetai: mikrofaradas ir pikofaradas:

$$1\mu F = 10^{-6} F; \quad 1pF = 10^{-12} F.$$

**Kondensatorius** – dviejų laidininkų, vadinamu elektrodais, sistema, kuri turi savybę kaupiti energiją tarp tų elektrodų sukurtame elektriniame lauke. Prijungus kondensatorių prie įtampos šaltinio, jis įkraunamas, t. y. ant elektrodų (arba „plokštelių“) kaupiasi krūviai, kurių absoliutinės vertės lygios, tik priešingi ženklai. Jungiklis padėtyje A (1 pav.).



**1 pav.** Kondensatoriaus jungimas į grandinę

Įkraunant kondensatorių įtampa  $U$  tarp jo plokštelių didėja pagal dėsnį:

$$U = \varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right),$$

čia  $\varepsilon$  – šaltinio elektromotinė jėga,  $R$  – rezistoriaus varža,  $C$  – kondensatoriaus talpa,  $e$  – natūrinio logaritmo pagrindas.

Kondensatorius iškraunamas per varžą  $R$ . Jungiklis padėtyje B (1 pav.), rezistorius  $R$  prijungtas lygiagrečiai. Kondensatorius pradės išsikrauti, o įtampa tarp plokštelių – mažėti. Kondensatoriui išsikraunant įtampa kinta pagal eksponentės dėsnį:

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}};$$

čia  $U$  – įtampa laiko momentu  $t$ ,  $U_0$  – įtampa laiko momentu  $t = 0$ .

Išlogaritmavę šią lygybę gauname:

$$\ln\left(\frac{U}{U_0}\right) = -\frac{t}{RC},$$

čia  $\tau = \frac{1}{RC}$  – talpos laiko konstanta ( $s^{-1}$ ). Minuso ženklas rodo, kad laikui bėgant įtampa mažėja.

Tuomet galime užrašyti

$$\ln\left(\frac{U}{U_0}\right) = -\tau t.$$

Šios logaritminės funkcijos priklausomybė nuo laiko – tiesė, kurios krypties koeficientas  $\tau = \frac{1}{RC}$ . Šis krypties koeficientas, kurio fizikinė prasmė yra kondensatoriaus talpos laiko konstanta, randamas eksperimentiškai.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. žinodami kondensatoriaus veikimo principą, gauna įtampos priklausomybės nuo laiko  $U = f(t)$  grafiką ir apskaičiuoja kondensatoriaus talpos laiko konstantą.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą **Xplorer GLX**.



Darbą siūloma atlikti po kondensatoriaus ir jo veikimo principo mokymo. Jis gali būti atliekamas kaip praplečiantis ir pagilinantys programines fizikos žinias. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu praktiškai susipažįstama su kondensatoriaus iškrovos reiškiniu, išmokstama nustatyti kondensatoriaus talpos laiko konstantą bei išsiaiškinti jos fizikinę prasmę. Formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo, duomenų gavimo ir jų analizės įgūdžiai.

Gilesni kondensatoriaus iškrovos tyrimai gali būti atliekami **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Jį atliekant mokiniams žinoma tyrimo tema, tačiau tyrimo eiga nėra pateikiama. Mokiniais pateikiamos reikalingos priemonės darbui atlikti ir suformuluojama problema. Mokiniai formuluoja hipotezę ir patys planuoja darbo eigą. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai, ieškant teisingo darbo eigos būdo.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip kinta įtampa išsikraunant kondensatoriui.

**Tyrimo hipotezė.** Kondensatoriui išsikraunant įtampa mažėja pagal eksponentės dėsnį.

**Eksperimento tikslas** – ištirti kondensatoriaus iškrovos reiškinių.

### Laukiami rezultatai:








- Žinos kondensatoriaus iškrovos reiškinių.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo laiko  $U = f(t)$  grafiką.
- Mokės gauti įtampos logaritmo  $\ln\left(\frac{U}{U_0}\right) = f(t)$  grafiką.
- Mokės apskaičiuoti tiriamos grandinės kondensatoriaus talpos laiko konstantą.
- Gebės paaiškinti kondensatoriaus talpos laiko konstantos fizikinę prasmę.

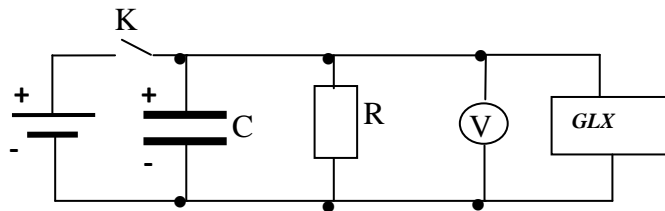
### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Įtampos jutiklis (*Voltage Probe*);
- Kondensatorius – 100  $\mu\text{F}$  (ar kt.);
- Srovės šaltinis („AA“, „C“, „D“ ir pan. / 4,5 V);
- Jungiamieji laidai ir antgaliai;
- Jungiklis;
- Rezistorius – 47  $\text{k}\Omega$  (ar kt.).

### Darbo eiga:

#### *Xplorer GLX* parengimas naujam eksperimentui:

- Paspauskite mygtuką  (*Home Screen*).
- Paspauskite mygtuką  ir atidarykite duomenų bylų (*Data Files*) ekraną.
- Paspauskite mygtuką , atsidaro bylų meniu (*Files menu*) ir spauskite . Atsidaro naujos bylos (*New Files*).
- Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .





2 pav. Grandinės schema

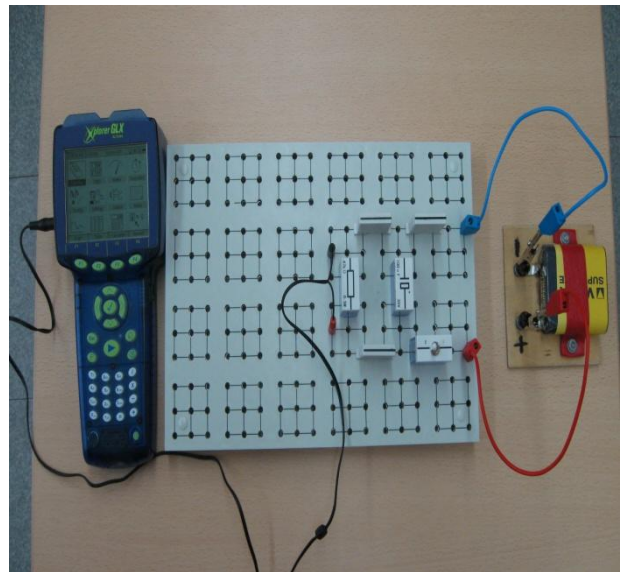
1. **Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Sujunkite grandinę pagal duotą schemą (2 pav., 3 pav.) (jungiklis išjungtas; įtampos jutiklis į *GLX* dar nejungiamas);
- 1.2. Užrašykite eksperimente naudojamo kondensatoriaus ir varžos parametrus:

$C = 100 \mu\text{F}; \quad R = 47 \text{ k}\Omega.$


- 1.3. Įtampos jutiklio prijungimas prie *GLX*:
  - a) įtampos jutiklį įjunkite kairėje *GLX* pusėje;
  - b) jei į *GLX* yra įjungti kiti jutikliai, juos išjunkite.
- 1.4. Pasirengimas grafiko braižymui:

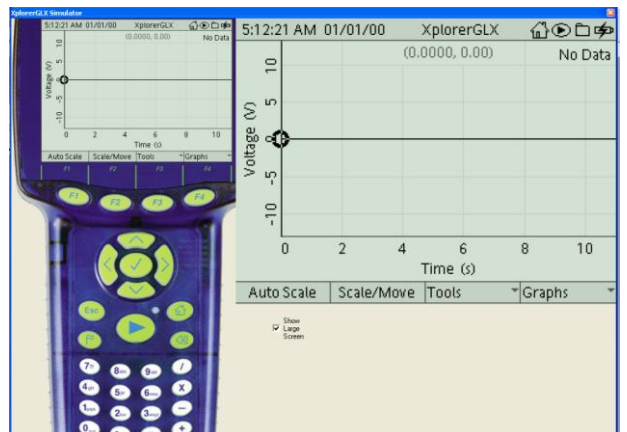
- a) paspauskite mygtuką  ir grįžkite į pradžią (*Home Screen*);
- b) Spauskite , atsidaro grafiko langas (*Graph*) (4 pav.). Grafikas automatiškai bus nustatytas įtampos priklausomybės nuo laiko matavimui.



3 pav. Eksperimento stendas



2. **Matavimų procedūros:**

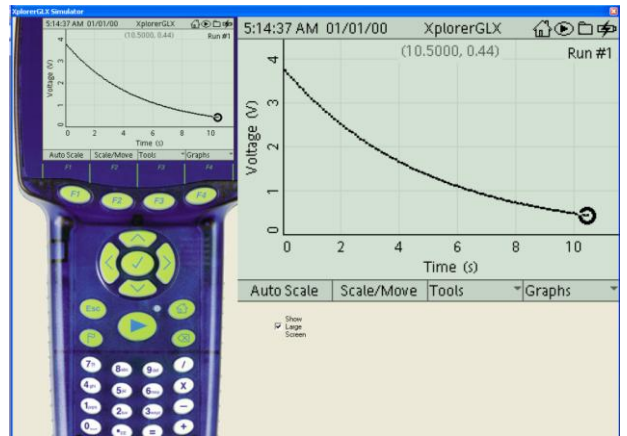
- 2.1. Kondensatorių jungikliu *K* sujunkite su įtampos šaltiniu. Įjungę laikykite apie 5 sekundes. Nelaikykite per ilgai, nes eikvojamas šaltinis.
- 2.2. Išjunkite jungiklį ir tuoj pat paspauskite matavimo mygtuką ; kad būtų pradėti fiksuoti iškrovos rodmenys.



4 pav. Grafiko langas

### 2.3. Grafiko braižymas:

- spauskite  – bus automatiškai parenkamas grafiko mastelis ir braižomas grafikas;
- kai įtampa priartės prie 0 V, paspauskite , kad sustabdytumėte duomenų fiksavimą.

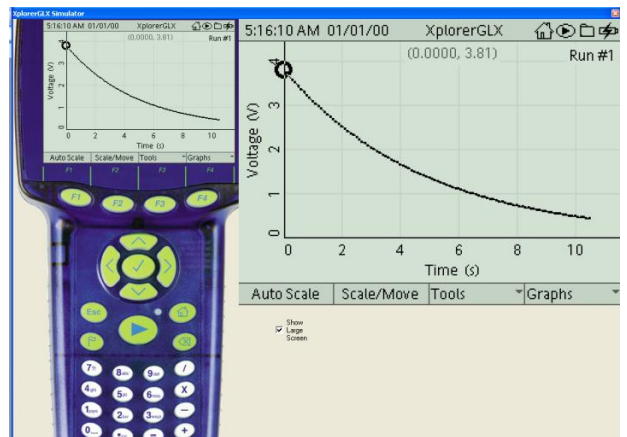


5 pav. Grafiko braižymas










### 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

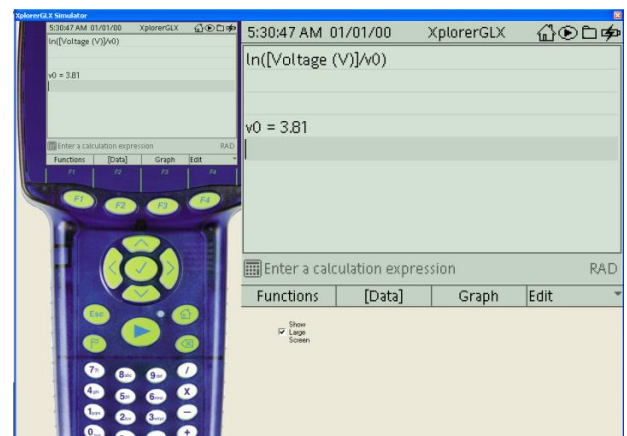
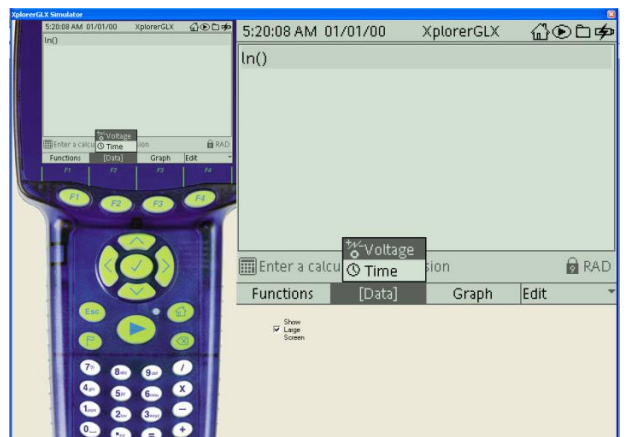
#### 3.1. $U_0$ radimas iš grafiko $U = f(t)$ :


- spauskite rodyklės klavišą į viršų, kad perkelti duomenų žymeklį (*Data Cursor*) į pirmąjį pažymėtą tašką. Taško koordinatės parodytos diagramos viršuje.
- užsirašykite įtampos duomenis:  
 **$U_0 = 3,81 \text{ V}$**









#### 3.2. $\ln(U/U_0)$ apskaičiavimas:

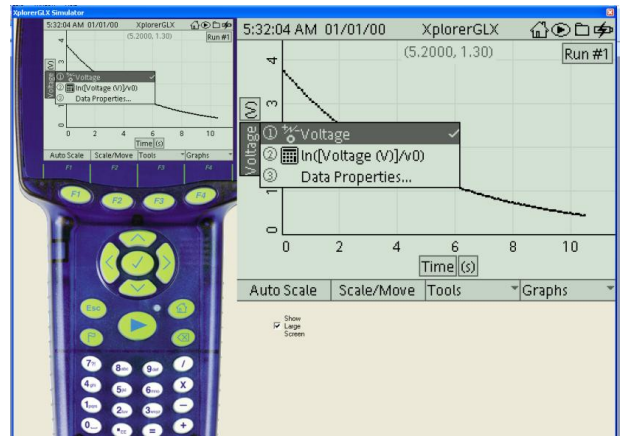
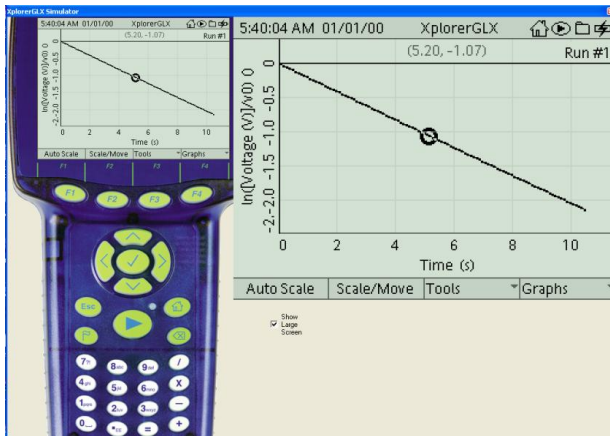
- spauskite mygtuką  grįžkite į pradžią (*Home Screen*); paspauskite , kad atsidarytų kalkuliatorius;
- tuščiaame langelyje įveskite  $\ln([\text{Voltage}(\text{V})]/v_0)$ :
  - tuo tikslu paspauskite , po to paspauskite , kad atsidarytų *Functions* menu; rodyklių mygtukais pažymėkite  $\ln()$  ir paspauskite .
  - norėdami įterpti įtampą  $[\text{Voltage}(\text{V})]$ , paspauskite , kad atsidarytų duomenų langas (*Data*) ir pasirinkite įtampą (*Voltage*).
  - norėdami įvesti raidę  $v$ , pirmiausia reikia išjungti *Num Lock* –  ir spausti , kol pasirodys raidė  $v$ ; klaviatūros mygtuku įrašykite 0 ir spauskite .



c) kalkuliatoriumi įveskite pradinės įtampos  $U_0$  vertę ir spauskite .



3.3. Funkcijos  $\ln(\frac{U}{U_0})$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafiko braižymas:

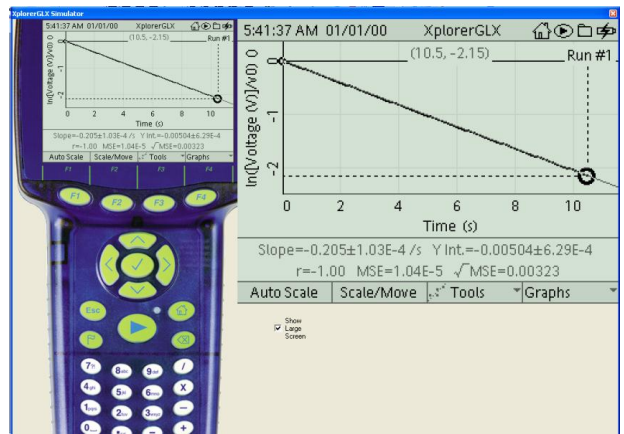
- paspauskite mygtuką  – grįžti į pradžią (*Home Screen*); paspauskite  – atsidaro grafiko langas (*Graph*);
- paspauskite , kad atsidarytų *Graphs menu*; mygtuku  pažymėkite naują grafiką (*New Graph Page*);
- du kartus spauskite  ir pasirinkite  $\ln(\frac{v}{v_0})$ ;
- paspaudus  brėžiamas  $\ln(\frac{v}{v_0})$  priklausomybės nuo laiko grafikas (5 pav.)



5 pav.  $\ln(\frac{V}{V_0})$  priklausomybės nuo laiko grafikas

3.4. Talpos laiko konstantos  $\tau$  radimas:

- paspauskite  – atsidaro *Tool menu*; paspaudus  pažymėkite *Linear Fit*;
- paspauskite rodyklinį mygtuką žemyn, kad punktyru pažymėtumėte visą grafiką (6 pav.);
- iš grafiko nustatykite laiko konstantą,  
 $\tau = (0,205 \pm 1,03 \cdot 10^{-4}) \text{ s}^{-1}$ ;
- išsaugokite grafiką.



6 pav. Talpos laiko konstantos  $\tau$  radimas

#### Mokiniai padaro išvadas:

- apie įtampos kitimo nuo laiko  $U = f(t)$  priklausomybę kondensatoriui išsikraunant;
- apie talpinę laiko konstantą ir jos fizikinę prasmę.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kas yra kondensatorius?	1. Kondensatorius – dviejų laidininkų, vadinamų elektrodais, sistema, kuri turi savybę kaupti energiją tarp tų elektrodų sukurtame elektriniame lauke.



2. Kaip įkraunamas kondensatorius?	2. Kondensatorius įkraunamas prijungus jį prie įtampos šaltinio. Ant elektrodų (arba „plokštelių“) kaupiasi krūviai, kurių absoliutinės vertės lygios, tik priešingi ženklai.
3. Kaip kinta įtampa tarp kondensatoriaus plokščių jį įkraunant?	3. Įkraunant kondensatorių įtampa $U$ tarp jo plokštelių didėja pagal dėsnį: $U = \varepsilon \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right).$
4. Kaip iškraunamas kondensatorius?	4. Kondensatorių atjungus nuo srovės šaltinio, jis iškraunamas per rezistorių $R$ . Jungiklis padėtyje B (1 pav.), rezistorius $R$ prijungtas lygiagrečiai.
5. Kaip kinta įtampa tarp kondensatoriaus plokščių jį iškraunant?	5. Kondensatoriui išsikraunant įtampa mažėja pagal eksponentės dėsnį: $U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}};$
6. Įrodykite, kad talpinės laiko konstantos matavimo vienetas $s^{-1}$	6. $[\tau] = \frac{1}{\Omega F} = \frac{V}{\Omega C} = \frac{A\Omega}{\Omega As} = \frac{1}{s} = s^{-1}$

### III lygmuo - 1 Koordinuotas tyrinėjimas

#### EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip, kondensatoriui išsikraunant, talpos laiko konstanta priklauso nuo išorinės grandinės varžos.

**Tyrimo hipotezė.** Didėjant išorinės grandinės varžai, kondensatoriui išsikraunant laiko konstanta mažėja.

**Eksperimento tikslas** – ištirti kondensatoriaus iškrovos priklausomybę nuo grandinės išorinės varžos.

#### Laukiami rezultatai:

- Gebės sudaryti darbo planą ir parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo laiko  $U = f(t)$  grafikus, esant skirtingoms išorinėms grandinės varžoms.
- Mokės apskaičiuoti  $\ln(U/U_0)$  ir nubraižyti  $\ln(U/U_0) = f(t)$  grafikus.
- Mokės apskaičiuoti tiriamų grandinių kondensatoriaus talpos laiko konstantą  $\tau$ .
- Mokės nubraižyti laiko konstantos priklausomybės nuo varžos grafiką ( $\tau = f(R)$ );
- Gebės paaiškinti, kaip  $\tau$  priklauso nuo grandinės išorinės varžos.

#### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Įtampos jutiklis (*Voltage Probe*);
- Kondensatoriai (8 – 100  $\mu$ F);
- Srovės šaltinis („AA“, „C“, „D“ ir pan. / 4,5 V);
- Jungiamieji laidai ir antgaliai;
- Jungiklis;
- Rezistoriai – 10 k $\Omega$ , 47 k $\Omega$ , 57 k $\Omega$  (ar kiti 3 skirtingi).

#### Rekomendacijos darbo eigai:

- Atlikite bandymą keisdami grandinės varžą  $R$ .
- Duomenis surašykite į lentelę:

Band. Nr.	Talpa $C$ ( $\mu\text{F}$ )	Varža $R$ ( $\text{k}\Omega$ )	Įtampa $V_0$ (V)	$\tau$ ( $\text{s}^{-1}$ )
1.	100 F	10	2,69	-0,920
2.		47	4,09	- 0,203
3.		57	4,09	-0,171

- Nubraižykite laiko konstantos priklausomybės nuo varžos grafiką ( $\tau = f(R)$ ).

#### Mokiniai padaro išvadą:

- apie laiko konstantos priklausomybę nuo išorinės grandinės varžos, kondensatoriui išsikraunant.

### III lygmuo – 2 Koordinuotas tyrinėjimas

#### EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip, kondensatoriui išsikraunant, talpos laiko konstanta priklauso nuo kondensatoriaus talpos.

**Tyrimo hipotezė.** Didėjant kondensatoriaus talpai ir kondensatoriui išsikraunant laiko konstanta mažėja.

**Eksperimento tikslas** – ištirti kondensatoriaus iškrovos priklausomybę nuo kondensatoriaus talpos.

#### Laukiami rezultatai:

- Gebės sudaryti darbo planą ir parengti priemones darbui.
- Mokės gauti įtampos priklausomybės nuo laiko  $U = f(t)$  grafikus, esant skirtingoms kondensatoriaus talpoms.
- Mokės apskaičiuoti  $\ln(U/U_0)$  ir nubraižyti  $\ln(U/U_0) = f(t)$  grafikus.
- Mokės apskaičiuoti tiriamų grandinių kondensatoriaus talpos laiko konstantą  $\tau$ .
- Mokės nubraižyti laiko konstantos priklausomybės nuo talpos grafiką ( $\tau = f(C)$ );
- Gebės paaiškinti, kaip  $\tau$  priklauso nuo kondensatoriaus talpos.

#### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Įtampos jutiklis (*Voltage Probe*);
- Kondensatoriai (8 – 100  $\mu\text{F}$ );
- Srovės šaltinis („AA“, „C“, „D“ ir pan. / 4,5 V);
- Jungiamieji laidai ir antgaliai;
- Jungiklis;
- Rezistoriai – 10  $\text{k}\Omega$ , 47  $\text{k}\Omega$ , 57  $\text{k}\Omega$  (ar kiti 3 skirtingi).

#### Rekomendacijos darbo eigai:

- Atlikite bandymą keisdami kondensatoriaus talpą  $C$ .
- Duomenis surašykite į 2 lentelę:



**2 lentelė.** Eksperimento duomenys ir rezultatai

<b>Band. Nr.</b>	<b>Varža <math>R</math> (k<math>\Omega</math>)</b>	<b>Talpa <math>C</math> (<math>\mu</math>F)</b>	<b>Įtampa <math>V_0</math> (V)</b>	<b><math>\tau</math> (s<sup>-1</sup>)</b>
1.	47	100	4,09	-0,203
2.		58	3,24	-0,494
3.		32	3,28	-0,654
4.		16	2,30	-1,26
5.		8	1,03	-2,14

- Nubraižykite laiko konstantos priklausomybės nuo talpos grafiką ( $\tau = f(C)$ ).

**Mokiniai padaro išvadą:**

- apie laiko konstantos priklausomybę nuo kondensatoriaus talpos, jam išsikraunant.

### 3.3.7. ELEKTROMAGNETINĖS INDUKCIJOS TYRIMAS

#### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Bendrasis / išplėstinis\* kursas

1. Metodologiniai fizikos klausimai	
<p><b>Nuostatos</b> Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, *analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus...

4. Elektra ir magnetizmas	
<p><b>Nuostatos</b> Pasitelkti gamtos mokslų dėsnius, teorijas, sampratas gamtos reiškiniams aiškinti.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.</p>	
4.4. Analizuoti elektromagnetinės indukcijos reiškinį, ir jo taikymą buityje ir technikoje.	4.4.1. Nusakyti elektromagnetinės indukcijos reiškinį.
*4.5. Analizuoti elektromagnetinės indukcijos reiškinį, jo visuotinumą, <...>.	*4.5.1. Nusakyti elektromagnetinės indukcijos dėsnį, Lenco taisyklę.

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

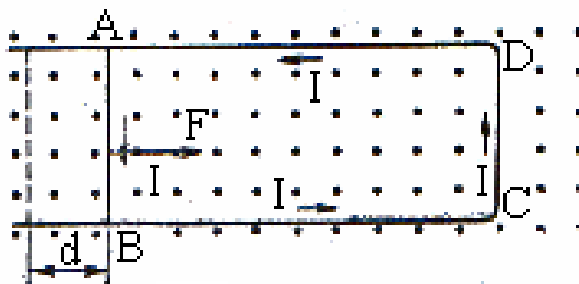
Kintant laidininko kontūrą veriančiam magnetiniam srautui laidininke indukuojama srovė. Ji buvo pavadinta **indukuotąja srove**, o šis reiškinys – **elektromagnetinė indukcija**. Srautas gali kisti, kai kinta magnetinė indukcija (kinta  $B$ ), kontūrai pasisukant (kinta  $\alpha$ ) arba jam deformuojantis (kinta  $S$ ). Vienu metu gali veikti du ar visi trys šie veiksniai.

Elektrinių jėgų atžvilgiu lauką apibūdina elektrinio lauko stipris, o energijos atžvilgiu – elektrovara. Bandymai rodo, kad kontūre indukuotosios srovės kryptis priklauso nuo to, didėja ar mažėja kontūrą kertantis magnetinis srautas, taip pat nuo magnetinio srauto tankio vektoriaus krypties kontūro atžvilgiu.

Tarkime, kad tolydiniame magnetiniame lauke statmenai magnetinei indukcijai  $\vec{B}$  lygiagrečiais laidininkais tolygiai juda laidininkas AB, veikiamas išorinės jėgos  $\vec{F}$  (1 pav.). Per

mažą laiko pokytį  $\Delta t$  jis pasislenka atstumu  $d$ . Susidaro laidininkų kontūras ABCD. Kintant kontūrą veriančiam magnetiniam srautui  $\Phi$ , kontūre atsiranda indukuotas elektrinis laukas, kurio elektrovara  $\varepsilon$ . Šis laukas laidininke sukuria srovę  $I$ . Jai tekant elektrinio lauko energija virsta laidininko vidine energija. Srovė atlieka darbą

$$A_1 = \varepsilon q = \varepsilon I \Delta t.$$



1 pav. Indukuotos elektrovaros susidarymas

Indukuotosios srovės  $I$  magnetinis laukas priešinasi srauto  $\Phi$  kitimui. Magnetinis laukas laidininką AB su srove veikia jėga  $\square = BI\ell$  ir jo atliekamas darbas

$$A_2 = BI\ell d.$$

Remiantis energijos tvermės dėsniu

$$\begin{aligned} A_1 + A_2 &= 0, \\ \varepsilon I \Delta t &= -BI\ell d. \end{aligned}$$

Judant laidininkui AB kontūro ploto pokytis  $\Delta S = \ell d$ , o  $B\Delta S = \Delta\Phi$  yra magnetinio srauto pokytis. Gauname, kad

$$\begin{aligned} \varepsilon \Delta t &= -\Delta\Phi, \\ \varepsilon &= -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}. \end{aligned}$$

Minusas ženklas rodo, kad  $\varepsilon$  ir  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  turi skirtingus ženklus. Dydis  $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  yra magnetinio srauto kitimo greitis. Formulė išreiškia tai, kad indukcinė elektrovara  $\varepsilon$  proporcinga magnetinio srauto kitimo greičiui.

**Uždarame kontūre indukuota elektros srovė teka tokia kryptimi, kad jos kuriamas magnetinis srautas, kertantis kontūro ribojamą plotą, kompensuotų magnetinio srauto, sukeliančio šią srovę, kitimą.** Tai reiškia, kad, jei išorinis srautas sumažėja, tai atsiradusios srovės srauto kryptis sutaps su išorinio srauto kryptimi, o jei išorinis srautas didėja, tai srovės sukurto srauto kryptis bus priešinga.

Ritė sudaryta iš  $n$  nuosekliai sujungtų kontūrų (vijų), jų elektrovara sumuojasi. Bendra ritės elektrovara

$$\varepsilon = -n \cdot \Delta\Phi / \Delta t.$$

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi išskeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. žinodami elektromagnetinės indukcijos dėsnį, gauna indukcinės elektrovaros kitimo laike  $\varepsilon = f(t)$  grafikus ir paaiškina elektrovaros kitimą remdamiesi elektromagnetinės indukcijos dėsniu. Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę sistemą **Xplorer GLX**.

Darbą siūloma atlikti po elektromagnetinės indukcijos nagrinėjimo. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė

ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu praktiškai įsitikinama indukuotos elektros atsiradimu ir nustatoma, kaip magnetinis srautas ir indukcinė elektrosvara priklauso nuo ritės judėjimo greičio. Formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

Gilesni magnetinio srauto ir indukcinės elektros tyrimai gali būti atliekami **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Jį atliekant mokiniams žinoma tyrimo tema, tačiau tyrimo eiga nėra pateikiama. Mokiniams pateikiamos reikalingos priemonės darbui atlikti ir suformuluojama problema. Mokiniai formuluoja hipotezę ir patys planuoja darbo eigą. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai, ieškant teisingo darbo eigos būdo.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip, gavus indukcinės elektros kitimo laike grafiką, paaiškinti elektromagnetinės indukcijos dėsni.

**Tyrimo hipotezė.** Indukcinė elektrosvara  $\varepsilon$  proporcinga ritės stūmimo į magnetą arba traukimo iš jo greičiui (magnetinio srauto kitimo greičiui).

**Eksperimento tikslas** – ištirti elektromagnetinės indukcijos reiškinių.

### Laukiami rezultatai:








- Žinos elektromagnetinės indukcijos reiškinių.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti indukcinės elektros kitimo laike  $\varepsilon = f(t)$  grafikus.
- Gebės paaiškinti elektros kitimą remdamiesi elektromagnetinės indukcijos dėsniu.

### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Įtampos jutiklis (*Voltage Probe*);
- Ritė;
- Pastovusis pasaginis magnetas.

### Darbo eiga:

#### *Xplorer GLX* parengimas naujam eksperimentui:






- Paspauskite mygtuką  (*Home Screen*).
- Paspauskite mygtuką  ir atidarykite duomenų bylų (*Data Files*) ekraną.
- Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spauskite  – atsidaro *New Files*.
- Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti, spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .



2 pav. Eksperimento stendas



#### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Sumontuokite įrenginį tyrimui (2 pav.).
- 1.2. Magnetą padėkite ant stalo. Ritė arba magnetas turi būti judinami taip, kad ritės plokštuma būtų statmena magnetinio lauko indukcijos linijoms.
- 1.3. Ritė ir magnetas turi nesiliesti.




- 1.4. Įtampos jutiklio galus sujunkite su rite, kad būtų galima matuoti įtampą.
- 1.5. Įtampos jutiklio prijungimas prie *GLX*:
  - įtampos jutiklį įjunkite kairėje *GLX* pusėje;
  - jei į *GLX* yra įjungti kiti sensoriai, išjunkite juos.
- 1.6. Dažnio nustatymas:
  - 1 paspauskite  – grįžti į pradžią (*Home Screen*); paspaudus  atsidaro jutiklių pasirinkimo ekranas (*Sensors screen*);
  - 2 rodykle eikite žemyn ir pažymėkite *Sample Rate*;
  - 3 paspauskite  kelis kartus ir nustatykite 200 Hz /100 Hz dažnį.
- 1.7. Pasirengimas grafiko braižymui:
  - paspauskite mygtuką  ir grįžkite į pradžią (*Home Screen*);
  - paspauskite  – atsidaro grafiko langas (*Graph*). Grafikas automatiškai bus nustatytas įtampos priklausomybės nuo laiko matavimui.

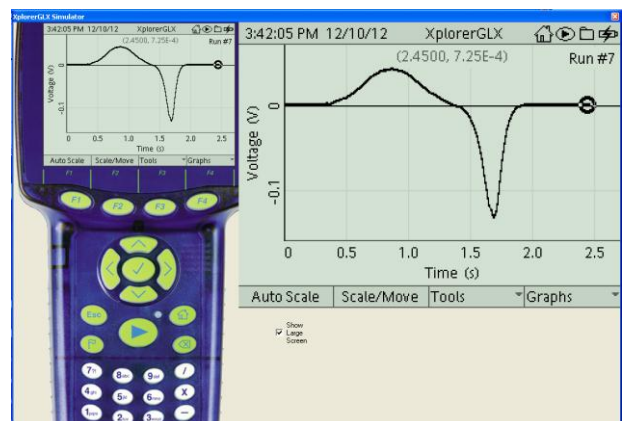
## 2. *Matavimų procedūros:*

### 2.1. Matavimo duomenų gavimas:

- ritę laikykite apie 2 cm nuo magneto;
- paspauskite mygtuką ; kiškite ritę į magnetą; ištraukite ritę iš magneto; vėl paspauskite .





### 2.2. Grafikų braižymas:

- paspauskite , bus brėžiamas grafikas;
- paspauskite , kad įeiti į mastelio režimą (*Scale mode*), vėl spauskite , kad įeiti į pakeitimo režimą (*Move mode*). Su kairės ir dešinės rodyklės klavišais abiejose režimuose ištempkite teigiamas ir neigiamas grafiko viršūnes (3 pav.).





3 pav. Indukcinės elektrovaros kitimo laike grafikas

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*); pažymėkite pokytį (*Delta Tool*) ir spauskite .
- 3.2. Su kairės ir dešinės pusės rodyklių klavišais, pažymėkite dešinėje pusėje pirmąjį grafiko iškilimą (*punktyru judės trikampė figūra*).
- 3.3. Vėl spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*); pažymėkite plotą (*Area Tool*) ir spauskite  (4 pav.)
- 3.4. Užsirašykite pirmojo pūpsnio plotą.

$$S_1 = -0,024 Vs.$$

Minuso ženklas rodo indukuotos srovės krypties pasikeitimą.

- 3.5. Spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*); pažymėkite plotą (*Area Tool*) ir spauskite  (*panaikinamas pūpsnio užbrūkšniavimas*).

3.6. Pakartokite aukščiau nurodytus 3.1. – 3.3. etapus ir pažymėkite antrąjį grafiko pūpsnį (į pav.).

3.7. Užsirašykite antrojo pūpsnio plotą:

$$S_2 = 0,023 \text{ Vs.}$$

3.8. Paaiškinkite, ką vaizduoja grafiko pūpsniai ir jų plotai  $S$ :

*Iš grafiko matyti, kad plotas atitinka indukcinės elektrovaros ir laiko sandaugą.*

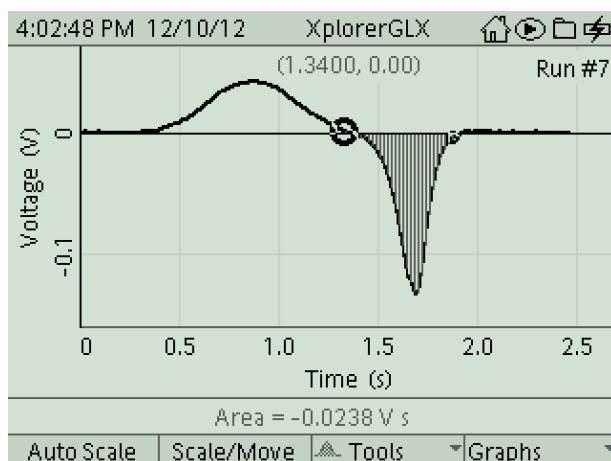
$$\varepsilon \Delta t = -\Delta \Phi,$$

*Vadinasi, grafiko pūpsnio plotas parodo magnetinio srauto pokytį. Grafiko pūpsnio plotas:*

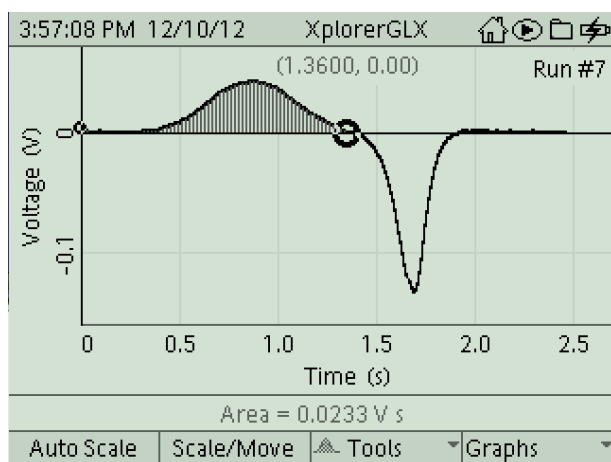
$$S = \Delta \Phi.$$

3.9. Paaiškinkite, kodėl grafiko smailės nevienodos:

*Pagal elektromagnetinės indukcijos dėsnį indukcinė elektrovara  $\varepsilon$  proporcinga magnetinio srauto kitimo greičiui. Kuo ritė greičiau stumiami į magnetą arba traukiama iš jo, tuo smailės aukštesnės, nes indukuojasi didesnė elektrovara. O magnetinio srauto pokytis yra toks pat, todėl gauname, kad  $S_1 \cong S_2$ .*



4 pav. Pirmosios grafiko dalies pažymėjimas



5 pav. Antrosios grafiko dalies pažymėjimas

### Mokiniai padaro išvadas:

- apie indukcinės elektrovaros atsiradimą ritei kertant nuolatinio magneto magnetinio lauko linijas;
- kaip indukcinė elektrovara ir magnetinis srautas priklauso nuo ritės judėjimo greičio;
- apie  $\varepsilon = f(t)$  pūpsnių plotų fizikinę prasmę;
- kada ir kodėl galime gauti grafiko nevienodas smailės;
- apie nevienodų pūpsnių magnetinio srauto pokyčius;
- kodėl grafike pūpsniai yra priešingose pusėse.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kaip atsiranda indukuotoji srovė?	1. Kintant laidininko kontūrą veriančiam magnetiniam srautui laidininke indukuojama srovė.
2. Nuo ko priklauso kontūre indukuotosios srovės kryptis?	2. Kontūre indukuotosios srovės kryptis priklauso nuo to, didėja ar mažėja kontūrą kertantis magnetinis srautas, taip pat nuo magnetinio srauto tankio vektoriaus krypties kontūro atžvilgiu.
3. Elektromagnetinės indukcijos dėsnis.	3. Indukcinė elektrovara yra tiesiog proporcinga laidininką arba kontūrą veriančio magnetinio srauto kitimo greičiui.
4. Kaip apskaičiuojama indukcinė elektrovara?	4. $\varepsilon = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ ; $\varepsilon = -\frac{n \Delta \Phi}{\Delta t}$ .



5. Ką vaizduoja <i>Indukcinės elektrovaros kitimo laike</i> grafiko pūpsniai ir jų plotai $S$ ?	5. Iš grafiko matyti, kad plotas atitinka indukcinės elektrovaros ir laiko sandaugą. $\varepsilon \Delta t = -\Delta \Phi$ , vadinasi, grafiko pūpsnio plotas parodo, magnetinio srauto pokytį. Grafiko pūpsnio plotas $S = \Delta \Phi$ .
6. Kodėl <i>Indukcinės elektrovaros kitimo laike</i> grafiko smailės nevienodos?	6. Pagal elektromagnetinės indukcijos dėsnį, indukcinė elektrovara $\varepsilon$ proporcinga magnetinio srauto kitimo greičiui. Kuo ritė greičiau stumiama į magnetą arba traukiama iš jo, tuo smailės aukštesnės, nes indukuojasi didesnė elektrovara.

### III lygmuo Koordinuotas tyrinėjimas

#### EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip magnetinis srautas ir indukcinė elektrovara priklauso nuo ritės vijų skaičiaus ir magneto stiprumo.

**Tyrimo hipotezė.** Magnetinis srautas ir indukcinė elektrovara yra proporcingi ritės vijų skaičiui ir magneto stiprumui.

**Eksperimento tikslas** – ištirti indukcinės elektrovaros ir magnetinio srauto priklausomybę nuo ritės vijų skaičiaus ir magneto stiprumo.

#### Laukiami rezultatai:

- Gebės sudaryti darbo planą ir parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti indukcinės elektrovaros kitimo laike  $\varepsilon = f(t)$  grafikus, panaudodami 3 rites su skirtingu vijų skaičiumi.
- Mokės gauti indukcinės elektrovaros kitimo laike  $\varepsilon = f(t)$  grafikus, panaudodami 3 skirtingus magnetus.
- Gebės paaiškinti, kaip indukcinė elektrovara ir magnetinis srautas priklauso nuo ritės vijų skaičiaus.
- Gebės paaiškinti, kaip indukcinė elektrovara ir magnetinis srautas priklauso nuo magneto stiprumo.

#### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Įtampos jutiklis (*Voltage Probe*);
- 2–3 skirtingo vijų skaičiaus ritės;
- 2–3 skirtingi magnetai.

#### Rekomendacijos darbo eigai:

- Atlikite bandymą su 2–3 skirtingo vijų skaičiaus ritėmis.
- Atlikite bandymą su 2–3 skirtingais magnetais.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- kaip indukcinė elektrovara ir magnetinis srautas priklauso nuo ritės vijų skaičiaus;
- kaip indukcinė elektrovara ir magnetinis srautas priklauso nuo magneto kuriamo magnetinio lauko indukcijos.

### 3.3.8. TEMPERATŪROS ĮTAKA TERMISTORIAUS VARŽAI

#### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas

1. Metodologiniai fizikos klausimai	
<b>Nuostatos</b> Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus...

4. Elektra ir magnetizmas	
<b>Nuostatos</b> Pasinaudoti gamtos mokslų dėsniais, teorijomis, sampratomis gamtos reiškiniams aiškinti.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.	
4.2. Analizuoti ir taikyti nuolatinės srovės dėsningumus įvairiose terpėse. Atlikti srovės įvairiose terpėse tyrimus.	4.2.3 Apibūdinti srovę įvairiose terpėse: <...> puslaidininkiuose <...>. 4.2.4. Pateikti elektros srovės tekėjimo įvairiuose terpėse (<...> puslaidininkiuose) taikymo pavyzdžių.

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

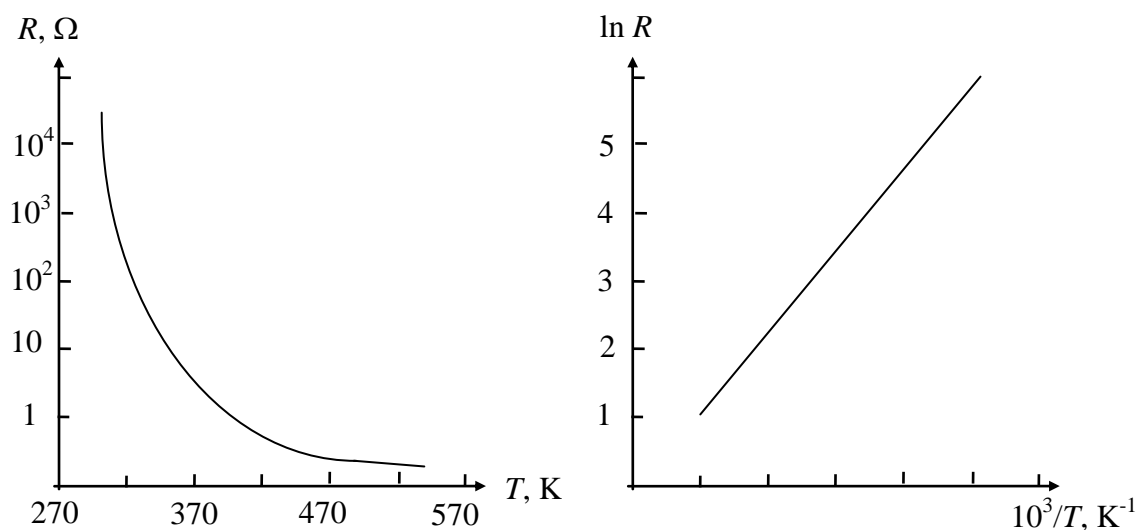
Termorezistorius – tai puslaidininkinis rezistorius, kurio elektrinė varža priklauso nuo temperatūros. Termistorius – tai puslaidininkinis termorezistorius su neigiamu temperatūriniu varžos koeficientu. Tiesioginio kaitinimo termistoriuose varža kinta dėl šilumos, išsiskiriančios, kai jais teka elektros srovė arba pakinta termistoriaus temperatūra (pavyzdžiui, keičiant aplinkos temperatūrą).

Kylant temperatūrai, puslaidininkio varža sumažėja dėl krūvininkų koncentracijos padidėjimo. Tai būdinga termistoriams, pagamintiems iš kovalentinių puslaidininkinių monokristalų (germanio, silicio). Tokie puslaidininkiai turi neigiamą temperatūrinį varžos koeficientą (kylant temperatūrai, varža mažėja). Puslaidininkio varžos priklausomybė nuo temperatūros užrašoma lygybe:

$$R = R_{\infty} \exp \left( \frac{B}{T} \right),$$

čia  $B$  – temperatūrinis jautrio koeficientas,  $R_{\infty}$  – nominali termistoriaus varža. Tai termistoriaus varža tam tikroje temperatūroje. Įvairių termistorių nominali varža siekia nuo kelių iki kelių šimtų

omų ir priklauso nuo medžiagos ir termistoriaus dydžio. Termistoriaus temperatūrinė charakteristika – varžos priklausomybė nuo temperatūros pavaizduota 1 pav.



1 pav. Termistoriaus temperatūrinė charakteristika

Termistoriaus temperatūrinis varžos koeficientas ( $\alpha_T$ ) – tai santykinis varžos pokytis temperatūrai pakitus 1 K. Apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\alpha_T = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$$

Įvairių termistorių temperatūrinio varžos koeficiento reikšmė kambario temperatūroje yra ribose  $\alpha_T = (0,8 \dots 6,0) \cdot 10^{-2} K^{-1}$ .

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. teoriškai žinodami termistoriaus varžos priklausomybę nuo temperatūros tai įrodo eksperimentiškai. Eksperimentas atliekamas naudojant kištukinę lentą ir jai pritaikytus komponentus iš **elektronikos rinkinio**.

Darbą siūloma atlikti išnagrinėjus elektros srovės dėsnį puslaidininkuose. Jis gali būti atliekamas kaip praplečiantis ir pagilinant programines fizikos žinias. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu praktiškai įrodoma, kad didėjant temperatūrai puslaidininkinio termorezistoriaus elektrinė varža mažėja, formuojami eksperimentavimo ir duomenų gavimo bei analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip kinta termistoriaus varža kintant temperatūrai.

**Tyrimo hipotezė.** Didėjant temperatūrai, termistoriaus elektrinė varža mažėja.

**Eksperimento tikslas** – ištirti termistoriaus varžos priklausomybę nuo temperatūros.

**Laukiami rezultatai:**

- Atpažinti NTC rezistorių tarp elektroninių komponentų.
- Mokės nubraižyti jo grandinės schemą.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.

- Gebės įrodyti, kad NTC rezistoriaus varža priklauso nuo temperatūros.
- Gebės įrodyti, kad didėjant temperatūrai, termorezistoriaus elektrinė varža mažėja.

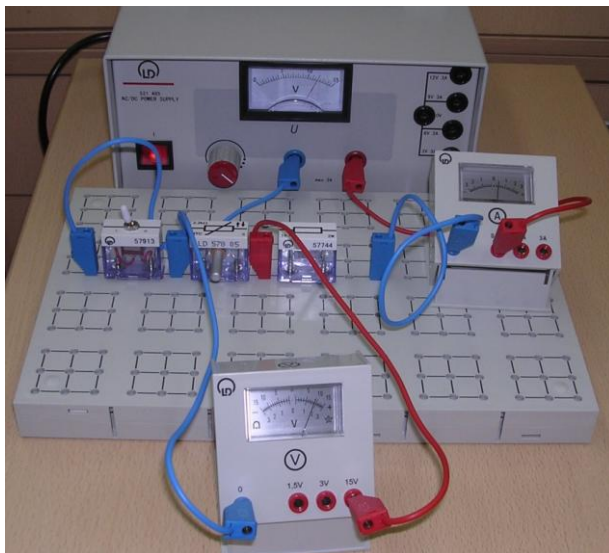
### Ekspimento priemonės:

- Kištukinė lenta;
- Termistorius, 2,2 k $\Omega$ ;
- Rezistorius, 1 k $\Omega$ ;
- Jungiklis;
- Įtampos šaltinis, 12V;
- Ampermetras, 0,01 A;
- Voltmetras, 10 V;
- Jungiamieji laidai;
- Degtukai.

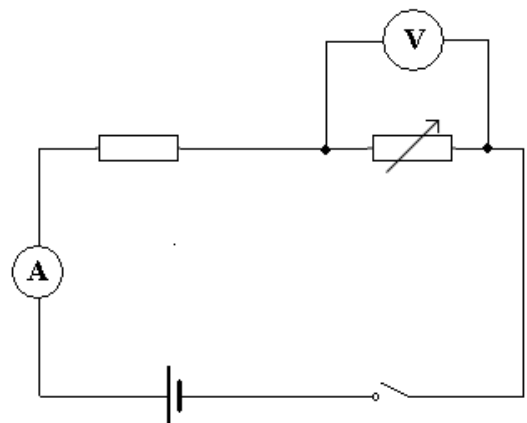
### Darbo eiga:

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Atidžiai pažiūrėkite į komponentą pažymėtą kaip „NTC“ (negative temperature coefficient – neigiamas temperatūros koeficientas), tai apibūdina rezistoriaus (termistoriaus) fizines savybes. Rezistoriaus su teigiamu temperatūros koeficientu (pozistoriaus) „PTC“ (positive temperature coefficient) temperatūrinės savybės priešingos.
- 1.2. NTC rezistorius pažymėtas kintamojo rezistoriaus simboliu su dviem papildomomis priešingų kryptių lygiagrečiomis rodyklėmis, graikiška raide „ $\Theta$ “ (Teta) ir trumpiniu NTC. Kyšantis metalo gabalas yra „šilumos jutiklis“.
- 1.3. Sujunkite grandinę taip, kaip parodyta 2 ir 3 pav. Prieš pradėdami matavimus įsitikinkite, kad jungiklis yra atjungtas. Būtinai patikrinkite, kad pasirinkote teisingas matavimo ribas.



2 pav. Ekspimento standas

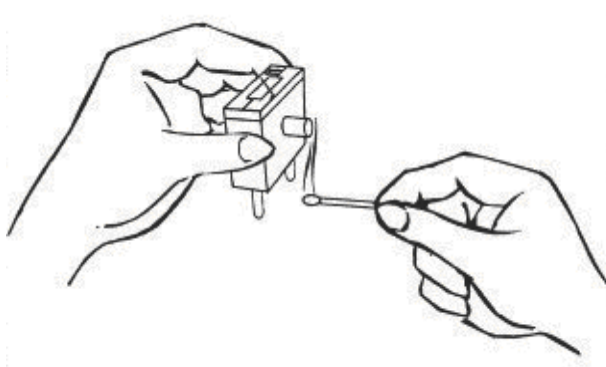


3 pav. Darbo schema

#### 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Nustatykite įėjimo įtampą 12 V.
- 2.2. Įjunkite jungiklį.
- 2.3. Išmatuokite įtampos ir srovės vertes. Voltmetro ir ampermetro rodmenis įrašykite į 1 lentelę.
- 2.4. Išjunkite jungiklį. Išimkite NTC rezistorių iš grandinės.
- 2.5. Uždekite degtuką ir pakaitinkite NTC rezistoriaus metalinį jutiklį, kaip parodyta

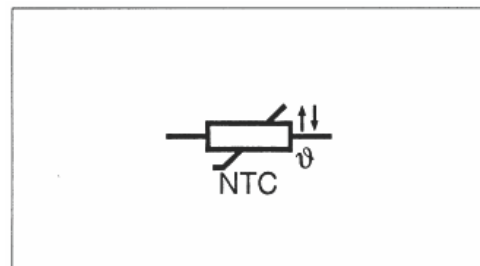
- 4 paveiksle.
- 2.6. Vėl įjunkite NTC rezistorių į grandinę.
- 2.7. Įjunkite jungiklį ir išmatuokite įtampą ir srovę. Duomenis surašykite į 1 lentelę.



4 pav. Termistoriaus kaitinimas

3. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

- 3.1. Kada NTC rezistoriuje įtampos kritimas didesnis: kai elementas yra šaltas ar karštas?
- Įtampos kritimas yra didesnis, kai elementas šaltas.
- 3.2. Žinodami įtampos ir srovės vertes apskaičiuokite varžą, kai NTC rezistorius šaltas ir kai karštas. Rezultatus įrašykite į 1 lentelę.
- 3.3. Kaip keičiasi NTC rezistoriaus varža, didėjant temperatūrai?
- Varža mažėja.
- 3.4. Nupieškite NTC rezistoriaus simbolį (5 pav.)



5 pav. Termistoriaus simbolis

1 lentelė. Eksperimento duomenys

Temperatūra	Įtampa $U, V$	Srovė $I, mA$	Varža $R, \Omega$
Šalta (kambario)	8,5	4	2125
Karšta (liepsnos)	2,5	10	250

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie termistoriaus varžos priklausomybę nuo temperatūros;
- kodėl stebima tokia termistoriaus varžos priklausomybė nuo temperatūros.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Ką vadiname termorezistoriumi?	1. Termorezistorius – tai puslaidininkinis rezistorius, kurio elektrinė varža priklauso nuo temperatūros.
2. Ką vadiname termistoriumi?	2. Termistorius – tai puslaidininkinis termorezistorius su neigiamu temperatūriniu varžos koeficientu.
3. Dėl kokių priežasčių sumažėja puslaidininkio varža kylant temperatūrai?	3. Kylant temperatūrai, puslaidininkio varža sumažėja dėl krūvininkų koncentracijos padidėjimo.

4. Ką vadiname termistoriaus temperatūriniu varžos koeficientu?	4. Termistoriaus temperatūrinis varžos koeficientas ( $\alpha_T$ ) – tai santykinis varžos pokytis temperatūrai pakitus 1 K. Apskaičiuojamas pagal formulę: $\alpha_T = \frac{1}{R} \cdot \frac{dR}{dT}$
5. Ką vadiname neigiamu temperatūriniu varžos koeficientu?	5. Neigiamas temperatūrinis varžos koeficientas yra toks, kai, kylant temperatūrai, varža mažėja.



### 3.3.9. PUSLAIDININKINIO DIODO VOLAMPERINĖS CHARAKTERISTIKOS TYRIMAS

#### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas

1. Metodologiniai fizikos klausimai	
<p><b>Nuostatos</b> Gamtos reiškinius, fizikos mokslą, jo raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę ir fizikos bei kitų mokslų žinių sąlygiškumo ir kaitos aspektus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.2. Susiplanuoti ir atlikti fizikinius tyrimus, analizuoti ir interpretuoti gautus rezultatus.	1.2.1. Apibūdinti eksperimentinio fizikinio tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados. 1.2.3. Apibūdinti fizikinius tyrimo metodus.
1.3. Pritaikyti informacinių technologijų ir matematikos pamokose įgytas žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti	1.3.1. Nubrėžti dydžių priklausomybės grafikus.

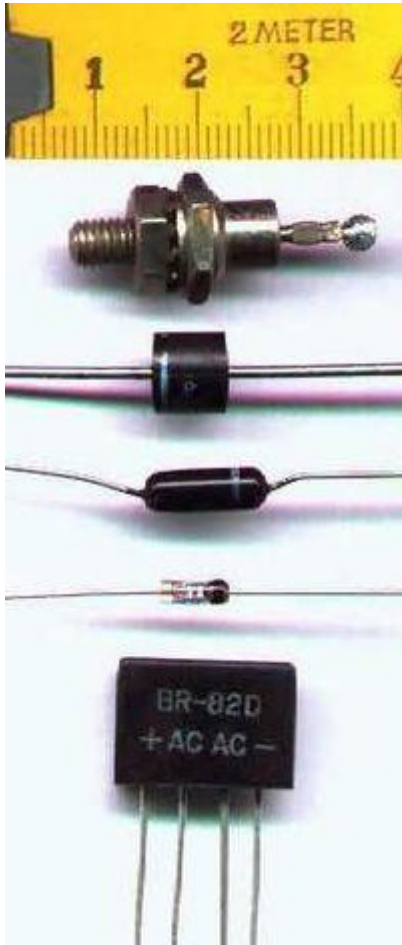
4. Elektra ir magnetizmas	
<p><b>Nuostatos</b> Pasinaudoti gamtos mokslų dėsniais, teorijomis, sampratomis gamtos reiškiniams aiškinti.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti elektros ir magnetizmo reiškinius, pasinaudojant esminėmis sąvokomis ir dėsniais, paaiškinti šių reiškinių praktinį taikymą.</p>	
4.2. Analizuoti ir taikyti nuolatinės srovės dėsningumus įvairiose terpėse. Atlikti srovės įvairiose terpėse tyrimus.	4.2.3 Apibūdinti srovę įvairiose terpėse: <...> puslaidininkiuose <...> 4.2.4. Pateikti elektros srovės tekėjimo įvairiuose terpėse (<...> puslaidininkiuose) taikymo pavyzdžių.

\*išplėstinio kurso mokinių pasiekimai.

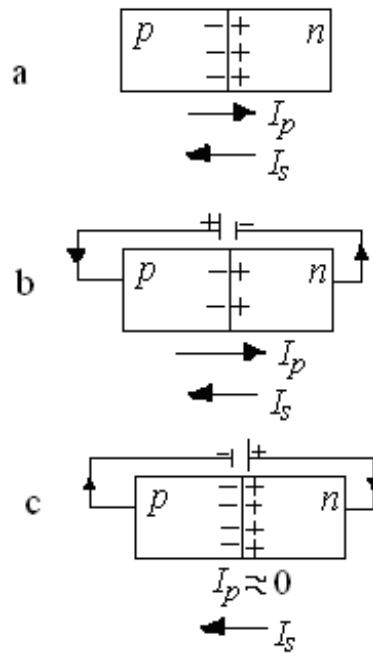
#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

*Puslaidininkinis diodas* (1 pav.) – prietaisas su dviem išvadais. Jame panaudotos *pn* sandūros savybės; *pn* sandūra yra sudaryta iš dviejų skirtingo laidumo *p* ir *n* puslaidininkių. *p* ir *n* puslaidininkiai būna su priemaišomis. Pavyzdžiui, pakeitus keturvalenčio silicio atomą penkiavalenčio fosforo atomu, pastarajam pakanka keturių elektronų kovalentiniams ryšiams su artimiausiais *Si* atomais, todėl vienas elektronas gali laisvai palikti *P* atomą. Atsiranda vienas laisvasis elektronas ir vienas teigiamasis *P* jonas. Tokios priemaišos vadinamos **donorais**, o pats puslaidininkis ***n* puslaidininkiu**. Jame laidumo elektronų koncentracija *n* yra didesnė už laidumo skylių koncentraciją *p*. Elektronai čia vadinami pagrindiniais krūvininkais, o skylės – šalutiniais. Įterpus į silicį trivalenčio elemento atomą, pastarajam trūksta vieno elektrono ryšiams su *Si* atomais, todėl jis gali „užgrobti“ kito atomo ryšio elektroną ir pats tapti neigiamuoju jonu. Trūkstamo elektrono vietoje atsiranda skylė. Tokios priemaišos vadinamos **akceptoriais**. Šiuo atveju  $n_p > n_e$ . Pagrindiniai krūvininkai yra skylės, o šalutiniai – elektronai. Toks puslaidininkis vadinamas ***p* puslaidininkiu**. Tiek grynojo puslaidininkio, tiek priemaišinio bendras krūvis, kai jie neįelektrinti, yra lygus nuliui.

Suglaudus  $n$  ir  $p$  puslaidininkius taip, kad jie sudarytų elektrinį kontaktą, kuris vadinamas  $pn$  sandūra, prasideda krūvininkų difuzija. Dalis elektronų iš  $n$  puslaidininkio, kur jų koncentracija didesnė, difunduoja į  $p$  sritį, kur susiduria su skylėmis ir rekombinuoja, t. y. elektronas „užpildo“ skylę ir abu jie nustoja būti krūvininkais – neutralizuoja vienas kitą. Skylės savo ruožtu difunduoja iš  $p$  puslaidininkio į  $n$  puslaidininkį ir ten taip pat rekombinuoja. Abipus  $pn$  sandūros susidaro  $10^{-6}$ – $10^{-7}$  m pločio sritis, vadinama užtvariniu arba nuskurdintuoju sluoksniu, kuriame krūvininkų labai sumažėja ir susidaro elektrinis laukas, stabdantis tolesnę pagrindinių krūvininkų difuziją. Šį lauką kuria difundavę krūvininkai: prie  $pn$  sandūros  $n$  srityje susidaro teigiamąjį, o  $p$  srityje – neigiamąjį krūvio perteklių (2 pav., a).



1 pav. Puslaidininkiniai diodai

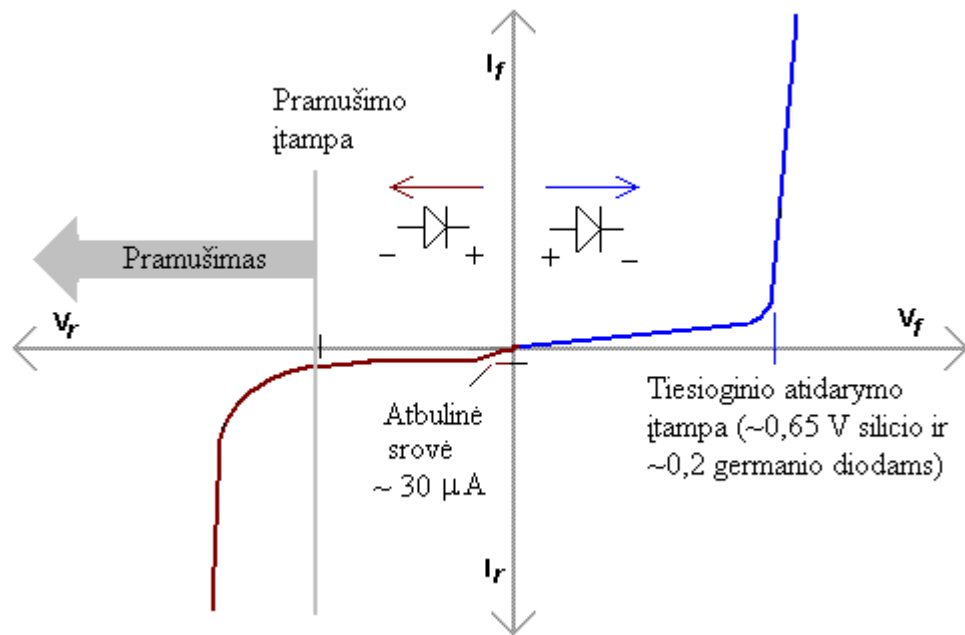


2 pav.  $np$  sandūra:  
a – dinaminė pusiausvyra;  
b – įjungta tiesioginė įtampa,  
c – įjungta atgalinė įtampa

teigiamąjį, o  $p$  srityje – neigiamąjį krūvio perteklių (2 pav., a). Susidaręs kontaktinis elektrinis laukas nukreiptas nuo  $n$  link  $p$  puslaidininkio. Šis laukas trukdo toliau skverbtis per  $pn$  sandūrą pagrindiniams krūvininkams, tačiau nesudaro kliūčių šalutiniams, kurių nedidelis kiekis puslaidininkyje yra dėl savojo laidumo. Dėl to skylių, taip pat elektronų srautai abiem kryptimis susivienodina, o nusistovėjusios pagrindinių ir šalutinių krūvininkų srovės yra vienodos ( $I_p = I_s$ ; čia  $I_p$  – pagrindinių krūvininkų srovė,  $I_s$  – šalutinių krūvininkų srovė) – ši būseną vadinama *dinamine pusiausvyra*. Jos atveju  $I_p + I_s = 0$  (2 a pav.).

Jei prie  $n$  ir  $p$  puslaidininkių prijungsimė įtampą, tai ji pakeis pusiausvyrą ir grandine tekės srovė. Tarkime, išorinė įtampa prijungta *tiesiogine kryptimi* (šaltinio teigiamasis polius prie  $p$  puslaidininkio (2 b pav.)). Tokia įtampa yra *tiesioginė*. Šiuo atveju sandūros erdvinio krūvio ir išorinio elektrovaros šaltinio sukurtų elektrinių laukų kryptys  $pn$  sandūroje priešingos (šaltinio laukas nukreiptas iš  $p$  į  $n$  puslaidininkį). Atstojamasis lauko stipris ir kartu potencialinio barjero aukštis pagrindiniams krūvininkams sumažėja. Skylės, iš  $p$  srities patekusios į  $n$  sritį, elektronai, iš  $n$  srities atsидūrę  $p$  srityje, tampa šalutiniais krūvininkais. Šis šalutinių krūvininkų koncentracijos padidėjimas vadinamas *injekcija*. Injektuotos skylės difunduoja gilyn į  $n$  puslaidininkį tol, kol susitinka su elektronais ir rekombinuoja. Todėl, tolstant nuo sandūros, skylių tankis eksponentiškai mažėja. Taip pat elgiasi ir  $p$  puslaidininkyje injektuoti elektronai.

Didėjant tiesioginės įtampos dydžiui, eksponentiškai didėja pagrindinių krūvininkų sukurta srovė (3 pav. dešinioji charakteristikos dalis).




3 pav. Diodo voltamperinė charakteristika

Ijungus atbulinę įtampą (išorinio elektrovaros šaltinio teigiamąjį polių prie  $n$  puslaidininkio (2 pav., c) sandūros erdvinio krūvio ir šalutinio kuriamų laukų kryptys sutampa. Sandūros kontaktinis potencialų skirtumas padidėja. Šaltinio elektrinis laukas pagrindinių krūvininkų judėjimą (elektronų į  $p$  ir skylių į  $n$  puslaidininkius) dar labiau apsunkina. Be to, išorinis laukas atitolina elektronus  $n$  puslaidininkyje ir skylės  $p$  puslaidininkyje nuo  $np$  sandūros ir padidina nuskurdinto sluoksnio storį. Dėl to pagrindinių krūvininkų srovė sumažėja beveik iki nulio. Esant atgalinei įtampai, per  $np$  sandūrą laisvai pereina šalutiniai krūvininkai: elektronai iš  $p$  į  $n$  puslaidininkį ir skylės iš  $n$  į  $p$  puslaidininkį. Tačiau tekanti  $p$  puslaidininkio link srovė  $I_s$  yra labai silpna, nes šalutinių krūvininkų koncentracija, esant neaukštai temperatūrai, yra maža. Kryptis, kuriai sandūros varža yra didelė, vadinama *užtvarine*, o tokios krypties srovė – *atgaline*.

Srovės, tekančios  $pn$  sandūra, priklausomybė nuo prie jos prijungtos išorinės įtampos vadinama puslaidininkinio diodo voltamperine charakteristika (3 pav.). Iš jos matome, kad, didinant tiesioginę įtampą, srovė didėja staigiai. Teoriškai įrodoma, kad šiuo atveju srovės priklausomybė nuo įtampos artima eksponentei. Atgalinė srovė yra daug mažesnė už tiesioginę srovę (kairioji charakteristikos dalis (3 pav.) paprastai vaizduojama padidintu masteliu). Kai atgalinė įtampa viršija didžiausią prietaisui leidžiamą dydį, yra pramušamas užtveriamasis sluoksnis: atgalinė srovė staiga išauga.  $I_s$  vadinamas atgalinės srovės soties stipriu. Jį sudaro dreifinės elektronų ir skylių srovės iš  $pn$  sandūros sričių, kuriose šie krūvininkai yra šalutiniai.

$pn$  sandūros varža yra netiesinė, t. y. jai negalioja Ohmo dėsnis. Varža, didinant tiesioginę įtampą, staiga mažėja ir gali tapti mažesnė už vieną omą. Atbulinė varža (užtvarine kryptimi) taip pat priklauso nuo prie  $pn$  sandūros prijungtos įtampos, tačiau ji daug kartų didesnė už tiesioginę. Paplitęs teiginys, jog diodas tiesiog visada praleidžia srovę viena kryptimi, yra labai supaprastintas. Prijungus nedidelę įtampą diodas srovės beveik nepraleidžia ir tiesiogine kryptimi. Stipresnė srovė ima tekėti tik įtampai pasiekus diodo atidarymo ribą. Silicio ( $Si$ ) diodams ši riba yra apie (0,3–0,5) V, germanio ( $Ge$ ) diodams – maždaug 0,2 V.

Paprastai tariama, jog diodai tiesiog praleidžia srovę tik viena (ženkle – trikampio viršūnės rodoma ) kryptimi. Jie naudojami srovės lygintuvuose, loginiuose elementuose ir kitose srityse. Šiuose dioduose taikomos  $pn$  sandūros vienpusio laidumo ypatybės.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t. y. teoriškai žinodami puslaidininkinio diodo fizikines savybes, gauna diodo voltamperinę charakteristiką.

Eksperimentas atliekamas naudojant kištukinę lentą ir jai pritaikytus komponentus iš **elektronikos rinkinio**.

Darbą siūloma atlikti išnagrinėjus *pn* sandūros dėsnį. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu gaunama puslaidininkinio diodo voltamperinė charakteristika ir įsitikinama, kad diodas praleidžia srovę tik viena kryptimi. Formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo bei analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip kinta per diodą tekanti srovė, diodą įjungus tiesiogine ir atbuline kryptimi.

**Tyrimo hipotezė.** Puslaidininkinis diodas praleidžia srovę viena kryptimi.

**Eksperimento tikslas** – ištirti puslaidininkinio diodo voltamperinę charakteristiką.

### Laukiami rezultatai:


- Atpažinti diodą tarp elektroninių komponentų.
- Mokėti nubraižyti diodo grandinės schemą.
- Gebėti pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Gebėti išmatuoti srovę *I* silicio diode prie skirtingų įtampų *U*.
- Gebėti nubraižyti grafiką, pavaizduodami ryšį tarp įtampos ir srovės.
- Gebėti interpretuoti diodo charakteristiką.

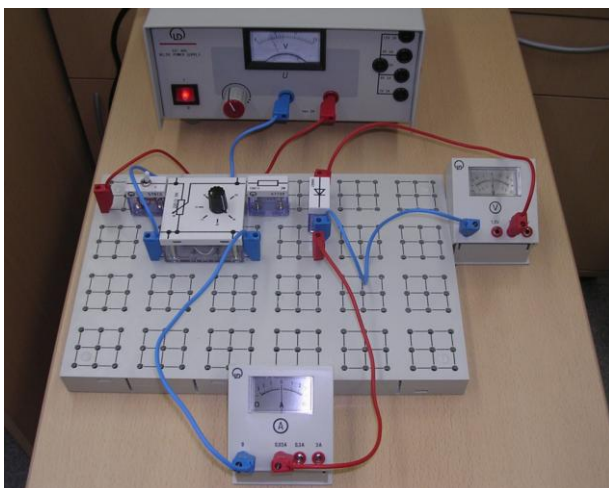
### Eksperimento priemonės:

- Kištukinė lenta;
- Si diodas;
- Rezistorius, 100 Ω;
- Jungiklis;
- Potenciometras, 220 Ω;
- Įtampos šaltinis, 12 V;
- Ampermetras, 0,1 A;
- Voltmetras, 1 V;
- Jungiamieji laidai.

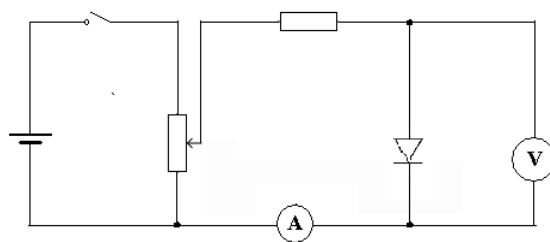
### Darbo eiga:

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. A tidžiai apžiūrėkite diodą, pažymėtą N 4007.
- 1.2. Prisiminkite diodo simbolį .
- 1.3. Sujunkite grandinę, kaip parodyta 4 ir 5 pav., bei nustatykite poliškumą. Prieš pradėdami matavimus, įsitinkite, kad jungiklis yra išjungtas.
- 1.4. Stebėkite diodo simbolio rodyklės kryptį



4. pav. Eksperimento stendas



5 pav. Darbo schema

2. **Matavimų procedūros:**

- 2.1. Nustatykite potenciometrą į padėtį *a*.
- 2.2. Nustatykite įėjimo įtampą 4,5 V.
- 2.3. Įjunkite jungiklį.
- 2.4. Keisdami potenciometro rankenėlės padėtį, didinkite įtampą *U* diode.
- 2.5. Matavimų duomenis (ampermetro ir voltmetro rodmenis) įrašykite į 1 lentelę.
- 2.6. Pakeiskite įtampos poliškumą (sukeiskite įtampos šaltinio jungtis).
- 2.7. Keisdami potenciometro rankenėlės padėtį, pakeiskite įtampą nuo 0 V iki 3 V ir stebėkite ampermetro rodmenis.

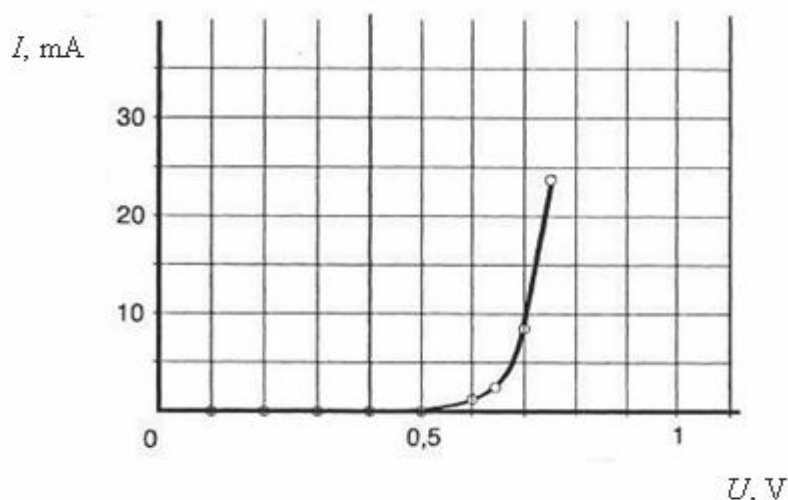
1 lentelė. Ampermetro ir voltmetro rodmenys

Potenciometro	<i>U</i> , V	<i>I</i> , mA
a	0.1	0
a-b	0.2	0
b	0.3	0
b-c	0.4	0
c	0.5	0
c-d	0.6	2
d	0.65	5
d-e	0.7	10
e	0.7	14
f	0.75	24
g	0.75	30

*Pastaba.* Matuojamoji srovė, tekanti per voltmetrą priešinga kryptimi, yra nereikšminga.

3. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Milimetrinio popieriaus lape nubraižykite diodo voltamperinę charakteristiką (6 pav.).



6 pav. Diodo voltamperinė charakteristika

- 3.2. Kas atsitinka su srove kai įtampa pajungiama atbuline kryptimi ir keičiama nuo 0 iki -3 V?  
*Esant neigiamai įtampai diode, grandine srovė neteka.*
- 3.3. Kuriame įtampos intervale (nuo -3 iki 0,75 V) srovė nustoja tekėjusi?  
*Srovė neteka nuo -3 V iki 0,5 V.*
- 3.4. Paaiškinkite diodo pagrindines būsenas.  
*„Diodo nelaidžios būsenos zona“ yra įtampos intervalas, kuriame diodas nepraleidžia srovės.  
 „Diodo laidžios būsenos zona“ yra įtampos intervalas, kuriame diodas praleidžia srovę.  
 „Diodo laidžios būsenos įtampa“ yra įtampa, kurioje diodas pasikeičia iš nelaidžios būsenos į laidžią.*
- 3.5. Kokia yra diodo laidžios būsenos įtampa atliktame bandyme? 0,5 V

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie diodo voltamperinę charakteristiką.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Ką vadiname puslaidininkiniu diodu?	1. <i>Puslaidininkinis diodas – prietaisas su dviem išvadais, kuriame panaudotos pn sandūros savybės.</i>
2. Kaip sudaryta pn sandūra?	2. <i>pn sandūra yra sudaryta iš dviejų skirtingo laidumo p ir n puslaidininkių.</i>
3. Kaip išorinė įtampa prijungiama tiesiogine kryptimi?	3. <i>Šaltinio teigiamasis polius jungiamas prie p puslaidininkio. Tokia įtampa yra tiesioginė.</i>
4. Kaip kinta pagrindinių krūvininkų srovė didėjant tiesioginei įtampai?	4. <i>Didėjant tiesioginės įtampos dydžiui, eksponentiškai didėja pagrindinių krūvininkų sukurta srovė.</i>
5. Kaip išorinė įtampa prijungiama atbuline kryptimi?	5. <i>Išorinio šaltinio teigiamas polius prijungiamas prie n puslaidininkio.</i>
6. Kaip kinta pagrindinių krūvininkų srovė didėjant atbulinei įtampai?	6. <i>Pagrindinių krūvininkų srovė sumažėja beveik iki nulio.</i>



7. Kaip kinta diodo varža didinant tiesioginę įtampą?	7. Varža, didinant tiesioginę įtampą, staiga mažėja ir gali tapti mažesnė už vieną omą.
8. Kaip kinta diodo varža didinant atbulinę įtampą?	8. Varža, didinant atbulinę įtampą (užtvarine kryptimi) taip pat priklauso nuo prie <i>pn</i> sandūros prijungtos įtampos, tačiau ji daug kartų didesnė už tiesioginę.

### 3.4. OPTIKOS LABORATORINIAI DARBAI

#### 3.4.1. MEDŽIAGOS LŪŽIO RODIKLIO NUSTATYMAS TAIKANT ŠVIESOS LŪŽIMO IR VISIŠKOJO ATSPINDŽIO DĒSNIUS

##### Bendrosios programos.

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

##### 5. Svyravimai ir bangos

###### Nuostata

Domėtis šiuolaikinėmis technologijomis ir jų raida

###### Esminis gebėjimas

Analizuoti ir klasifikuoti <...> elektromagnetinius svyravimus ir bangas, skirti juos gamtoje, buityje ir technikoje <...> .

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.6. Paaiškinti geometrinės optikos dėsnius ir taikyti juos sprendžiant uždavinius, paaiškinti atskirų optinių prietaisų veikimą ir naudojimą.	5.6.1. Apibūdinti šviesos spindulio sąvoką, atspindį ir lūžį skirtingų optinių terpių sandūroje, optinės terpės lūžio rodiklį. 5.6.2. Apibūdinti visiškąjį vidaus atspindį ir jo taikymą šviesolaidžiuose.
*5.6. Skirti ir paaiškinti geometrinės bei fizikinės optikos dėsningumus, taikyti juos analizuojant reiškinius ir sprendžiant uždavinius. Eksperimentiškai nustatyti optinės terpės lūžio rodiklį.	*5.6.1. Apibūdinti šviesos spindulio sąvoką, visiškąjį vidaus atspindį ir lūžį skirtingų optinių terpių sandūroje, optinės terpės lūžio rodiklį. *5.6.2. Nubrėžti spindulių eigą prizmėje ir per lęšių sistemas.

\*nuo žvaigždutės tik išplėstinio kursu besimokantiems mokiniams.

##### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Tuštumoje (vakuume) šviesa sklinda  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  greičiu. Bet kokioje skaidrioje medžiagoje šviesos greitis  $v$  yra mažesnis už greitį tuštumoje. Šviesos greičio tuštumoje ir medžiagoje santykis yra lygus medžiagos absoliučiajam lūžio rodikliui:

$$n = \frac{c}{v}. \quad (1)$$

Absoliutusias lūžio rodiklis rodo, kiek kartų sumažėjo šviesos greitis medžiagoje, palyginti su šviesos greičiu tuštumoje. Medžiaga, kurios lūžio rodiklis didesnis, vadinama optiškai tankesne, kurios mažesnis – optiškai retesne.

Šviesos spindulio sklidimo krypties pasikeitimas, kai jis pereina iš vienos skaidrios terpės į kitą, vadinamas šviesos lūžimu. Šviesos sklidimo kryptis pakinta dėl to, kad pasikeičia šviesos, pereinančios iš vienos terpės į kitą, sklidimo greitis.

Suformuosime šviesos lūžimo dėsni, kai spindulys kerta plokščią dviejų skaidrių terpių ribą (1 pav. (a)). Lūžimo reiškiniui apibūdinti naudojamos tokios sąvokos:

- krintantysis spindulys – pirmojoje terpėje į terpių ribą krintantis spindulys;
- kritimo kampas – kampas tarp krintančiojo spindulio ir statmens, nubrėžto į terpių ribą per kritimo tašką;
- lūžęs spindulys – į antrą terpę patekęs spindulys;
- lūžio kampas – kampas tarp lūžusio spindulio ir statmens aplinkų ribai.

Šviesos lūžimo dėsnis formuluojamas taip:

- krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje;
- kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis yra pastovus dydis lygus antrosios ir pirmosios aplinkos absoliučiąjį lūžio rodiklių santykiui:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}. \quad (2)$$

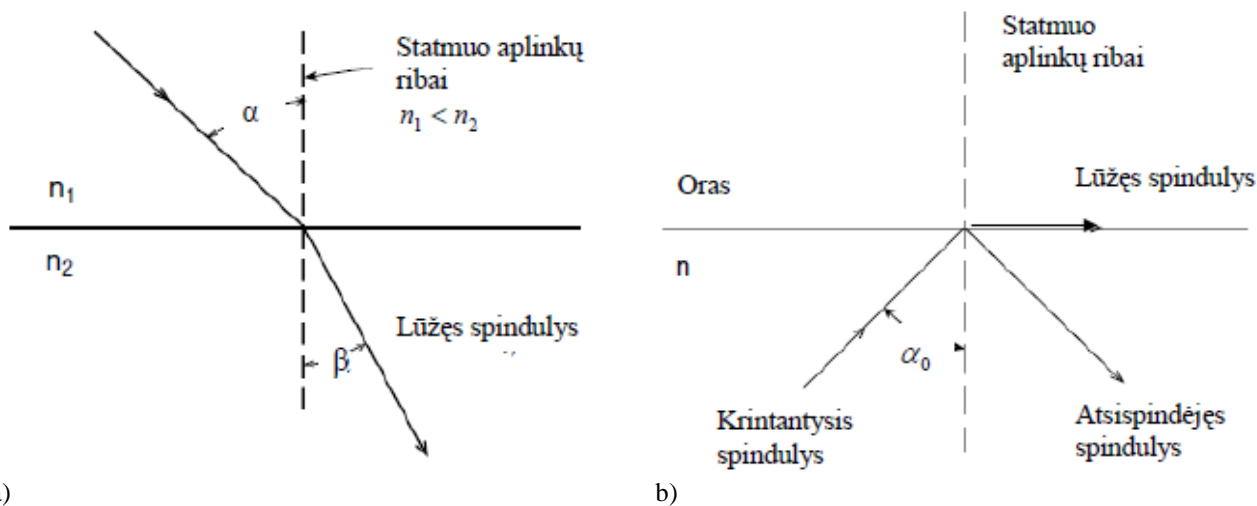
Šviesai sklindant iš optiškai retesnės terpės į optiškai tankesnę, lūžio kampas yra mažesnis už kritimo kampą. Tačiau šviesai pereinant iš optiškai tankesnės terpės į optiškai retesnę, lūžio kampas bus didesnis už kritimo kampą. Antruoju atveju, kritimo kampui didėjant, kai šviesa krinta tam tikru kampu, lūžio kampas įgyja didžiausią vertę, lygią 90 laipsnių. Tada lūžęs spindulys šliaužia terpes skiriančiu paviršiumi (1 pav. (b)). Toliau didinant kritimo kampą, lūžęs spindulys išnyksta, šviesa nepereina į optiškai retesnę terpę, bet visiškai atsispindi nuo aplinkų ribos kaip nuo veidrodžio. Stebime visiškojo atspindžio reiškinį.

Visiškuoju šviesos atspindžiu vadinamas šviesos atspindys nuo optiškai retesnės terpės, kai šviesa nelūžta, o atsispindėjusios šviesos intensyvumas beveik lygus krintančios šviesos intensyvumui.

Kritimo kampas  $\alpha_0$ , atitinkantis 90° lūžio kampą, vadinamas ribiniu visiškojo atspindžio kampu. Kai optiškai retesnė terpė yra oras, ribinį visiškojo atspindžio kampą galima apskaičiuoti taikant tokią formulę:

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n} \quad (3)$$

Čia  $n$  – optiškai tankesnės terpės lūžio rodiklis.



1 pav. Šviesos lūžis (a) ir visiškojo atspindžio ribinis kampas (b)

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinio darbo **I dalis** ir **II dalis** atliekama **I lygmeniu**, kaip **patvirtinantis tyrinėjimas**, kai nurodomas prizmės lūžio rodiklis arba prizmės medžiaga. Laboratorinio darbo **I dalis** ir **II dalis** atliekama **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**, jei prizmės medžiaga ir jos lūžio rodiklio vertė nėra žinomi. Darbo **III dalis** atliekama **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrimas**, kadangi III dalies tyrimo eiga nežinoma ir skiriasi nuo I ir II darbo dalies.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema:

- Kaip pritaikyti šviesos lūžimo dėsnį prizmės medžiagos ir skysčių lūžio rodikliui nustatyti?
- Kaip pritaikyti šviesos visiškojo atspindžio dėsnį prizmės medžiagos ir skysčių lūžio rodikliui nustatyti?

### Tyrimo hipotezė:

- Šviesai lūžtant, kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis yra pastovus dydis.
- Ribinis visiškojo atspindžio kampas tenkina formulę (3).

**Eksperimento tikslas** – išmatuoti žinomų ir nežinomų medžiagų lūžio rodiklį, pasinaudojant šviesos lūžio ir visiškojo atspindžio dėsniais.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos šviesos lūžimo ir visiškojo atspindžio dėsnius.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės išmatuoti skaidrių kūnų ir skysčių lūžio rodiklį.

## Eksperimento priemonės:



2 pav. Pagrindinės priemonės tyrimui atlikti.

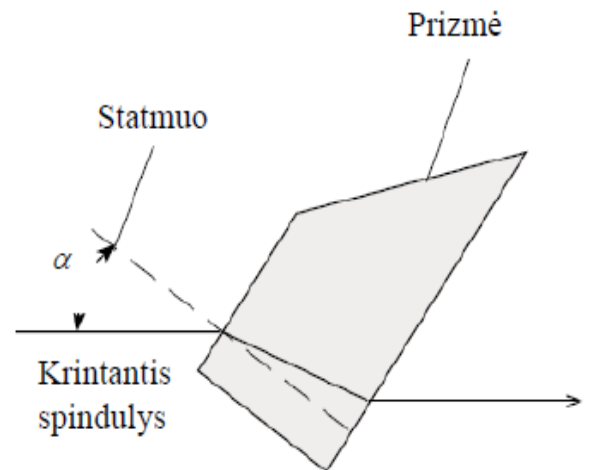
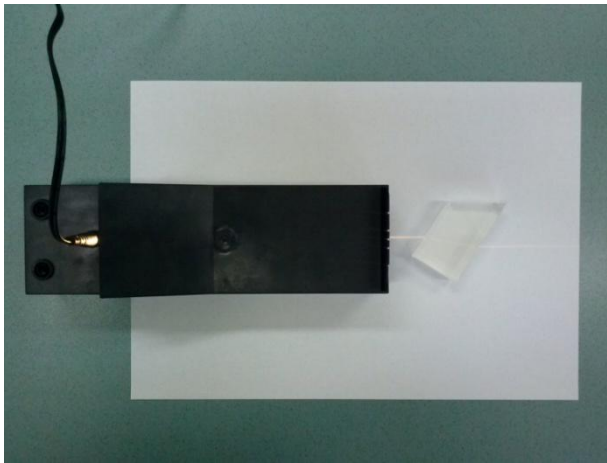
- Lygiagrečių šviesos spindulių šaltinis su įstatoma plokštele su skirtingu plyšių skaičiumi ir maitinimo šaltiniu;
- Diskas su kampo laipsnių skale;
- Skaidrios medžiagos prizmė;
- Pusės cilindro formos skaidri lėkštelė skysčiui;
- Indas su distiliuotu vandeniu;
- Indas su nežinomu skaidriu skysčiu;
- Balto popieriaus lapas;
- Pieštukas;
- Liniuotė;
- Kampamatis.

## Darbo eiga:

### I dalis. Prizmės lūžio rodiklio matavimas, taikant lūžimo dėsnį.

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per vieną plyšį.
- 1.2. Padėkite šviesos šaltinį ir prizmę ant balto popieriaus lapo, kaip parodyta priemonių parengimo darbui scheme (3 pav.)



a) **3 pav.** Priemonių parengimo darbui schema

b)

2. **Matavimų procedūros:**

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekite, kad krentantis į prizmę ir išeinantis iš prizmės spindulys eitų per prizmės pagrindus.
- 2.2. Pažymėkite pieštuku popieriaus lape prizmės pagrindus, spindulio išėjimo iš šviesos šaltinio, spindulio kritimo į prizmę ir išėjimo iš prizmės taškus.
- 2.3. Patraukite prizmę į šoną, nubrėžkite krintantįjį ir lūžusįjį pirmajame prizmės paviršiuje spindulius bei statmenį prizmės paviršiui per spindulio kritimo tašką.
- 2.4. Kampamačiu išmatuokite kritimo ir lūžio kampus.
- 2.5. Pakartokite kritimo ir lūžio kampų matavimus dar dvejiems skirtingiems kritimo kampams.

3. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Kiekvienam kritimo kampui apskaičiuokite kritimo ir lūžio kampų sinusus.
- 3.2. Pasinaudodami lūžio dėsnio formule (2), apskaičiuokite prizmės absoliutųjį lūžio rodiklį tarę, kad oro absoliutusias lūžio rodiklis lygus 1.
- 3.3. Užrašykite matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 1 lentelę
- 3.4. Apskaičiuokite išmatuotų prizmės lūžio rodiklio verčių aritmetinį vidurkį.

$$\bar{n} = \frac{\sum_j^m n_j}{m}$$

- 3.5. Apskaičiuokite aritmetinio vidurkio vidutinę kvadratinę paklaidą:

$$\Delta n = \left( \frac{\sum_j^m (\bar{n} - n_j)^2}{m(m-1)} \right)^{1/2}$$

1 lentelė

Kritimo kampas $\alpha, ^\circ$	Lūžio kampas $\beta, ^\circ$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$
17	12	0,292	0,208	1,40
29	20	0,485	0,342	1,42
50	30	0,755	0,5	1,53

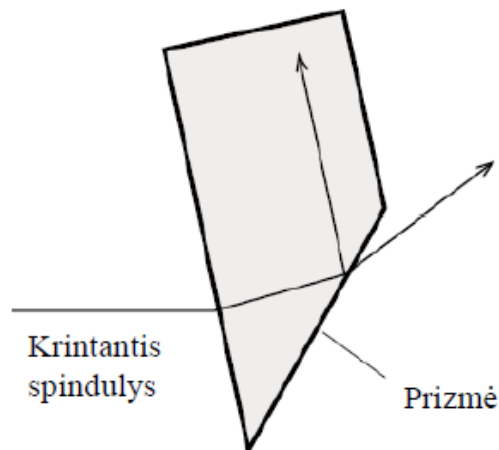
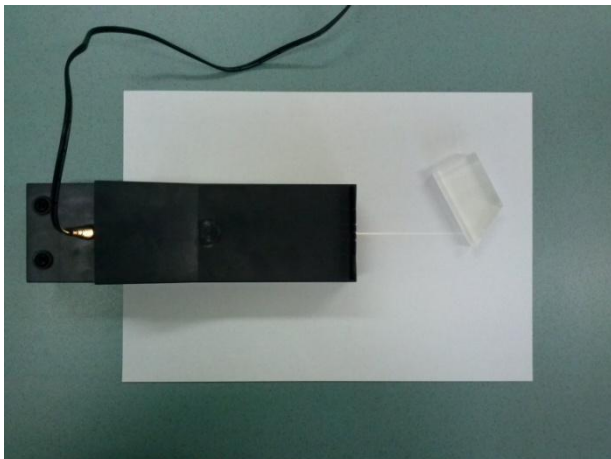
Išmatuota lūžio rodiklio vertė ir jos paklaida:

$$n=1,45 \pm 0,04 \pm 0,04$$

## II dalis. Prizmės lūžio rodiklio matavimas, taikant visiškojo atspindžio dėsnį

### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per vieną plyšį.
- 1.2. Padėkite šviesos šaltinį ir prizmę ant balto popieriaus lapo, kaip parodyta priemonių parengimo darbui schemoje (4 pav.)



a) 4 pav. Priemonių parengimo darbui schema

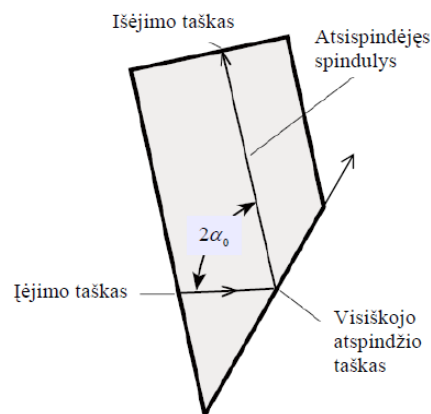
b)

### 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekite, kad spindulys prizmės viduje atsispindėtų ties smailą kampą su pagrindu sudarančios kraštinės viduriu ir išeitų iš prizmės per statų kampą su pagrindu sudarančią sieną.
- 2.2. Sukite prizmę tol, kol lūžęs spindulys pradės šliaužti išilgai prizmės paviršiaus, nuo kurio vyksta visiškasis atspindys. Rombas bus pasuktas teisingai, kai šliaužiančiame spindulyje dings raudona spalva, kadangi šliaužiančiame spindulyje bus matomas baltą šviesą sudarančios šviesos spektras.
- 2.3. Popieriaus lape pieštuku pažymėkite smailą kampą su pagrindu sudarančią kraštinę, spindulio visiškojo atspindžio, kritimo ir išėjimo iš prizmės taškus (5 pav.).
- 2.4. Patraukite prizmę į šoną ir nubrėžkite spindulius prizmės viduje.
- 2.5. Kampamačiu išmatuokite kampą tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių bei apskaičiuokite ribinį visiškojo atspindžio kampą, kuris lygus pusei išmatuoto kampo tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių.

### 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

- 3.1. Apskaičiuokite ribinį visiškojo atspindžio kampą, kuris lygus pusei išmatuoto kampo tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių.
- 3.2. Apskaičiuokite prizmės medžiagos lūžio rodiklį, panaudodami



5 pav. Ribinio visiškojo atspindžio kampo matavimo schema



- visiškojo vidaus atspindžio kampo formulę (3).  
3.3. Užrašyti matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 2 lentelę.

**2 lentelė**

Išmatuotas kampas tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių, $^{\circ}$	84
Išmatuotas ribinis visišką atspindžio kampas, $^{\circ}$	42
Išmatuotas prizmės lūžio rodiklis	1,49

### III dalis. Skysčių lūžio rodiklio matavimas taikant šviesos lūžio ir visišką atspindžio dėsnius

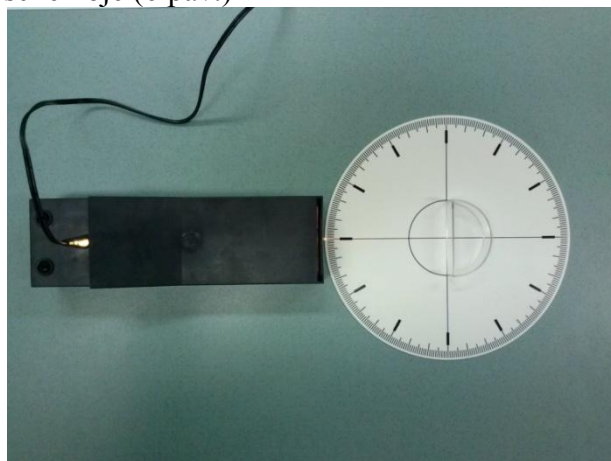
Panaudodami šviesos spindulių šaltinį, diską su kampų skale ir pusės cilindro formos lėkštelę, išmatuokite vandens ir nežinomo skysčio lūžio rodiklį.

#### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Įstatome plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per vieną plyšį.
- 1.2. Padedame šviesos šaltinį, diską su kampų skale ir lėkštelę su vandeniu (skysčiu), kaip parodyta priemonių parengimo darbui schemoje (6 pav.)

#### 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekiame, kad spindulys eitų išilgai disko centrinės linijos nelūždamas per lėkštelę.
- 2.2. Pasukame diską, kad kritimo kampas nebūtų lygus nuliui ir išmatuojame kritimo bei lūžio kampus disko skalėje
- 2.3. Pakartojame lūžio kampų matavimus dar dvejiems kritimo kampams



**6 pav.** Priemonių parengimo darbui schema

#### 3. *Ekspерimento rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Kiekvienam kritimo kampui apskaičiuokite kritimo ir lūžio kampų sinusus.
- 3.2. Pasinaudodami lūžio dėsnio formule (2), apskaičiuokite vandens (skysčio) absoliutųjį lūžio rodiklį laikydamiesi nuostatos, kad absoliutusis oro lūžio rodiklis lygus 1.
- 3.3. Užrašykite matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 3 lentelę
- 3.4. Apskaičiuokite išmatuotų vandens (skysčio) lūžio rodiklio verčių aritmetinį vidurkį ir jo vidutinę kvadratinę paklaidą.

**3 lentelė**

Kritimo kampas $\alpha, ^{\circ}$	Lūžio kampas $\beta, ^{\circ}$	$\sin \alpha$	$\sin \beta$	$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$
15	11	0,259	0,191	1,35
30	22	0,500	0,325	1,33
60	40,5	0,866	0,649	1,33

Išmatuotas vandens lūžio rodiklis ir jo paklaida:

$$n=1,337 \pm 0,007$$

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie tai ar eksperimentas patvirtina lūžio dėsnį, jei taip, pagrįskite išvadą;
- ar eksperimento rezultatai patvirtina ribinio visiškojo atspindžio kampo formulę (3), jei taip, pagrįskite išvadą;
- iš kokios medžiagos, tikėtina, padaryta prizmė;
- ar išmatuotoji vandens lūžio rodiklio vertė atitinka žinomai ir koks yra, tikėtina, antrasis skystis, kurio lūžio rodiklį išmatavote.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Kam apytiksliai lygus oro absoliutusias lūžio rodiklis?	1. Oro lūžio rodiklis apytiksliai lygus 1.
2. Kokią skaidrią terpę vadiname optiškai retesne ir kokią – optiškai tankesne?	2. Terpę, kurios lūžio rodiklis didesnis, vadiname optiškai tankesne, o terpę, kurios lūžio rodiklis mažesnis, vadiname optiškai retesne.
3. Nusakykite kokį kampą vadiname spindulio kritimo kampu ir kokį kampą vadiname spindulio lūžio kampu.	3. Kritimo kampas – kampas tarp krintančiojo spindulio ir statmens, nubrėžto į terpių ribą per kritimo tašką; lūžio kampas – kampas tarp lūžusio spindulio ir statmens aplinkų ribai.
4. Suformuluokite šviesos lūžimo dėsnį.	4. Krintantysis spindulys, lūžęs spindulys ir per kritimo tašką nubrėžtas statmuo terpes skiriančiam paviršiui yra vienoje plokštumoje. Kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis yra pastovus dydis lygus antrosios ir pirmosios aplinkos absoliučiuųjų lūžio rodiklių santykiui
5. Nuo kokios terpės, optiškai tankesnės ar optiškai retesnės, atsispindint šviesai, galime stebėti visiškojo atspindžio reiškinių?	5. Šviesos visiškojo atspindžio reiškinių galime stebėti šviesai atsispindint nuo optiškai retesnės terpės, kai kritimo kampas didesnis už ribinį visiškojo atspindžio kampą

### 3.4.2. ŠVIESOS ATSPINDYS NUO PLOKŠČIOJO, ĮGAUBTOJO IR IŠKILOJO\*\* VEIDRODŽIŲ

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

#### 5. Svyravimai ir bangos

##### Nuostata

Domėtis šiuolaikinėmis technologijomis ir jų raida

##### Esminis gebėjimas

Analizuoti ir klasifikuoti <...> elektromagnetinius svyravimus ir bangas, skirti juos gamtoje, buityje ir technikoje <...> .

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.6. Skirti ir paaiškinti geometrinės bei fizikinės optikos dėsningumus, taikyti juos analizuojant reiškinius ir sprendžiant uždavinius.	*5.6.1. Apibūdinti šviesos spindulio sąvoką, visiškąjį vidaus atspindį ir lūžį skirtingų optinių terpių sandūroje, optinės terpės lūžio rodiklį.

\* nuo žvaigždutės tik išplėstinio kursu besimokantiems mokiniams.

\*\* gabiems mokiniams papildomai, neįtraukta 5 mokyklinės programos.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Vienalytėje terpėje šviesos spindulys sklinda tiesiai. Linija, palei kurią pernešama šviesos energija, vadinama *spinduliu*. Atskiri spinduliai susitikę neveikia vienas kito ir sklinda toliau nepriklausomai.

*Atspindžio dėsnis*: kritęs ir atsispindėjęs spindulys yra vienoje plokštumoje su statmeniu į atspindintį paviršių kritimo taške ir atspindžio kampas lygus kritimo kampui.

Įgaubtojo (iškiilojo) veidrodžio *židiniu* vadinamas taškas, kuriame kertasi atsispindėję nuo veidrodžio spinduliai (spindulių tęsiniai), kai į veidrodį krinta lygiagrečių su veidrodžio pagrindine optine ašimi spindulių pluoštas. Atstumas nuo veidrodžio iki židinio, išilgai pagrindinės optinės ašies, vadinamas veidrodžio *židinio nuotoliu*.

#### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinio darbo **I dalis** atliekama **I lygmeniu**, kaip **patvirtinantis tyrinėjimas**. Laboratorinio darbo **II dalis** atliekama **I lygmeniu**, jei yra duotas įgaubtojo veidrodžio kreivumo spindulys, ir atliekama **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**, jei veidrodžio kreivumo spindulį reikia išmatuoti. Darbo **III dalis** atliekama **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrimas**, kadangi III dalies tyrimo eiga nežinoma ir skiriasi nuo II darbo dalies.

#### EKSPERIMENTAS

##### Tyrimo problema:

- Patvirtinti atspindžio dėsnį, šviesai atsispindint nuo plokščio veidrodžio?
- Nustatyti kiekybinę priklausomybę tarp įgaubtojo (iškiilojo) veidrodžio kreivumo spindulio ir židinio nuotolio?

##### Tyrimo hipotezė:

- Statmuo į atspindintį paviršių spindulio kritimo taške dalija kampą tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių į dvi lygias dalis.
- Įgaubtojo (iškiilojo) veidrodžio židinio nuotolis lygus pusei veidrodžio kreivumo spindulio.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti kaip vyksta šviesos atspindys, ir išmatuoti įgaubtojo ir iškilajo sferinių veidrodžių židinio nuotolį ir kreivumo spindulį.

**Laukiami rezultatai:**

- Žinos atspindžio nuo plokščio ir sferinio veidrodžių dėsnius.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės matuoti spindulių kritimo ir atspindžio kampus.
- Mokės išmatuoti įgaubtojo ir iškilajo veidrodžių židinio nuotolį.

**Eksperimento priemonės:**



- Lygiagrečių šviesos spindulių šaltinis su įstatoma plokšte su skirtingu plyšių skaičiumi ir maitinimo šaltiniu;
- Diskas su kampo laipsnių skale;
- Veidrodinė prizmė su plokščiu ir cilindriniais atspindinčiais šoniniais paviršiais;
- Balto popieriaus lapas;
- Pieštukas;
- Skriestuvas;
- Liniuotė.

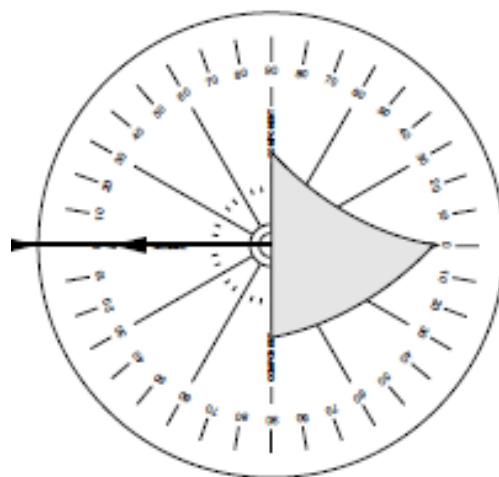
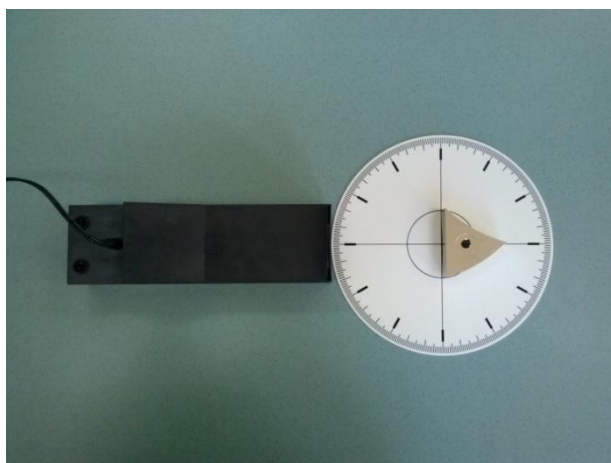
1 pav. Pagrindinės priemonės tyrimui atlikti.

**Darbo eiga:**

**I dalis. Atspindys nuo plokščio veidrodžio**

**1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per vieną plyšį
- 1.2. Padėkite šviesos šaltinį, diską ir veidrodinę prizmę, kaip parodyta priemonių parengimo darbui schemoje (2 pav. (a))

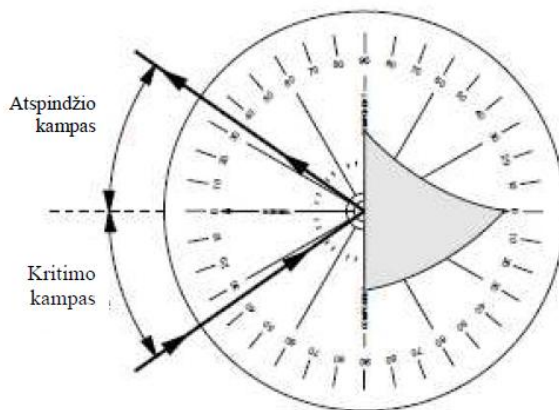


a) 2 pav. Priemonių parengimo darbui schema

b)

**2. Matavimų procedūros:**

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekite, kad spindulys kristų per „nulinę“ disko padalą į disko centrą statmenai plokščios veidrodinės prizmės šonui (2 pav. (b)).
- 2.2. Pasukite diską pagal laikrodžio rodyklę taip, kad spindulys kristų į disko centrą, o kritimo kampas būtų lygus  $10^\circ$ . Šiam kritimo kampui, pasinaudodami disko kampų skale, išmatuokite atspindžio kampą (3 pav.).
- 2.3. Kartokite atspindžio kampo matavimus, didindami kritimo kampą kas  $10^\circ$ , kol kritimo kampas pasidarys lygus  $80^\circ$ .
- 2.4. Kartokite 2.3 punkte nurodytus matavimus, sukdami diską nuo „nulinės“ padalos prieš laikrodžio rodyklę.



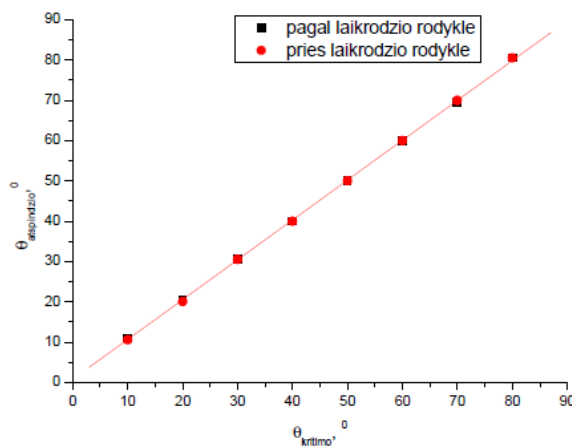
**3 pav.** Kritimo ir atspindžio kampų matavimo schema

**3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Užrašyti matavimų rezultatus į žemiau pateiktą 1 lentelę.
- 3.2. Nubrėškite atspindžio kampo priklausomybės nuo kritimo kampo grafiką.

**1 lentelė**

Kritimo kampas, $^\circ$	Atspindžio kampas, $^\circ$ (sukant pagal laikrodžio rodyklę)	Atspindžio kampas, $^\circ$ (sukant prieš laikrodžio rodyklę)
10	11	10,5
20	20,5	20
30	30,5	30,5
40	40	40
50	50	50
60	60	60
70	69,5	70
80	80,5	80,5

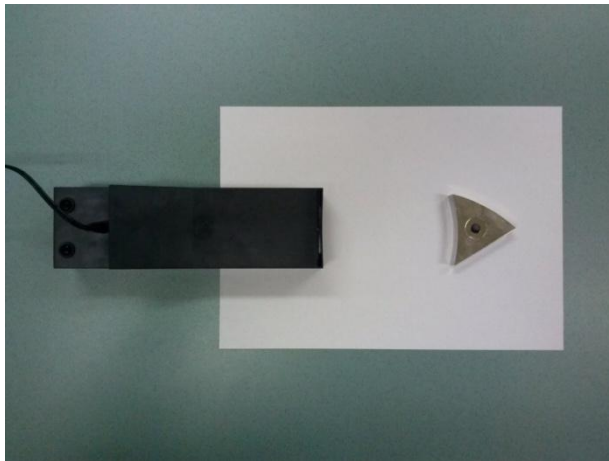


Atspindžio kampo priklausomybės nuo kritimo kampo grafikas

## **\*\*II dalis. Atspindys nuo įgaubtojo veidrodžio**

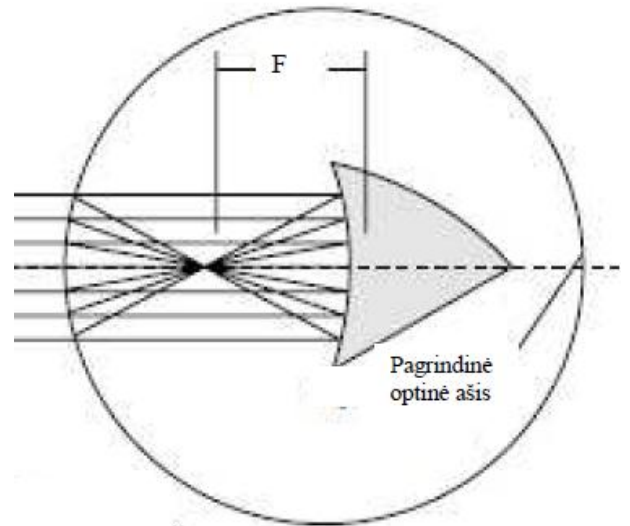
### **1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per penkis plyšius
- 1.2. Padėkite šviesos šaltinį, balto popieriaus lapą ir veidrodinę prizmę, kaip parodyta priemonių parengimo darbui schemoje (4 pav. (a))



a)

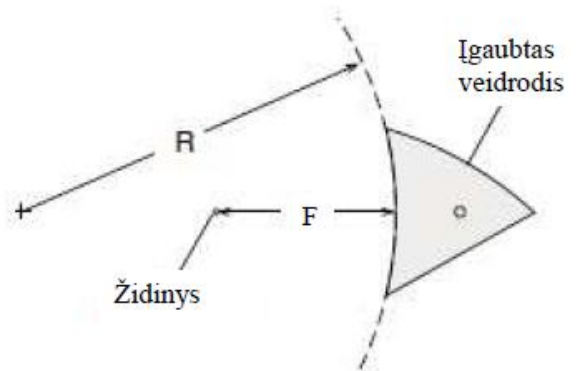
**4 pav.** Priemonių parengimo darbui schema



b)

### **2. Matavimų procedūros:**

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekite, kad spinduliai kristų išilgai įgaubtojo veidrodžio pagrindinės optinės ašies (4 pav. (b))
- 2.2. Pieštuku, popieriaus lape, pažymėkite židinio (spindulių susikirtimo) tašką ir tašką, kuriame pagrindinė optinė ašis (centrinis spindulys) kerta įgaubtą veidrodžio paviršių.
- 2.3. Liniuote išmatuokite atstumą tarp popieriaus lape pažymėtų taškų. Šis atstumas lygus įgaubtojo veidrodžio židinio nuotoliui.
- 2.4. Padėkite veidrodinę prizmę ant popieriaus lapo ir pieštuku nubrėžkite liniją išilgai įgaubto veidrodžio paviršiaus. Raskite veidrodžio paviršiaus kreivumo centrą (5 pav.), nubrėžę dvi liestines veidrodžio paviršiaus linijai ir nuleidę statmenis į kreivumo centrą. Išmatuokite veidrodžio kreivumo spindulio ilgį liniuote.



**5 pav.** Įgaubto veidrodžio kreivumo spindulio matavimo schema

### **3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Pagal formulę  $F = \frac{R}{2}$  apskaičiuokite įgaubtojo veidrodžio židinio nuotolį.
- 3.2. Užrašykite matavimų rezultatus į žemiau pateiktą 2 lentelę



**2 lentelė**

Išmatuotas kreivumo spindulys R,cm	11
Išmatuotas židinio nuotolis F,cm	5,6
Apskaičiuotas židinio nuotolis F,cm	5,5

**\*\*III dalis. Atspindys nuo iškilio veidrodžio**

Panaudodami II darbo dalyje turėtas eksperimento priemones išmatuokite iškilio veidrodžio židinio nuotolį. III darbo dalies ataskaitoje aprašykite matavimo procedūras.

**1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Įstatome plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per penkis plyšius
- 1.2. Padedame šviesos šaltinį ties balto popieriaus lapo kraštu ir spindulių kelyje veidrodinę prizmę iškila puse link šviesos šaltinio

**2. Matavimų procedūros:**

- 2.1. Įjungiamo šviesos šaltinį ir pasiekiamo stumdami ir pasukdami veidrodinę prizmę, kad centrinis spindulys atsispindėtų tiksliai atgal nuo iškilio veidrodžio vidurio.
- 2.2. Pieštuku popieriaus lape pažymime centrinio ir kraštinių spindulių atspindžio nuo veidrodžio taškus ir taškus, kuriuose šie spinduliai kerta popieriaus lapo kraštą.
- 2.3. Patraukiame veidrodinę prizmę ir šviesos šaltinį bei per pažymėtus taškus nubrėžiame spindulius, kraštinius spindulius pratęsiame iki susikirtimo su centriniu spinduliu (pagrindine optine ašimi).
- 2.4. Liniuote išmatuojame atstumą nuo židinio (kraštinių spindulių tęsinių susikirtimo taško) iki veidrodžio (taško, kuriame centrinis spindulys atsispindi nuo veidrodžio).

**3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Užrašykite matavimų rezultatus į žemiau pateiktą 3 lentelę

**3 lentelė**

Išmatuotas židinio nuotolis F,cm	6,3
----------------------------------	-----

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie tai kokia yra funkcinė priklausomybė tarp atspindžio ir kritimo kampų;
- ar eksperimento rezultatai patvirtina pirmąją šio darbo hipotezę;
- jei rezultatai gauti I dalyje sukant diską pagal ir prieš laikrodžio rodyklę skiriasi, kokios pagrindinės priežastys tai galėjo lemti;
- ar eksperimento rezultatai patvirtina antrąją šio darbo hipotezę.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite kokį kampą vadiname spindulio kritimo kampu ir kokį kampą vadiname spindulio atspindžio kampu.	1. Kritimo kampas – kampas tarp krintančiojo spindulio ir statmens, nubrėžto į terpių ribą per kritimo tašką. Atspindžio kampas – kampas tarp atsispindėjusio spindulio ir statmens, nubrėžto į terpių ribą per kritimo tašką.
2. Suformuluokite šviesos atspindžio dėsnį	2. Kritęs ir atsispindėjęs spindulys yra vienoje plokštumoje su statmeniu į atspindintį paviršių kritimo taške ir atspindžio kampas lygus kritimo kampui.

3. Kokį tašką vadiname iškiliojo veidrodžio židiniu?	3. Veidrodžio <i>židiniu</i> vadinamas taškas, kuriame kertasi atspindėję nuo veidrodžio spinduliai (spindulių tęsiniai), kai į veidrodį krenta lygiagrečių su veidrodžio pagrindine optine ašimi spindulių pluoštas.
4. Kam lygus įgaubtojo veidrodžio židinio nuotolis, jei veidrodžio kreivumo spindulys lygus 0,3 m.?	4. Židinio nuotolis lygus pusei veidrodžio kreivumo spindulio, t. y. 0,15 m.

### 3.4.3. LĖŠIO ŽIDINIO NUOTOLIO NUSTATYMAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

5. Svyravimai ir bangos	
<b>Nuostata</b> Domėtis šiuolaikinėmis technologijomis ir jų raida.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti ir klasifikuoti <...> elektromagnetinius svyravimus ir bangas, skirti juos gamtoje, buityje ir technikoje <...>.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.6. Paaiškinti geometrinės optikos dėsnius ir taikyti juos sprendžiant uždavinius, paaiškinti atskirų optinių prietaisų veikimą ir naudojimą.	5.6.1. Apibūdinti šviesos spindulio sąvoką, atspindį ir lūžį skirtingų optinių terpių sandūroje, optinės terpės lūžio rodiklį. 5.6.3. Paaiškinti lęšių taikymą svarbiausiuose optiniuose prietaisuose (fotoaparate, mikroskope, teleskope).
*5.6. Skirti ir paaiškinti geometrinės bei fizikinės optikos dėsningumus, taikyti juos analizuojant reiškinius ir sprendžiant uždavinius.	*5.6.1. Apibūdinti šviesos spindulio sąvoką, visiškąjį vidaus atspindį ir lūžį skirtingų optinių terpių sandūroje, optinės terpės lūžio rodiklį. *5.6.2. Nubrėžti spindulių eigą prizmėje ir per lęšių sistemas. *5.6.3. Nusakyti lęšio formulę ir lęšio didinimą.

\* nuo žvaigždutės tik išplėstiniu kursu besimokantiems mokiniam.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Lęšiu vadinamas skaidrus kūnas, apribotas dviejų rutuliškųjų paviršių. Lęšis yra plonasis, jei lęšio storis yra labai mažas palyginti su jo priekinio ir galinio paviršių kreivumo spinduliais  $R_1$  ir  $R_2$ . Pagal formą lęšiai skirstomi į iškiliuosius ir įgaubtuosius. Lęšis, kurio storis centre yra didesnis negu kraštuose, vadinamas glaudžiamuoju lęšiu, nes jį kertančius šviesos spindulius jis glaudžia. Lęšis, kurio storis centre yra mažesnis negu kraštuose, vadinamas sklaidomuoju lęšiu, nes jį kertančius šviesos spindulius jis sklaido.

Lęšio pagrindinė optinė ašis – tiesė, einanti per lęšio paviršių kreivumo centrus  $O_1$  ir  $O_2$ . Lęšio optinis centras – pagrindinės optinės ašies taškas, per kurį einantis šviesos spindulys nelūžta.

Taškas, kuriame už glaudžiamąjį lęšį (prieš sklaidomąjį lęšį) susirenka lygiagrečiai su pagrindine optine ašimi sklaidę spinduliai (spindulių tęsiniai), vadinamas lęšio pagrindiniu židiniu. Spindulius lygiagrečius su pagrindine optine ašimi, nukreipus iš priešingos lęšio pusės, spinduliai susirinks kitame lęšio židinyje.

Lęšio židinio nuotolis – atstumas nuo lęšio iki židinio išilgai pagrindinės optinės ašies.

Lęšio laužiamoji geba yra dydis, atvirkščias židinio nuotoliui. Laužiamosios gebos matavimo vienetas yra dioptrijs (žymima  $D$  kaip ir laužiamoji geba). Vienos dioptrijos laužiamąją gebą turi lęšis, kurio židinio nuotolis lygus vienam metrui. Žinant lęšio medžiagos lūžio rodiklį  $n$  ir paviršių kreivumo spindulius  $R_1$  ir  $R_2$ , lęšio ore laužiamąją gebą galima apskaičiuoti pagal formulę

$$D = \frac{1}{F} = (n - 1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right); \quad (1)$$

Čia  $F$  – židinio nuotolis. Jeigu lęšio paviršius iškilius, formulėje (1) kreivumo spindulys  $R$  yra teigiamas, jeigu paviršius įgaubtas – neigiamas. Jei vienas lęšio paviršius plokščias, tai jo  $R \rightarrow \infty$ .

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinio darbo **I dalis** ir **II dalis** atliekama **I lygmeniu**, kaip **patvirtinantis tyrinėjimas**, kai nurodomas glaudžiamojo ir sklaidomojo lęšių židinio nuotolis. Laboratorinio darbo **I dalis** ir **II dalis** atliekama **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**, jei lęšių židinio nuotolis nėra žinomi. Darbo **III dalis** atliekama II lygmeniu, jei pateikiama tyrimo eiga, ir atliekamas **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrimas**, jei tyrimo eiga nepateikiama.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema:

- Išmatuoti glaudžiamojo ir sklaidomojo lęšio židinio nuotolį, turint lygiagrečių šviesos spindulių pluoštą,
- Patikrinti lęšio laužiamosios gebos skaičiavimo formulę (1), žinant tik plokščiojo-įgaubtojo sklaidomojo lęšio medžiagos lūžio rodiklį ir taikant įgaubto veidrodžio židinio nuotolio formulę įgaubto paviršiaus kreivumo spinduliui nustatyti.

### Tyrimo hipotezė:

- Glaudžiamojo lęšio židinyje kertasi per lęšį praėję spinduliai, o sklaidomojo lęšio židinyje kertasi per lęšį praėjusių spindulių tęsiniai.
- Lęšio laužiamajai gebai ir židinio nuotoliui apskaičiuoti tinka formulė (1).
- Storo lęšio židinio nuotolis mažesnis spinduliams sklindantiems toli nuo pagrindinės optinės ašies ir didesnis spinduliams sklindantiems arti optinės ašies.

**Eksperimento tikslas** – išmatuoti glaudžiamojo ir sklaidomojo lęšių židinio nuotolį ir patikrinti lęšio laužiamosios gebos skaičiavimo formulę.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos lęšių tipus ir juos apibūdinančius fizikinius dydžius.
- Gebės apskaičiuoti lęšio laužiamąją gebą, kai žinomi lęšio paviršių kreivumo spinduliai ir lūžio rodiklis.
- Mokės išmatuoti glaudžiamojo ir sklaidomojo lęšio židinio nuotolį.

## Eksperimento priemonės:



- Lygiagrečių šviesos spindulių šaltinis su įstatoma plokšte su skirtingu plyšių skaičiumi ir maitinimo šaltiniu;
- Plonas glaudžiamasis lęšis;
- Plonas sklaidomasis lęšis;
- Storas glaudžiamasis lęšis;
- Balto popieriaus lapas;
- Pieštukas;
- Liniuotė.

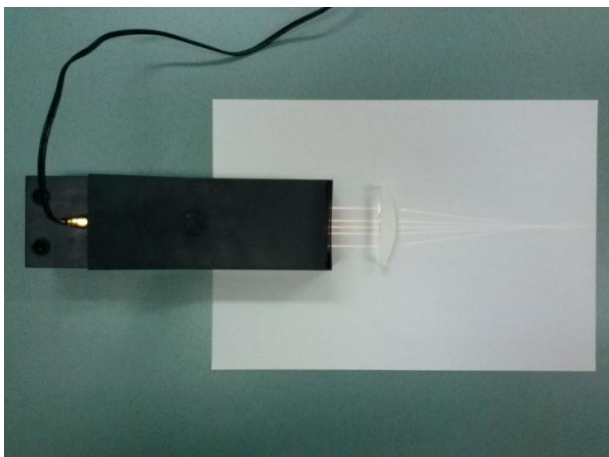
1 pav. Pagrindinės priemonės tyrimui atlikti.

## Darbo eiga:

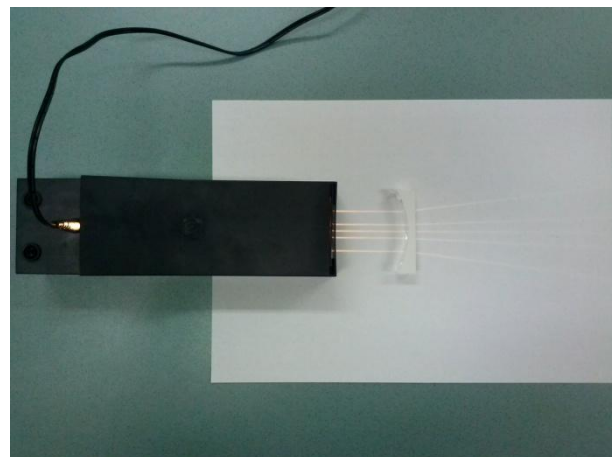
### I dalis. Glaudžiamojo ir sklaidomojo lęšio židinio nuotolio nustatymas

#### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per penkis plyšius.
- 1.2. Su liniuote ir pieštuku nubrėžkite popieriaus lape liniją išilgai ilgosios lapo kraštinės lapo viduryje.
- 1.3. Padėkite šviesos šaltinį ant lapo krašto taip, kad centrinis spindulys eitų išilgai nubrėžtos linijos, vaizduojančios lęšio pagrindinę optinę ašį.



a)



b)

**2 pav.** Priemonių parengimo darbui schema

#### 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Glaudžiamąjį lęšį spindulių kelyje iškila puse link šviesos šaltinio taip, kad linija dalytų lęšį į dvi lygias dalis ir spinduliai už lęšio susikirstų optinėje ašyje (2 pav.(a))
- 2.2. Pažymėkite pieštuku popieriaus lape židinio tašką ir tašką kuriame centrinis spindulys (optinė ašis) kerta plokščią lęšio paviršių.
- 2.3. Pakeiskite glaudžiamąjį lęšį sklaidomuoju taip, kad įgaubta lęšio pusė būtų atsukta į šviesos šaltinį ir linija dalytų lęšį į dvi lygias dalis bei centrinis spindulys plokščią lęšio paviršių kirstų stačiu kampu (2 pav.(b)). Norėdami nustatyti ar lęšis padėtas teisingai, pasinaudokite tuo, kad dalis šviesos atsispindi nuo įgaubto lęšio paviršiaus kaip nuo įgaubto veidrodžio.
- 2.4. Pažymėkite pieštuku popieriaus lape taškus, kuriuose kraštiniai spinduliai kerta plokščią lęšio paviršių ir popieriaus lapo kraštą, bei tašką, kuriame centrinis spindulys (optinė ašis) kerta plokščią lęšio paviršių.

#### 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Liniuote išmatuokite atstumą nuo židinio taško iki taško kuriame optinė ašis kerta glaudžiamojo lęšio plokščią paviršių. Šis išmatuotas atstumas lygus glaudžiamojo lęšio židinio nuotoliui.
- 3.2. Per pažymėtus taškus, kuriuose praėję per sklaidomąjį lęšį kraštiniai spinduliai kerta plokščią lęšio paviršių ir popieriaus lapo kraštą, nubrėžkite spindulius ir pratęskite juos iki susikirtimo taško su pagrindine optine ašimi židinyje prieš sklaidomąjį lęšį.
- 3.3. Liniuote išmatuokite atstumą nuo židinio taško iki taško, kuriame optinė ašis kerta sklaidomojo lęšio plokščią paviršių. Šis išmatuotas atstumas lygus sklaidomojo lęšio židinio nuotoliui.
- 3.4. Užrašykite matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 1 lentelę

**1 lentelė**

Glaudžiamojo lęšio židinio nuotolis, m	0,113
Sklaidomojo lęšio židinio nuotolis, m	0,119

**II dalis. Lęšio laužiamosios gebos skaičiavimo formulės tikrinimas****1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per penkis plyšius.
- 1.2. Su liniuote ir pieštuku nubrėžkite popieriaus lape liniją išilgai ilgosios lapo kraštinės lapo viduryje.
- 1.3. Padėkite šviesos šaltinį ant lapo krašto taip, kad centrinis spindulys eitų išilgai nubrėžtos linijos, vaizduojančios lęšio pagrindinę optinę ašį.

**2. Matavimų procedūros:**

- 2.1. Padėkite sklaidomąjį lęšį spindulių kelyje įgaubta puse link šviesos šaltinio taip, kad linija dalytų lęšį į dvi lygias dalis ir centrinis spindulys plokščią lęšio paviršių kirstų stačiu kampu (2 pav.(b)).
- 2.2. Pasinaudokite tuo, kad dalis šviesos atsispindi nuo įgaubto lęšio paviršiaus kaip nuo įgaubto veidrodžio, pažymėkite popieriaus lape atsispindėjusių nuo įgaubto lęšio paviršiaus spindulių susikirtimo tašką optinėje ašyje.
- 2.3. Pažymėkite pieštuku popieriaus lape tašką, kuriame centrinis spindulys (optinė ašis) kerta įgaubtą lęšio paviršių.

**3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Patraukite lęšį ir liniuote išmatuokit atstumą nuo židinio taško iki taško, kuriame optinė ašis kerta lęšio įgaubtą paviršių. Šis išmatuotas atstumas lygus lęšio įgaubto paviršiaus židinio nuotoliui.
- 3.2. Apskaičiuokite lęšio įgaubto paviršiaus kreivumo spindulį pasinaudodami tuo, kad įgaubto veidrodžio židinio nuotolis lygus pusei jo kreivumos spindulio.
- 3.3. Suraskite žinyuose lęšio medžiagos (akrilas) lūžio rodiklio vertę.
- 3.4. Apskaičiuokite lęšio laužiamąją gebą, pasinaudodami formule (1) ir atliktu paviršių kreivumo spindulių matavimų rezultatus.
- 3.5. Užrašykite matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 2 lentelę

**2 lentelė**

Įgaubto paviršiaus židinio nuotolis, m	0,0285
Įgaubto paviršiaus kreivumo spindulys, m	0,057
Plokščio paviršiaus kreivumo spindulys, m	begalinis
Lęšio medžiagos lūžio rodiklis	1,5
Lęšio laužiamoji geba, D	8,8

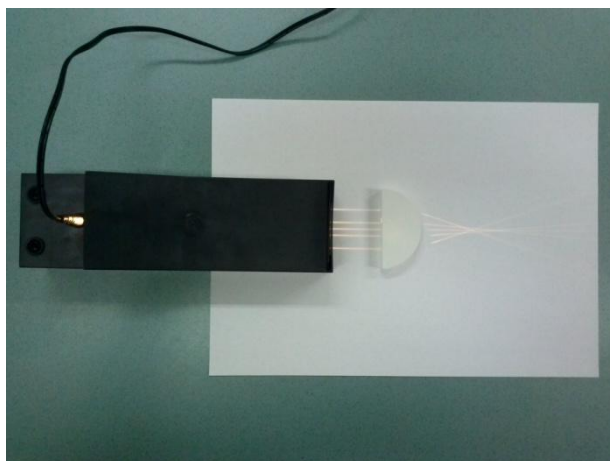
**III dalis. Storo lęšio židinio nuotolis****1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per penkis plyšius.
- 1.2. Su liniuote ir pieštuku nubrėžkite popieriaus lape liniją išilgai ilgosios lapo kraštinės lapo viduryje.
- 1.3. Padėkite šviesos šaltinį ant lapo krašto taip, kad centrinis spindulys eitų išilgai nubrėžtos linijos, vaizduojančios lęšio pagrindinę optinę ašį.



## 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Padėkite storą glaudžiamąjį lęšį spindulių kelyje plokščia puse link šviesos šaltinio taip, kad linija dalytų lęšį į dvi lygias dalis ir plokščią lęšio paviršių kirstų statmenai (3 pav.).
- 2.2. Uždenkite du kraštinius spindulius ir pažymėkite pieštuku popieriaus lape praėjusių per lęšį arti optinės ašies spindulių susikirtimo tašką.
- 2.3. Uždenkite tris centrinius spindulius ir pažymėkite pieštuku popieriaus lape praėjusių per lęšį toli nuo optinės ašies spindulių susikirtimo tašką.
- 2.4. Pakartokite 2.6 ir 2.7 punktus, apgręžę lęšį iškila puse link šviesos šaltinio.



3 pav. Priemonių parengimo darbai schema

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Patraukite lęšį ir liniuote išmatuokite židinio nuotolių skirtumą spinduliams kertantiems lęšį arti ir toli nuo pagrindinės optinės ašies.
- 3.2. Užrašyti matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 3 lentelę.

3 lentelė

Židinio nuotolių skirtumas (lęšis plokščia puse į šaltinį), cm	1,8
Židinio nuotolių skirtumas (lęšis iškila puse į šaltinį), cm	0,5

### **Mokiniai padaro išvadas:**

- apie tai, kokios formos lęšio židinyje kertasi spinduliai ir kokios formos lęšio židinyje kertasi tik spindulių tęsiniai.
- apie tai, ar formulė (1) tinka apskaičiuoti lęšio laužiamajai gebai, jei taip, pagrįskite I ir II darbo dalies rezultatais;
- apie tai, kokius spindulius, einančius arti ar toli nuo pagrindinės optinės ašies, storas lęšis laužia stipriau ir kada šis reiškinys stipresnis, ar kai lęšis atsuktas į šaltinį plokščia, ar kai iškila puse?

### **KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Kokį lęšį vadiname glaudžiamuoju, o kokį - sklaidomuoju?	1. Lęšis glaudžiamasis, jei suglaudžia per jį praėjusius spindulius, ir lęšis sklaidomasis, jei praskleidžia per jį praėjusius spindulius.
2. Kokią tiesę vadiname lęšio pagrindine optine ašimi?	2. Tiesė, einanti per lęšio paviršių kreivumo centrus, vadinama pagrindine optine ašimi.
3. Ką vadiname lęšio pagrindiniu židiniu?	3. Taškas, kuriame už glaudžiamąjį lęšį (prieš sklaidomąjį lęšį) susirenka lygiagrečiai su pagrindine optine ašimi sklindę spinduliai (spindulių tęsiniai), vadinamas lęšio pagrindiniu židiniu.
4. Ar gali iškilusias lęšis būti sklaidantysis?	4. Gali, jei lęšio lūžio rodiklis yra mažesnis už jį supančios aplinkos lūžio rodiklį.
5. Kaip keičiasi lęšio laužiamoji geba mažėjant jo židinio nuotoliui?	5. Mažėjant lęšio židinio nuotoliui jo laužiamoji geba auga.

6. Kokį lęšį vadiname plonu?	6. Lęšis plonasis, jei lęšio storis yra labai mažas palyginti su jo paviršių kreivumo spinduliais.
------------------------------	--

### 3.4.4. PRAĖJUSIOS PER DU POLIARIZATORIUS ŠVIESOS INTENSYVUMO TYRIMAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

5. Svyravimai ir bangos	
<b>Nuostata</b> Domėtis šiuolaikinėmis technologijomis ir jų raida.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti ir klasifikuoti <...> elektromagnetinius svyravimus ir bangas, skirti juos gamtoje, buityje ir technikoje <...> .	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
*5.5. Paaiškinti elektromagnetinio lauko sklaidimą elektromagnetinėmis bangomis ir šių bangų įvairovę.	*5.5.1. Apibūdinti elektromagnetinį lauką, jo sklaidimą vakuume ir terpėse.
*5.6. Skirti ir paaiškinti geometrinės bei fizikinės optikos dėsningumus, taikyti juos analizuojant reiškinius ir sprendžiant uždavinius.	*5.6.7. Apibūdinti šviesos poliarizaciją.

\*nuo žvaigždutės tik išplėstiniu kursu besimokantiems mokiniams.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Šviesos bangos yra skersinės, kadangi bangos elektrinio lauko ir magnetinio lauko stiprio vektoriai svyruoja statmenai bangos sklaidimo kryptims. Skersinių svyravimų pobūdis apibūdinamas poliarizacijos samprata. Skersinė banga, kurioje virpesiai vyksta visomis kryptimis, vadinama natūraliąja arba nepoliarizuota. Kai virpesiai vyksta viena kryptimi (vienoje plokštumoje), banga vadinama tiesiškai poliarizuota.

Įprastinių šviesos šaltinių (kaitinimo arba dujų išlydžio lempų) atskiri atomai spinduliuoja nepriklausomai, todėl jų šviesa yra nepoliarizuota. Šviesos bangų pluoštą galima poliarizuoti leidžiant jį pro turmalino kristalą arba stiklo plokštelę, padengtą plona herapatito kristalo plėvele, vadinama poliarizatoriumi. Praėjusi per poliarizatorių natūrali šviesa bus tiesiškai poliarizuota, jos elektrinio lauko stiprio vektorius svyruos išilgai poliarizatoriaus ašies. Jei suksime poliarizatorių apie ašį, lygiagrečią su krintančiu šviesos pluoštu, tai jokių praėjusios šviesos intensyvumo pokyčių nematysime, nors praėjusios šviesos elektrinio lauko stiprio vektoriaus svyravimo kryptis suksis su poliarizatoriaus ašimi. Tačiau, kad praėjusi per poliarizatorių šviesa yra tiesiškai poliarizuota, galima įsitikinti šviesos pluošto kelyje pastačius antrą poliarizatorių, vadinamą analizatoriumi. Sukdami analizatorių apie ašį, lygiagrečią su krintančiu šviesos pluoštu, pastebėsime, kad šviesos intensyvumas kinta (1 pav.). Kai plokštelių optinės ašys yra lygiagrečios (kampas tarp ašių 0° arba 180°), praėjusios šviesos intensyvumas būna didžiausias. Kai ašys yra statmenos (kampas tarp ašių 90° arba 270°), šviesos intensyvumas pasidaro lygus nuliui. Esant bet kokiam kampui  $\theta$  tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių, praėjusios per analizatorių šviesos intensyvumas tenkina Malio dėsnį:

$$I = I_0 \cos^2 \theta \quad (1)$$

Čia  $I_0$  kritusios į analizatorių šviesos intensyvumas.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, gauna šviesos intensyvumo priklausomybės nuo kampo tarp poliarizatorių ašių grafiką.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą *Nova5000*.

Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama išmatuoti šviesos intensyvumą, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Išmatuoti, taikant kompiuterinio mokymo sistemą, nepoliarizuotos šviesos šaltinio šviesos, praėjusios per du poliarizatorius, intensyvumą, esant skirtingiems kampams tarp poliarizatorių ašių.

**Tyrimo hipotezė.** Sukant analizatorių apie ašį statmeną analizatoriaus plokštumai, praėjusios per poliarizatorių ir analizatorių šviesos intensyvumas kinta pagal  $\cos^2\theta$  dėsnį, čia  $\theta$  kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių.

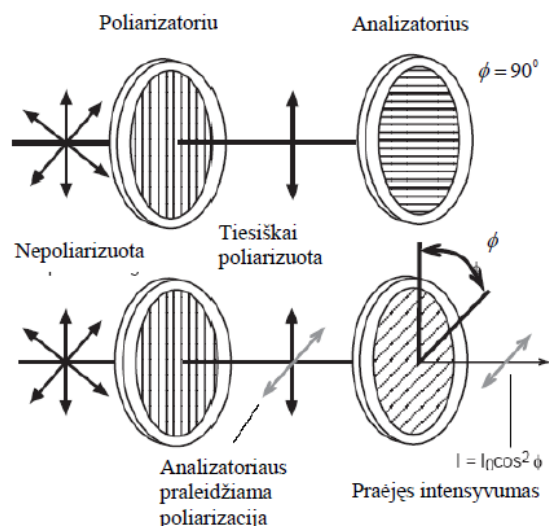
**Eksperimento tikslas** – nustatyti praėjusios per poliarizatorių ir analizatorių šviesos intensyvumo priklausomybę nuo kampo tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos kokia šviesa yra nepoliarizuota ir kokia – tiesiškai poliarizuota.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės eksperimentiškai išmatuoti šviesos intensyvumą.
- Mokės gauti praėjusios per poliarizatorių ir analizatorių šviesos intensyvumo priklausomybę nuo kampo tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių.
- Mokės nustatyti analizatoriaus ašį taip, kad praėjusios šviesos intensyvumas būtų maksimalus arba minimalus.

### Eksperimento priemonės:

- *Nova5000* su instaliuota *MultiLab* programa;
- Šviesos šaltinis su maitinimo šaltiniu;
- Apšviestumo jutiklis (3 diapazonų);
- Optinis suolas;
- Poliarizatorius laikiklyje;
- Analizatorius laikiklyje;
- Ekranas su vienu plyšiu laikiklyje;
- Stalėlis su laikikliu apšviestumo jutikliui tvirtinti;
- Jungiamieji laidai.



**1 pav.** Viršutiniame paveikslėlyje – šviesa per analizatorių nepraeina, kadangi analizatorius pasuktas 90 laipsnių kampu, apatiniame paveikslėlyje – šviesa praeina, kadangi kampas tarp analizatoriaus ir poliarizatoriaus ašių nelygus 90 arba 270 laipsnių.





## Darbo eiga:

### 1. Priemonių parengimas darbui:




- 1.1. Ant optinio suolo uždėkite penkis slankiojamus laikiklius ir iš eilės įstatykite į laikiklius šviesos šaltinį, ekraną su vienu vertikaliu plyšiu, poliarizatorių, analizatorių, bei prie lėkštelės su stovu pritvirtintą apšviestumo jutiklį su laidu (2 pav.).
- 1.2. Pasukite poliarizatorių ir analizatorių iki nulinės padalos ant laikiklių.
- 1.3. Prijunkite apšviestumo jutiklį prie *Nova5000* kompiuterio į *Nova5000* I/O 1 lizdą, nustatykite jutiklio jautrumą ties padala 0-600lx.
- 1.4. Įjunkite šviesos šaltinį ir *Nova5000* bei paleiskite *MultiLab* programą.



**2 pav.** Priemonių parengimo darbui schema. Ant optinio suolo (iš kairės į dešinę): apšviestumo jutiklis, analizatorius, poliarizatorius, ekranas su vienu plyšiu, šviesos šaltinis.





- 1.5. Atidarykite *Sąrankos meniu* . Įvestis 1 laukelis turi būti aktyvus, jame turi būti užrašas *Apšviestumo 600*
- 1.6. Paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite matavimų režimą 10 matavimų per sekundę, uždarykite langą *Sąranka* spausdami lango viršutiniame dešiniajame kampe *OK*.
- 1.7. Atidarykite grafiko langą mygtuku .
- 1.8. Paspauskite mygtuką *Paleisti* , sukite analizatorių prieš laikrodžio rodyklę ir stebėkite kaip mažėja praėjusios pro analizatorių šviesos intensyvumas. Kai analizatorius pasuktas 90 laipsnių kampu jutiklio rodomas intensyvumas turi būti minimalus, jei taip nėra, patikslinkite poliarizatoriaus padėtį teisingai nulinę padalą.
- 1.9. Nuspauskite *Stabdyti* mygtuką .
- 1.10. Pasirinkite meniu punktą *Rinkmenos* → *Išvalyti viską* → *No*. Visi matavimų duomenys bus ištrinti.
- 1.11. Paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite matavimų režimą *Rankinis*. Uždarykite langą *Sąranka* mygtuku *OK* lango viršutiniame dešiniajame kampe.

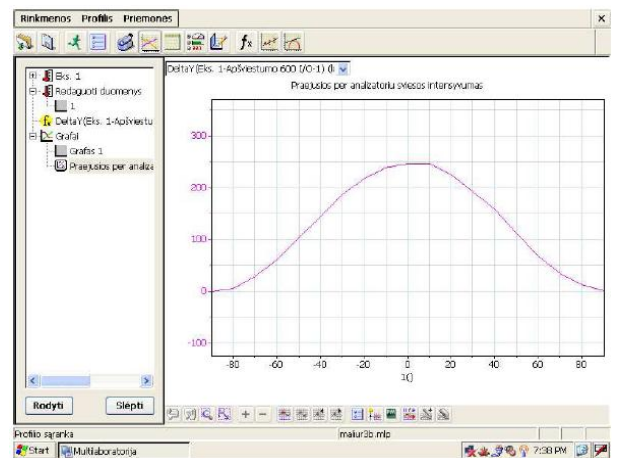
### 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Patikrinkite, ar poliarizatorius pasuktas ties nulinę padalą, o analizatorius ties 90 laipsnių padalą prieš laikrodžio rodyklę.
- 2.2. Atsidarykite naują langą duomenims surašyti lentelėje, paspaudę mygtuką .
- 2.3. Paspauskite meniu mygtuką *Priemonės* → *Nustatyti X ašį*.
- 2.4. Atsidariusio lango *Įterpti* stulpelyje viršutinėje eilutėje rankiniu būdu įrašykite *Kampas*, o apatinėje eilutėje *Laipsniai*. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.
- 2.5. Paspauskite mygtuką *Paleisti* .
- 2.6. Atsidariusiame lange *Nustatyti X vertę*, įrašykite analizatoriaus pasukimo kampą -90. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.
- 2.7. Pasukite analizatorių 10 laipsnių, iki padalos 80, vėl spauskite mygtuką *Paleisti* .
- 2.8. Atsidariusiame lange *Nustatyti X vertę*, įrašykite analizatoriaus pasukimo kampą -80. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.

- 2.9. Kartokite matavimus, pasukdami analizatorių po 10 laipsnių, kol analizatorius pasisuks 90 laipsnių kampu nuo nulinės padalos, pagal laikrodžio rodyklę.
- 2.10. Užbaikite matavimus *Profilis* → *Stabdyti*.
- 2.11. Išsaugokite matavimų rezultatus *Rinkmenos* → *Irašyti kaip*.

### 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Atidarykite grafiko langą mygtuku . Grafiko lange bus matomas šviesos intensyvumo grafikas.
- 3.2. Gautame intensyvumo grafike matyti, kad dalis nepoliarizuotos šviesos pereina per poliarizatorių, kadangi intensyvumas nelygus nuliui, kai analizatoriaus pasukimo kampas lygus  $\pm 90$  laipsnių.
- 3.3. Atimkite šio foninio intensyvumo vertę iš visų išmatuotų intensyvumo verčių. Tam spauskite mygtuką *Priemonės* → *Analizė* → *Analizės valdiklis*. Atsidariusiame lange *Funkcijos*, laukelyje *Funkcijos* pasirinkite iš sąrašo punktą *Delta Y*. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.
- 3.4. Dabar grafike intensyvumas lygus nuliui, kai analizatoriaus pasukimo kampas lygus  $-90$  laipsnių.
- 3.5. Nuspauskite grafiko redagavimo mygtuką .
- 3.6. Atsidariusiame lange pasirinkite *X* ašis → *Redaguoti duomenys* → *Kampas*. Spausti mygtuką *Gerai*. *X* ašyje bus nurodytas analizatoriaus pasukimo kampas.
- 3.7. Grafikų instrumentų lange paspauskite mygtuką .
- 3.8. Paspauskite mygtuką *Save*  ir išsaugokite grafiką. (3 pav.)



3 pav.

### Mokiniai padaro išvadas:

- ar praėjusios per analizatorių šviesos intensyvumas kinta pagal  $\cos^2\theta$  dėsnį, čia  $\theta$  kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių;
- kodėl sukant analizatorių praėjusios šviesos intensyvumas niekad nebūna lygus nuliui;
- kaip atrodytų eksperimentinis šviesos intensyvumo grafikas, jei poliarizatorius ir analizatorius pilnai poliarizuotų per juos praeinančią nepoliarizuotą šviesą.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kokios bangos yra skersinės?	1. Bangos, kuriose svyravimas vyksta skersai bangos sklidimo krypties, yra skersinės.
2. Kokią šviesą vadiname natūralia (nepoliarizuota)?	2. Šviesą, kurioje elektrinio lauko vektoriaus virpesiai vyksta visomis kryptimis statmenai sklidimo kryptčiai, vadiname natūraliąja, arba nepoliarizuota.
3. Kokią bangą vadiname tiesiškai poliarizuota?	3. Bangą, kurioje virpesiai vyksta viena kryptimi (vienoje plokštumoje), vadinama tiesiškai poliarizuota.



4. Koks turi būti kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių, kad šviesa nepereitų per analizatorių?	4. Kampas tarp ašių turi būti lygus 90 laipsnių.
5. Kokiuose buitinės elektronikos prietaisuose naudojami poliarizatoriai?	5. Televizoriuose ir kompiuterių vaizduokliuose su skystųjų kristalų ekranais.

### 3.4.5. FOTOMETRIJA. APŠVIETOS PRIKLAUSOMYBĖS NUO ATSTUMO TYRIMAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas. 12 klasė.

5. Svyravimai ir bangos	
<b>Nuostata</b> Domėtis šiuolaikinėmis technologijomis ir jų raida.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti ir klasifikuoti periodinius vyksmus kaip <...> elektromagnetinius svyravimus ir bangas, skirti juos gamtoje, buityje ir technikoje, grupuoti įvairius periodinius reiškinius pagal pasirinktus būdingus požymius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.6. Skirti ir paaiškinti geometrinės bei fizikinės optikos dėsnį, taikyti juos analizuojant reiškinius ir sprendžiant uždavinius <...>.	5.6.6. Pateikti šviesos banginių savybių pasireiškimo gamtoje, taikymo technikoje pavyzdžių <...>.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Šviesos šaltiniai spinduliuoja nevienodu intensyvumu. Šaltinio spinduliavimo intensyvumui apibūdinti vartojamas fizikinis dydis šviesos stipris, žymimas raide  $I$ . Šviesos stiprio matavimo vienetas kandela ( $cd$ ).

$$[I] = 1 \text{ cd}$$

Sklydama šviesa perneša energiją. Ją apibūdina šviesos srauto sąvoka. Šviesos srautas nusako, kiek energijos šviesa atneša į kokio nors kūno paviršiaus plotą  $S$  per 1 sekundę. Šviesos srautas žymimas raide  $\Phi$ , jo matavimo vienetas – liumenas.

$$[\Phi] = 1 \text{ lm}$$

Šviesos srautas, tenkantis vienetiniam paviršiaus plotui, vadinamas paviršiaus apšvieta. Apšvieta  $E$  yra lygi šviesos srautui, padalytam iš paviršiaus ploto

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Apšvietos matavimo vienetas – liuksas:

$$[E] = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ lx}.$$

Kai šviesa krinta statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šaltinio šviesos stipriui ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo paviršiaus kvadratui:

$$E = \frac{I}{R^2}.$$

#### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, gauna apšvietos priklausomybės nuo atstumo  $E = f(R)$  grafiką.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą *Nova5000*.

Darbą siūloma atlikti po šviesos sklidimo, atspindžio ir lūžio mokymo. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai nustatyti šviesos šaltinio skleidžiamą apšvietą, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Nustatyti, kaip kinta apšvieta kintant atstumui.

**Tyrimo hipotezė.** Didėjant atstumui nuo šviesos šaltinio, apšvieta mažėja proporcingai atstumo kvadratui.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti apšvietos priklausomybę nuo atstumo.

### Laukiami rezultatai:


- Žinos apšvietos priklausomybę nuo atstumo bei jos fizikinę prasmę.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės eksperimentiškai išmatuoti šviesos šaltinio sukuriamą apšvietą.
- Mokės gauti apšvietos priklausomybės nuo atstumo  $E = f(R)$  grafiką.

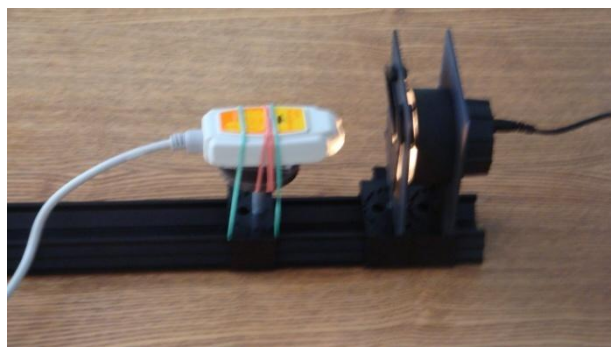
### Eksperimento priemonės:

- *Nova5000* su instaliuota *MultiLab* programine įranga;
- Šviesos šaltinis;
- Apšvietumo jutiklis (3 diapazonų);
- Optinis suolas;
- Optinis laikiklis;
- Diafragma su siauru apskritimo formos plyšiu;
- Liniuotė;
- Jungiamieji laidai.

### Darbo eiga:

#### 1. Priemonių parengimas darbui:


- 1.1. Prijunkite apšvietumo jutiklį prie *Nova5000* kompiuterio, laidą iš skaitiklio prijungdami į *Nova5000* I/O 1 lizdą.
- 1.2. Įtvirtinkite apšvietumo jutiklį prie optinio laikiklio, kaip parodyta 1 pav.
- 1.3. Paleiskite *MultiLab* programą *Nova5000* kompiuteryje.
- 1.4. Atidarykite *Sąrankos* meniu .
- 1.5. Paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite *Rankinis*.
- 1.6. Paspauskite mygtuką *Matavimai*. Pasirinkite matavimų skaičių – *10 matavimų*.
- 1.7. Nustatykite apšvietumo jutiklį į padėtį A.
- 1.8. Tarp šviesos šaltinio ir diafragmos turi būti 1 cm tarpas.



1 pav. Eksperimento stendas

#### 2. Matavimų procedūros:

- 2.1. Išmatuokite apšvietos priklausomybę nuo atstumo.
  - 2.1.1. Padėkite apšvietumo jutiklį 5 cm atstumu nuo šviesos šaltinio.

- 2.1.2. Atsidarykite naują langą duomenims surašyti, paspaudę mygtuką .
- 2.1.3. Eikite *Priemonės* → *Nustatyti X ašį* → *Įterpti stulpelį rankiniu būdu*.
- 2.1.4. Atsidariusiame viršutiniame lange įrašykite *Atstumas*, apatiniame lange – *cm*. Paspauskite mygtuką *Gerai*.
- 2.1.5. Pradėkite matavimus nuspaudę mygtuką *Profilis* → *Paleisti*.
- 2.1.6. Atsidariusiame lange įveskite pradinę atstumo vertę 5 cm. Paspauskite mygtuką *OK*.
- 2.1.7. Padėkite apšviestumo jutiklį 6 cm atstumu nuo šviesos šaltinio.
- 2.1.8. Vėl paspauskite *Profilis* → *Paleisti* ir atsidariusiame lange įveskite kitą atstumo vertę – 6 cm. Paspauskite mygtuką *OK*.
- 2.1.9. Kartokite 6 ir 7 punktus, kol pasieksite 13 cm atstumą iki šviesos šaltinio.
- 2.1.10. Baigę matavimus, spauskite *Profilis* → *Stabdyti*.
- 2.1.11. Ekrane matoma duomenų lentelė

Matavimai	Redaguoti duomenys, cm	Apšvieta, lx
1.	5,0	48,59
2.	6,0	35,01
3.	7,0	22,78
4.	8,0	16,77
5.	9,0	13,90
6.	10,0	12,78
7.	11,0	10,73
8.	12,0	8,13
9.	13,0	7,54

**Paklaidų įvertinimas:** Užrašykite atstumo ir apšvietos tiesioginių matavimų paklaidas  $\Delta l=0,5$  mm ir  $\Delta E = 0,005$  lx.

2.2. Apšvietos priklausomybės nuo atstumo  $E = f(R)$  grafiko gavimas.

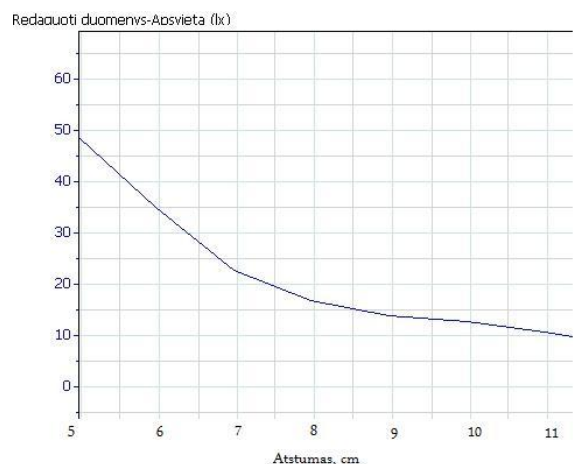
2.2.1. Eikite *Priemonės* → *Analizė* → *Energijos regresija*.

2.2.2. Gausite apšvietos priklausomybės nuo atstumo grafiką (2 pav.).

2.2.3. Grafiko apačioje matysite funkcinę priklausomybę  $f(x) = 1078,28x^{(-1.95)}$ .

2.2.4. Funkcija  $f(x)$  aprašo eksperimentiškai gautą apšvietos priklausomybę nuo atstumo. Idealiu atveju ši funkcinė turėtų būti  $f(x) = ax^{(-2)}$ , kur  $x$  aprašo atstumą iki šviesos šaltinio.

2.2.5. Palyginkite, kiek eksperimento metu gautas  $x$  laipsnio rodiklis skiriasi nuo teorinio, lygaus -2.



2 pav. Eksperimento grafikas

### Mokiniai padaro išvadas:

- apie apšvietos priklausomybės nuo atstumo  $E = f(R)$  grafiką;
- apie galimus grafiko neatitikimus teorinių rezultatų;
- kaip apšvieta priklauso nuo atstumo iki šviesos šaltinio;

- apie apšvietos fizikinę prasmę.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite nuo ko priklauso apšvieta, kai šviesa krinta statmenai paviršiui.	1. Kai šviesa krinta statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šaltinio šviesos stipriui ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo paviršiaus kvadratui: $E = \frac{I}{R^2}.$
2. Ką vadiname apšvieta?	2. Šviesos srautas, tenkantis vienetiniam paviršiaus plotui, vadinamas paviršiaus apšvieta.
3. Kokie apšvietos matavimo vienetai?	3. Apšvietos matavimo vienetas – liuksas $[E] = \frac{1lm}{1m^2} = 1lx.$
4. Ką nusako šviesos srautas?	4. Šviesos srautas nusako, kiek energijos šviesa atneša į kokio nors kūno paviršiaus plotą S per 1 sekundę.

### 3.4.6. FOTOMETRIJA. APŠVIETOS PRIKLAUSOMYBĖS NUO ŠALTINIO ĮTAMPOS TYRIMAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas. 12 klasė.

#### 5. Svyravimai ir bangos

##### Nuostata

Domėtis šiuolaikinėmis technologijomis ir jų raida.

##### Esminis gebėjimas

Analizuoti ir klasifikuoti periodinius vyksmus kaip <...> elektromagnetinius svyravimus ir bangas, skirti juos gamtoje, buityje ir technikoje, grupuoti įvairius periodinius reiškinius pagal pasirinktus būdingus požymius.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.6. Skirti ir paaiškinti geometrinės bei fizikinės optikos dėsningumus, taikyti juos analizuojant reiškinius ir sprendžiant uždavinius <...>.	5.6.6. Pateikti šviesos banginių savybių pasireiškimo gamtoje, taikymo technikoje pavyzdžių <...>.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Šviesos šaltiniai spinduliuoja nevienodu intensyvumu. Šaltinio spinduliavimo intensyvumui apibūdinti vartojamas fizikinis dydis šviesos stipris, žymimas raide  $I$ . Šviesos stiprio matavimo vienetas kandela ( $cd$ ).

$$[I] = 1 \text{ cd}$$

Sklisdama šviesa perneša energiją. Ją apibūdina šviesos srauto sąvoka. Šviesos srautas nusako, kiek energijos šviesa atneša į kokio nors kūno paviršiaus plotą  $S$  per 1 sekundę. Šviesos srautas žymimas raide  $\Phi$ , jo matavimo vienetas – liumenas.

$$[\Phi] = 1 \text{ lm}$$

Šviesos srautas, tenkantis vienetiniam paviršiaus plotui, vadinamas paviršiaus apšvieta. Apšvieta  $E$  yra lygi šviesos srautui padalytam iš paviršiaus ploto

$$E = \frac{\Phi}{S}.$$

Apšvietos matavimo vienetas – liuksas:

$$[E] = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ lx}.$$

Kai šviesa krinta statmenai paviršiui, jo apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šaltinio šviesos stipriui ir atvirkščiai proporcinga atstumo nuo šaltinio iki apšviečiamo paviršiaus kvadratui:

$$E = \frac{I}{R^2}.$$

Apšvieta taip pat tiesiogiai priklauso nuo tekančios per lemputę srovės stiprio. Kai varža yra pastovi, tai srovės stipris ir apšvieta tiesiogiai priklauso nuo šaltinio įtampos.



## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiamos tik reikalingos priemonės darbui atlikti. Darbo eigą mokiniai turėtų pasirinkti patys. Remdamiesi iškelto tikslu mokiniai nustato apšvietos priklausomybę nuo šaltinio įtampos, gauna apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos  $E = f(U)$  grafiką. Šitame apraše pateikiama darbo eiga yra skirta mokytojui.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą *Nova5000*.

Darbą siūloma atlikti po šviesos sklidimo, atspindžio ir lūžio mokymo. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai nustatyti šviesos šaltinio skleidžiamą srautą bei šviesos stiprį, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip apšvieta priklauso nuo maitinimo šaltinio įtampos.

**Tyrimo hipotezė.** Apšvieta didėja proporcingai įtampai. Elektros lemputės galia  $P$  yra lygi srovės stiprio  $I$  ir įtampos  $U$  sandaugai  $P = I \cdot U$ . Kai srovės stipris yra pastovus, elektros lemputės galia (tuo pačiu ir apšvieta) yra tiesiogiai proporcinga įtampai.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti apšvietos priklausomybę nuo šaltinio įtampos, gauti  $E = f(U)$  grafiką.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos apšvietos fizikinę prasmę.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės įvertinti apšvietos priklausomybę nuo šaltinio įtampos.
- Mokės gauti apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos  $E = f(U)$  grafiką.

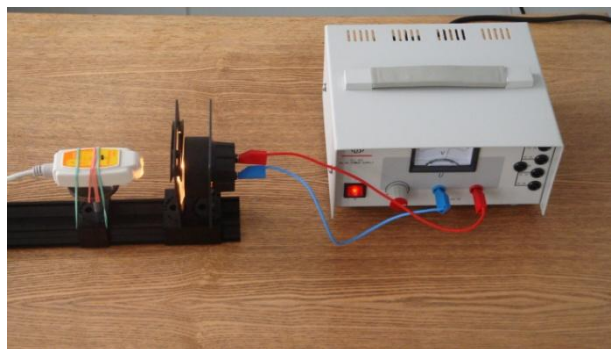
### Eksperimento priemonės:

- *Nova5000* su instaliuota *MultiLab* programine įranga;
- Šviesos šaltinis;
- Apšvietumo jutiklis (3 diapazonų);
- Nuolatinės įtampos šaltinis;
- Optinis suolas;
- Optinis laikiklis;
- Diafragma su siauru apskritimo formos plyšiu;
- Liniuotė;
- Jungiamieji laidai.

### Darbo eiga:


#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1 Prijunkite apšvietumo jutiklį prie *Nova5000* kompiuterio, laidą iš skaitiklio prijungdami į *Nova5000* I/O 1 lizdą.
- 1.2 Pritvirtinkite apšvietumo jutiklį prie optinio laikiklio.
- 1.3 Prijunkite laidus iš įtampos šaltinio prie lemputės taip, kaip parodyta 1 pav.
- 1.4 Paleiskite *MultiLab* programą




1 pav. Eksperimento stendas

Nova5000 kompiuteryje.

- 1.5. Atidarykite *Srankos* meniu .
- 1.6. Paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite *Rankinis*.
- 1.7. Paspauskite mygtuką *Matavimai*. Pasirinkite matavimų skaičių *10 matavimų*.
- 1.8. Nustatykite apšvietumo jutiklį į padėtį *B*.
- 1.9. Tarp šviesos šaltinio ir diafragmos turi būti 1 cm tarpas.

## 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Išmatuokite apšvietos priklausomybę nuo šaltinio įtampos.
  - 2.1.1. Padėkite apšvietumo jutiklį 5 cm atstumu nuo šviesos šaltinio.
  - 2.1.2. Nustatykite pradinę šaltinio įtampą – 4 V.
  - 2.1.3. Atsidarykite naują langą duomenims surašyti, paspaudę mygtuką .
  - 2.1.4. Eikite *Priemonės* → *Nustatyti X ašį* → *Įterpti stulpelį rankiniu būdu*.
  - 2.1.5. Atsidariusiame viršutiniame lange įrašykite *Įtampa*, apatiniame lange – V. Paspauskite mygtuką *Gerai*.
  - 2.1.6. Pradėkite matavimus nuspaudę mygtuką *Profilis* → *Paleisti*.
  - 2.1.7. Atsidariusiame lange įveskite pradinę atstumo vertę 4 V. Paspauskite mygtuką *OK*.
  - 2.1.8. Padidinkite šaltinio įtampą iki 5 V.
  - 2.1.9. Vėl paspauskite *Profilis* → *Paleisti* ir atsidariusiame lange įveskite kitą atstumo vertę - 5 V. Paspauskite mygtuką *OK*.
  - 2.1.10. Kartokite 7 ir 8 punktus, kol pasieksite 9 V įtampos vertę.

**Pastaba. Atliekdami matavimus su kitomis įtampos vertėmis, neviršykite 12 V įtampos vertės.**
  - 2.1.11. Baigę matavimus, spauskite *Profilis* → *Stabdyti*.
  - 2.1.12. Ekrane matoma duomenų lentelė

Matavimai	Įtampa, V	Apšvieta, lx
1.	4	577,26
2.	5	1034,37
3.	6	1955,93
4.	7	3104,58
5.	8	4716,21
6.	9	5992,33

**Paklaidų įvertinimas:** Užrašykite įtampos ir apšvietos tiesioginių matavimų paklaidas  $\Delta U=0,5$  V ir  $\Delta E = 0,005$  lx.

- 2.2. Apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos  $E = f(U)$  grafiko gavimas.
  - 2.2.1. Eikite *Priemonės* → *Analizė* → *Energijos regresija*.
  - 2.2.2. Gausite apšvietos priklausomybės nuo atstumo grafiką (2 pav.).

Eks. 1-Apšvietumo 6000 I/O-1 (lx)



2 pav. Eksperimento grafikas.

### Mokiniai padaro išvadas:

- kaip apšvieta priklauso nuo šaltinio įtampos;

- apie apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos  $E = f(U)$  grafiką.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Ką nusako šviesos srautas?	1. Šviesos srautas nusako, kiek energijos šviesa atneša į kokio nors kūno paviršiaus plotą $S$ per 1 sekundę.
2. Kokie yra šviesos stiprio ir šviesos srauto matavimo vienetai?	2. Šviesos stiprio matavimo vienetas – kandela, šviesos srauto – liumenas.
3. Kaip tarpusavyje susiję apšvieta ir šviesos stipris?	3. Apšvieta yra tiesiogiai proporcinga šviesos stipriui.
4. Kaip apšvieta priklauso nuo šaltinio įtampos?	4. Apšvieta taip pat tiesiogiai priklauso nuo tekančios per lemputę srovės stiprio. Kai varža yra pastovi, tai srovės stipris ir apšvieta tiesiogiai priklauso nuo šaltinio įtampos.

### 3.5. ATOMO FIZIKOS LABORATORINIAI DARBAI

#### 3.5.1. JONIZUOJANČIOS SPINDULIUOTĖS PRIKLAUSOMYBĖS NUO MEDŽIAGOS TANKIO TYRIMAS

##### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 12 klasė.

##### 6. Modernioji fizika

###### Nuostatos

Jausti atsakomybę už gamtos išsaugojimą. Domėtis teigiamosiomis ir neigiamosiomis mokslo pažangos pasekmėmis. Mokslo pažangą vertinti įvairiapusiškai.

###### Esminis gebėjimas

Atpažinti ir analizuoti fotoelektrinių reiškinių taikymą buityje ir technikoje, paaiškinti radioaktyvumą ir branduolines reakcijas bei jų taikymą praktikoje.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
6.4. Paaiškinti radioaktyvumą kaip nestabiliųjų branduolių skilimą; skirti alfa, beta ir gama radioaktyviąją spinduliuotę.	6.4.1. Apibūdinti radioaktyvumą kaip nestabiliųjų branduolių savybę, nusakyti alfa, beta ir gama radioaktyviąją spinduliuotę. 6.4.2. Nurodyti pagrindinius prietaisus radioaktyviajai spinduliuotei matuoti. 6.4.4. Pateikti apsaugos nuo radioaktyviosios spinduliuotės būdų pavyzdžių.

##### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Jonizuojanti spinduliuotė būna trijų rūšių. Alfa spinduliais vadinami helio branduoliai. Ši spinduliuotė yra pati neskvarbiausia. Pro 0,1 mm storio popieriaus sluoksnį ji nepereina, tačiau veikia fotoplokštelę, jonizuoja dujas. Beta spinduliuotė – greitai skriejančių elektronų srautas. Elektronus gali sulaikyti tik kelių milimetrų storio aliuminio plokštelė. Gama spinduliuote savo savybėmis primena rentgeno spinduliuotę, tačiau yra skvarbesnė. Jos intensyvumą perpus sumažina 13 mm storio švino sluoksnis. Jonizuojančios spinduliuotės radioaktyvumo vienetas yra **bekerelis Bq**: vienas bekerelis parodo, kad per vieną sekundę suskilo vienas nestabilus branduolys.

##### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, tai yra žinodami skirtingos rūšies jonizuojančios spinduliuotės skvarbumą, nustato, kaip jonizuojančios spinduliuotės intensyvumas priklauso nuo sugeriančios medžiagos tankio.

Ekspertas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą **Nova5000**.

Darbą siūloma atlikti po mokymo apie alfa, beta ir gama spinduliuotę. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai nustatyti jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą, formuojami eksperimentavimo ir gautų eksperimentinių rezultatų analizės įgūdžiai.

##### EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip nustatyti, kuri medžiaga geriausiai sulaiko gama spinduliuotę.

**Tyrimo hipotezė.** Tankesnės medžiagos geriau sulaiko gama spinduliuotę negu retesnės medžiagos.

**Eksperto tikslas** – nustatyti tiriamųjų medžiagų pralaidumą gama spinduliuotei.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos jonizuojančios spinduliuotės rūšis.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės išmatuoti aplinkos skleidžiamą jonizuojančią spinduliuotę.
- Mokės apskaičiuoti šaltinio skleidžiamą jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą.
- Mokės nustatyti jonizuojančios spinduliuotės, praėjusios pro tiriamosios medžiagos plokštelę, intensyvumą.
- Gebės paaiškinti, kaip pro plokštelę praėjusios jonizuojančios spinduliuotės intensyvumas priklauso nuo medžiagos tankio.

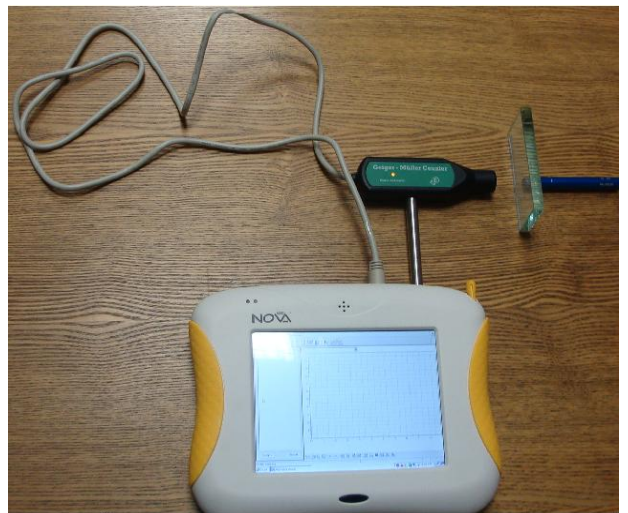
### Eksperimento priemonės:

- *Nova5000* su instaliuota *MultiLab* programine įranga;
- Geigerio ir Miulero skaitiklis;
- Gama spinduliuotės šaltinis *Americis – 241* (galimi ir kiti spinduliuotės šaltiniai);
- Skirtingo tankio, bet vienodo storio plokštelės (4–5 vienetai);
- Liniuotė.

### Darbo eiga:

#### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1 Prijunkite Geigerio ir Miulero skaitiklį prie *Nova5000* kompiuterio, laidą iš skaitiklio įjungdami į *Nova5000* I/O 1 lizdą. (1 pav.).
- 1.2 Nuimkite apsauginį dangtelį, uždėtą ant Geigerio ir Miulero skaitiklio
- 1.3 Tam tikru atstumu nuo skaitiklio padėkite jonizuojančios spinduliuotės šaltinį.
- 1.4 Paleiskite *MultiLab* programą *Nova5000* kompiuteryje.
- 1.5 *MultiLab* programinėje įrangoje spauskite *Profilis* → *Paleisti*.



1 pav. Eksperimento stendas

**Pastaba.** Jeigu *Nova5000* nemato Geigerio ir Miulero skaitiklio, reikia:

1. Paspausti *Sąrankos* mygtuką.
2. Atsidarius langui *Jutikliai*, nuimti žymėjimą ties *Automatinis Jutiklių Susekimas*.
3. *Įvesties* meniu 1 langelyje pasirinkti *GM skaitiklis 0-1024 Bq*.
4. Paspausti *OK*.

#### 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1 Išmatuokite aplinkos skleidžiamą gama spinduliuotę.
  - 2.1.1 *Nova5000* kompiuteryje atidarykite *MultiLab* programinę įrangą.
  - 2.1.2 *Sąrankos* meniu paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite *10 matavimų per sekundę*.
  - 2.1.3 Tame pačiame meniu paspauskite mygtuką *Matavimai* ir pasirinkite *2000*. Tuomet jūsų vieno matavimo trukmė bus 3 minutės 20 sekundžių.
  - 2.1.4 Paspauskite mygtuką *OK*. Pradėkite matavimus.
  - 2.1.5 Pasibaigus matavimui, eikite *Priemonės* → *Analizė* → *Statistika*.

- 2.1.6 Atsidariusiame lange suraskite įrašą *Suma*.
- 2.1.7 Skaičius, esantis prie *Suma* rodo impulsų skaičių  $N_0'$  per matavimo trukmę. Tai yra gamtinio fono sukeltų impulsų skaičius. Užsirašykite jį. Atlikto bandymo metu  $N_0' = 52$ .

- 2.2 Išmatuokite per plokštelę praėjusios gama spinduliuotės intensyvumą.
- 2.2.1 Padėkite gama spinduliuotės šaltinį 10 cm atstumu nuo Geigerio ir Miulerio skaitiklio, o tiriamosios medžiagos plokštelę – 5 cm atstumu nuo Geigerio ir Miulerio skaitiklio.
- 2.2.2 Pasirinkite tokį patį matavimų dažnį bei matavimų trukmę kaip I dalies 2 ir 3 punktuose.
- 2.2.3 Paspauskite mygtuką *OK*. Pradėkite matavimus.
- 2.2.4 Pasibaigus matavimui, nustatykite bendrą gamtinio fono ir per plokštelę praėjusios gama spinduliuotės sukeltą impulsų skaičių  $N'$ , kaip nurodyta I dalies 5 ir 6 punktuose. Užsirašykite jį.
- 2.2.5 Apskaičiuokite pro plokštelę praėjusios jonizuojančios spinduliuotės sukeltą impulsų skaičių  $N_i$  kaip
- $$N_i = N' - N_0'$$
- 2.2.6 Matavimus pakartokite su 4–5 skirtingo tankio, bet vienodo storio plokštelėmis. Atlikto bandymo metu plokštelių storis buvo 1 cm. Matavimo rezultatai pateikti 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybė nuo tiriamosios medžiagos tankio.

Bandymo numeris	Medžiagos pavadinimas	Medžiagos tankis, kg/m <sup>3</sup>	Impulsų skaičius su fono spinduliuote $N'$	Impulsų skaičius be fono spinduliuote $N_i$
1.	Medis	550	236	184
2.	Plastikas	640	220	168
3.	Popierius	700	207	155
4.	Stiklas	2500	151	99
5.	Geležis	7800	80	28

**Paklaidų įvertinimas:** Užrašykite atstumo tiesioginių matavimų paklaidą  $\Delta l = 0,5$  mm.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- apie tai, kuri iš tirtųjų medžiagų geriausiai sulaiko gama spinduliuotę;
- apie duotųjų medžiagų tankius;
- apie gama spinduliuotės intensyvumo priklausomybę nuo spinduliuotę sulaikančios medžiagos tankio.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite kaip yra skirstoma jonizuojanti spinduliuotė.	1. Jonizuojanti spinduliuotė yra skirstoma į alfa, beta ir gamą spinduliuotę.
2. Ką vadiname alfa, beta ir gama spinduliuote?	2. Alfa spinduliuotė – helio atomų branduolių srautas; beta spinduliuotė – greitai skriejančių elektronų srautas; gama spinduliuotė – labai trumpos elektromagnetinės bangos.
3. Kokiais vienetais matuojamas radiaktyviosios medžiagos branduolių aktyvumas SI	3. Bekereliais (Bq)



sistemoje?	
4. Kokiais prietaisais galima išmatuoti jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą?	4. Geigerio ir Miulero skaitiklio, Vilsono kamera.

### 3.5.2. JONIZUOJANČIOS SPINDULIUOTĖS PRIKLAUSOMYBĖS NUO MEDŽIAGOS STORIO TYRIMAS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 12 klasė.

#### 6. Modernioji fizika

##### Nuostatos

Jausti atsakomybę už gamtos išsaugojimą. Domėtis teigiamosiomis ir neigiamosiomis mokslo pažangos pasekmėmis. Mokslo pažangą vertinti įvairiapusiškai.

##### Esminis gebėjimas

Atpažinti ir analizuoti fotoelektrinių reiškinių taikymą buityje ir technikoje, paaiškinti radioaktyvumą ir branduolines reakcijas bei jų taikymą praktikoje.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
6.4. Paaiškinti radioaktyvumą kaip nestabiliųjų branduolių skilimą; skirti alfa, beta ir gama radioaktyviają spinduliuotę.	6.4.1. Apibūdinti radioaktyvumą kaip nestabiliųjų branduolių savybę, nusakyti alfa, beta ir gama radioaktyviają spinduliuotę. 6.4.2. Nurodyti pagrindinius prietaisus radioaktyviajai spinduliuotei matuoti. 6.4.4. Pateikti apsaugos nuo radioaktyviosios spinduliuotės būdų pavyzdžių.

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Jonizuojanti spinduliuotė būna trijų rūšių. Alfa spinduliai vadinami helio branduoliai. Ši spinduliuotė yra pati neskvarbiausia. Pro 0,1 mm storio popieriaus sluoksnį ji nepereina, tačiau veikia fotoplokštelę, jonizuoja dujas. Beta spinduliuotė – greitai skriejančių elektronų srautas. Elektronus gali sulaikyti tik kelių milimetrų storio aluminio plokštelė. Gama spinduliuotė savo savybėmis primena rentgeno spinduliuotę, tačiau yra skvarbesnė. Jos intensyvumą perpus sumažina 13 mm storio švino sluoksnis. Jonizuojančios spinduliuotės radioaktyvumo vienetas yra **bekerelis** *Bq*: vienas bekerelis parodo, kad per vieną sekundę suskilo vienas nestabilus branduolys.

#### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiamos tik reikalingos priemonės darbui atlikti. Darbo eigą mokiniai turėtų pasirinkti patys. Remdamiesi iškeltu tikslu mokiniai nustato, koks turi būti tiriamosios medžiagos storis, kad per jį praėjusios jonizuojančios spinduliuotės intensyvumas sumažėtų du kartus. Šitame apraše pateikiama darbo eiga yra skirta mokytojui.

Ekspertas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą *Nova5000*.

Darbą siūloma atlikti po mokymo apie alfa, beta ir gama spinduliuotę. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniam nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai nustatyti jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

#### EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Nustatyti gama spinduliuotės intensyvumo priklausomybę nuo tiriamosios medžiagos storio.

**Tyrimo hipotezė.** Storesnės medžiagos geriau sulaiko jonizuojančią spinduliuotę negu plonesnės medžiagos.

**Eksperto tikslas** – nustatyti, kaip kinta gama spinduliuotės intensyvumas didėjant medžiagos storiui.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos jonizuojančios spinduliuotės rūšis.
- Mokės išmatuoti aplinkos skleidžiamą jonizuojančią spinduliuotę.
- Mokės apskaičiuoti šaltinio skleidžiamą jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą.
- Mokės nustatyti jonizuojančios spinduliuotės, perėjusios pro tiriamosios medžiagos plokštelę, intensyvumą.
- Gebės paaiškinti, kaip per plokštelę praėjusios jonizuojančios spinduliuotės intensyvumas priklauso nuo storio.
- Gebės nubrėžti jonizuojančios spinduliuotės priklausomybės nuo medžiagos storio grafiką.

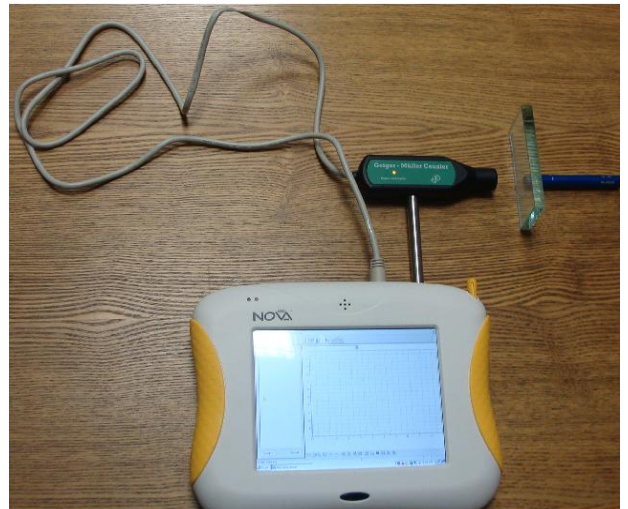
### Eksperimento priemonės:

- *Nova5000* su instaliuota *MultiLab* programine įranga;
- Geigerio ir Miulero skaitiklis;
- Gama spinduliuotės šaltinis *Americis – 241* (galimi ir kiti spinduliuotės šaltiniai);
- Tos pačios medžiagos skirtingo storio plokštelės (7–10 vienetų);
- Liniuotė.

### Darbo eiga:

#### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1 Prijunkite Geigerio ir Miulero skaitiklį prie *Nova5000* kompiuterio, laidą iš skaitiklio įjungdami į *Nova5000* I/O 1 lizdą. (1 pav.).
- 1.2 Nuimkite apsauginį dangtelį, uždėtą ant Geigerio ir Miulero skaitiklio
- 1.3 Tam tikru atstumu nuo skaitiklio padėkite jonizuojančios spinduliuotės šaltinį.
- 1.4 Paleiskite *MultiLab* programą *Nova5000* kompiuteryje.
- 1.5 *MultiLab* programinėje įrangoje spauskite *Profilis* → *Paleisti*.



1 pav. Eksperimento stendas

**Pastaba.** Jeigu *Nova5000* nemato Geigerio ir Miulero skaitiklio, reikia:

1. Paspausti *Sąrankos* mygtuką.
2. Atsidarius langui *Jutikliai*, nuimti žymėjimą ties *Automatinis Jutiklių Susekimas*.
3. Įvesties meniu 1 langelyje pasirinkti *GM skaitiklis 0-1024 Bq*.
4. Paspausti *OK*.

#### 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1 Išmatuokite aplinkos skleidžiamą gama spinduliuotę.
  - 2.1.1 *Nova5000* kompiuteryje atidarykite *MultiLab* programinę įrangą.
  - 2.1.2 *Sąrankos* meniu paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite *10 matavimų per sekundę*.
  - 2.1.3 Tame pačiame meniu paspauskite mygtuką *Matavimai* ir pasirinkite *2000*. Tuomet jūsų vieno matavimo trukmė bus 3 minutės 20 sekundžių.
  - 2.1.4 Paspauskite mygtuką *OK*. Pradėkite matavimus.
  - 2.1.5 Pasibaigus matavimui, eikite *Priemonės* → *Analizė* → *Statistika*.

- 2.1.6 Atsidariusiame lange suraskite įrašą *Suma*.  
 2.1.7 Skaičius, esantis prie *Suma* rodo impulsų skaičių  $N_0'$  per matavimo trukmę. Tai yra gamtinio fono sukeltų impulsų skaičius. Užsirašykite jį. Atlikto bandymo metu  $N_0' = 52$ .

- 2.2 Išmatuokite jonizuojančios spinduliuotės šaltinio skleidžiamą spinduliuotę.  
 2.2.1 Padėkite gama spinduliuotės šaltinį 10 cm atstumu nuo Geigerio ir Miulerio skaitiklio.  
 2.2.2 Pasirinkite tokį patį matavimų dažnį bei matavimų trukmę kaip I dalies 2 ir 3 punktuose.  
 2.2.3 Paspauskite mygtuką *OK*. Pradėkite matavimus.  
 2.2.4 Pasibaigus matavimui, nustatykite bendrą gamtinio fono ir gama spinduliuotės šaltinio sukeltą impulsų skaičių  $N$ , kaip nurodyta I dalies 5 ir 6 punktuose.  
 2.2.5 Skaičius, esantis prie *Suma* rodo impulsų skaičių  $N$  per matavimo trukmę. Tai yra bendras gamtinio fono ir gama spinduliuotės šaltinio sukeltas impulsų skaičius. Užsirašykite jį.  
 2.2.6 Apskaičiuokite jonizuojančios spinduliuotės sukeltų impulsų skaičių  $N_0$  kaip

$$N_0 = N - N_0'$$

- 2.3 Išmatuokite gama spinduliuotės intensyvumo priklausomybę nuo tiriamosios medžiagos storio.  
 2.3.1 Padėkite gama spinduliuotės šaltinį 10 cm atstumu nuo Geigerio ir Miulerio skaitiklio, o tiriamosios medžiagos plokštelę 4 – 5 cm atstumu nuo Geigerio ir Miulerio skaitiklio. Atlikto darbo metu naudotos stiklo plokštelės.  
 2.3.2 Išmatuokite plokštelės storį.  
 2.3.3 Pasirinkite tokį patį matavimų dažnį bei matavimų trukmę kaip I dalies 2 ir 3 punktuose.  
 2.3.4 Paspauskite mygtuką *OK*. Pradėkite matavimus.  
 2.3.5 Pasibaigus matavimui, nustatykite bendrą gamtinio fono ir per plokštelę praėjusios jonizuojančios spinduliuotės sukeltą impulsų skaičių  $N'$ , kaip nurodyta I dalies 5 ir 6 punktuose. Užsirašykite jį.  
 2.3.6 Apskaičiuokite pro plokštelę praėjusios jonizuojančios spinduliuotės sukeltų impulsų skaičių  $N_i$  kaip

$$N_i = N' - N_0'$$

- 2.3.7 Matavimus pakartokite 7–10 kartų, kiekvieną kartą didindami medžiagos storį 5–10 mm.  
 2.3.8 Matavimų rezultatus surašykite į lentelę.

Bandymo numeris	Medžiagos storis $x$ , cm	Bendras gamtinio fono ir jonizuojančios spinduliuotės šaltinio sukeltas impulsų skaičius $N'$	Jonizuojančios spinduliuotės impulsų skaičius $N_i$
1.	0,0	232	180
2.	1,0	145	93
3.	2,0	111	59
4.	3,0	103	51
5.	4,0	96	44
6.	5,0	85	33
7.	6,0	72	20
8.	7,0	68	16

**Paklaidų įvertinimas:** Užrašykite medžiagos storio tiesioginių matavimų paklaidą  $\Delta x = 0,5$  mm.

2.4 Jonizuojančios spinduliuotės impulsų skaičiaus priklausomybės nuo medžiagos storio gavimas.


2.4.1 Atsidarykite naują langą duomenims surašyti, paspaudę mygtuką 

2.4.2 Nuspauskite mygtuką Priemonės, tuomet eikite į skiltį *Pridėti stulpelį* → *Įterpti stulpelį* rankiniu būdu.

2.4.3 Atsidariusio lango viršutiniame stulpelyje įrašykite *Storis*, o apatiniame stulpelyje - cm. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.

2.4.4 Dar kartą pakartokite 2 ir 3 punktus. Atsidariusio lango viršutiniame stulpelyje įrašykite *Impulsų skaičius*. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.

2.4.5 Sukurtos lentelės pirmame stulpelyje surašykite išmatuotus medžiagos storius, o antrame stulpelyje – jonizuojančios spinduliuotės impulsų vertes.

2.4.6 Nuspauskite grafiko redagavimo mygtuką .

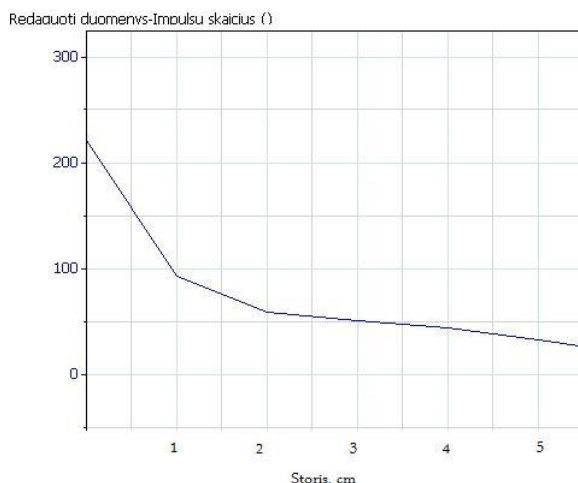
2.4.7 Atsidariusiame lange pasirinkite *X* ašis → *Redaguoti duomenys* → *Storis*.

2.4.8 Pasirinkite *Linijos* → *Redaguoti duomenys* → *Storis*.

2.4.9 Nuimkite pažymėjimą nuo *Automatiškai*, pasirinkti intervalo ribas nuo 0 iki 7.

2.4.10 Spausti mygtuką *OK*.

2.4.11 Gaukite jonizuojančios spinduliuotės impulsų skaičiaus priklausomybės nuo medžiagos storio grafiką (2 pav.).



**2 pav.** Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybės nuo medžiagos storio grafikas

### Mokiniai padaro išvadas:

- kokių šaltinių skleidžiamą spinduliuotę fiksuoja Geigerio ir Miulero skaitiklis;
- kaip reikia įvertinti spinduliuotės šaltinio skleidžiamą spinduliuotę;
- apie jonizuojančios spinduliuotės intensyvumo priklausomybę nuo spinduliuotės sulaikančios medžiagos storio.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite kaip yra skirstoma jonizuojanti spinduliuotė.	1. Jonizuojanti spinduliuotė yra skirstoma į alfa, beta ir gama spinduliuotę.
2. Kuri jonizuojanti spinduliuotė yra skvarbiausia?	2. Gama spinduliuotė, nes jai sulaikyti reikalingas storiausias medžiagos sluoksnis.
3. Kaip galima sumažinti spinduliuotės intensyvumą?	3. Parinkti storesnį ekranuojančios medžiagos sluoksnį arba paimti tokio paties storio tankesnę medžiagą.
4. Kokiais prietaisais galima išmatuoti jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą?	4. Geigerio ir Miulero skaitikliu, Vilsono kamera.

## IV. TARPDALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI

### 4.1. BAKTERIJŲ BUVIMO NUSTATYMAS PAGAL JŲ GAMINAMŲ PORFIRINŲ SUGERTIES SPEKTRUS

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

9. Šiuolaikiniai tyrimo metodai	
<b>Nuostata</b> Kūrybingai ir saugiai tyrinėti gamtos reiškinius.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Apibūdinti chemijoje taikomus tyrimo metodus.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
9.2. Apibūdinti medžiagų sandaros tyrimo metodus.	9.2.5. Pateikti pavyzdžių, kaip fizikiniai medžiagų tyrimo metodai taikomi praktikoje.

#### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Biologija. Išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

1. Metodologiniai biologijos klausimai	
<b>Nuostata</b> Įvairiais metodais tyrinėti biologinius reiškinius ir procesus.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinius metodus ir biologijos atradimų reikšmę.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
1.3. Taikyti matematikos ir informacijos paieškos žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir problemoms spręsti.	1.3.1. Tiksliai atlikti matavimus, apibendrinti ir pateikti gautus rezultatus. Apskaičiuoti procentus, vidurkius, santykius. Užrašyti gautus rezultatus, apdoroti juos statistikai ir pavaizduoti naudojantis kompiuterinėmis technologijomis.
5. Žmogaus sveikata	
<b>Nuostata</b> Saugoti savo ir kitų žmonių sveikatą.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Paašškinti aplinkos ir nuo žmogaus priklausančių veiksnių įtaką žmogaus sveikatai.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
5.4. Apibūdinti, kaip žmogaus organizmas yra prisitaikęs apsisaugoti nuo žalingo mikroorganizmų poveikio, ir išvardyti profilaktikai naudojamas priemones.	5.4.2. Apibūdinti bakterijų dauginimuisi įtakos turinčius veiksnius. Nagrinėjant praktinius pavyzdžius aiškinti mikroorganizmų kultūrų auginimą ir panaudojimą biotechnologijose.
7. Evoliucija ir ekologija	
<b>Nuostatos</b> Suprasti, kad biologinę įvairovę lemia genai ir aplinka. Suvokti, kad gamta yra vientisa ir darniai veikianti sistema.	
<b>Esminiai gebėjimai</b> Apibūdinti paveldimąjį kintamumą, gamtinę atranką ir jos reikšmę evoliucijai. Apibūdinti organizmų sisteminimo reikšmę tyrinėjant gyvąją gamtą.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
7.2. Paašškinti, kad naujos rūšies atsiradimas yra evoliucijos	7.2.1. Apibūdinti rūšį kaip visumą individų, kurie gali gyventi tam tikromis aplinkos sąlygomis (rūšies



rezultatas.

ekologinėje nišoje), kryžmintis tarpusavyje ir palikti vaisingų palikuonių.

## LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Porfirinai priklauso heterociklinių aromatinių junginių klasei. Porfirino molekulės pagrindą sudaro keturi pirolo žiedai, sudaryti iš keturių anglies ir vieno azoto atomo, ir tarpusavyje sujungti metino tilteliais. Pavyzdžiui, kraujo hemo prekursoriaus protoporfirino IX molekulę sudaro tetrapirolinis žiedas, prie kurio šonų prisijungę -C<sub>2</sub>H<sub>3</sub> (-vinilo), -CH<sub>3</sub> (-metilo), (-CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>COOH (-propionilo) radikalai (1A pav.). Porfirinai intensyviai sugeria šviesą mėlynojoje spektrinėje srityje. Intensyviausia protoporfirino IX sugerties juosta yra trumpųjų bangų srityje, kurios smailė lokalizuota ties 400 nm (1B pav.).

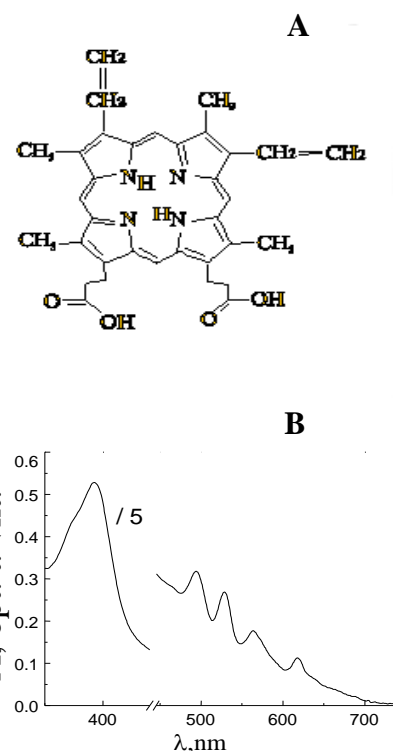
Endogeniniai porfirinai sėkmingai panaudojami sveikų ir bakterijų pažeistų audinių (uždegimo) diagnostikai. Pavyzdžiui, anaerobinės bakterijos *Propionibacterium acnes* gyvena ant gyvūnų odos ir normaliomis sąlygomis nėra kenksmingos. Tačiau kai kurie bakterijų štamai odoje sukeldami spuogus taip pat gamina ir endogeninius porfirinus, daugiausia protoporfirino IX. Spektroskopiniu metodu nustatius porfirinų kiekį odoje, galima įvertinti bakterijų gausą. Didelis bakterijų skaičius (daug porfirinų) rodo, kad vyksta uždegimas, kurį reikia gydyti. Šios bakterijos nėra vienintelė spuogų priežastis. Spuogai atsiranda užsikimšus riebalų liaukoms bei plaukų maišeliams. Spuogų atsiradimo priežastys gali būti įvairios: minėtas aukščiau bakterinis užkrėtimas, genetinės, hormoninės (paauglystės spuogai), psichologinės (dėl didelio streso ir galbūt priklauso nuo nepilnavertės mitybos).

Gyvūno, pavyzdžiui kiaulės, odą galima dirbtinai laikyti sąlygose, tinkamose šioms bakterijoms augti. Tokiu būdu išaugs daug bakterijų, jos gamins daug porfirinų, kuriuos bus galima aptikti kiaulės odoje, o taip pat ir odos mėginio inkubacijos terpėje (toliau – mėginio terpėje).

Šiame darbe naudodami sugerties spektroskopijos metodiką, atliksite tiriamojo audinio – kiaulės odos – mėginio inkubacijos terpės sugerties spektrų matavimus.

Porfirino nustatymui tirpale naudojamas fizikinis metodas vadinamas sugerties spektroskopija. Šviesai sklindant nevisiškai skaidria medžiaga, dalis šviesos yra sugeriama, todėl mažėja jos intensyvumas ir keičiasi spektrinė sudėtis. Šviesos intensyvumas rodo šviesos šaltinio skleidžiamą galią į tam tikrą ploto vienetą, o jo matavimo vienetas yra kandela (cd). Jei visų bangos ilgių šviesa sugeriama vienodai, tai tokia sugertis vadinama *paprastąja*. Paprastoji sugertis nekeičia šviesos spektrinės sudėties, tačiau keičia jos intensyvumą, kuris, sklindant medžiaga, palaipsniui mažėja. Jei skirtingo bangos ilgio šviesa sugeriama skirtingai, tada sugertis vadinama *atrankiąja*. Atrankioji sugertis keičia šviesos spektrinę sudėtį. Taip yra todėl, kad medžiagos atomai ir molekulės nevienodai sugeria skirtingo bangos ilgio šviesą. Dėl atrankiosios sugerties balta šviesa, praėjusi per medžiagos sluoksnį, tampa spalvota. Ištyrę per medžiagą praėjusios šviesos spektrinę sudėtį, galime nustatyti kokius atomai ir molekulės sudaro medžiagą, kokius procesai vyksta medžiagoje. Toks tyrimo metodas vadinamas *optine spektroskopija*.

Pagrindinį šviesos sugertį aprašantį dėsnį 1729 m. eksperimentiškai nustatė prancūzų mokslininkas P. Bugasas, o teoriškai 1760 m. pagrindė vokiečių mokslininkas J. Lambertas.



1 pav. Protoporfirino IX struktūrinė formulė (A) bei sugerties spektras (B) ( $C = 1,16 \cdot 10^{-5}$  mol/l,  $l = 10$  mm tirpinta etanolyje).

1852 m. A. Beras tyrinėdamas šviesos sugertį tirpaluose pastebėjo, kad silpnųjų elektrolitų tirpalų monochromatinės šviesos sugerties koeficientas yra tiesiog proporcingas tirpalo koncentracijai:

$$I = I_0 e^{-k_\lambda \cdot c \cdot l} ; \quad (1)$$

čia  $I$  yra perėjusios per medžiagą šviesos intensyvumas, kai kritusios šviesos intensyvumas buvo  $I_0$ ,  $e$  yra natūrinio logaritmo pagrindas,  $c$  yra tirpalo koncentracija,  $k_\lambda$  – molekulinis sugerties koeficientas,  $\lambda$  – šviesos bangos ilgis.

Atvirkščio dydžio pralaidumo faktoriui dešimtainis logaritmas yra vadinamas medžiagos sluoksnio *optiniu tankiu*: Atlikę matematinius pertvarkymus ir koncentracijos matavimo vienetais pasirinkę mol/l (M), gausime lygtį optiniam tankiui  $A$  skaičiuoti:

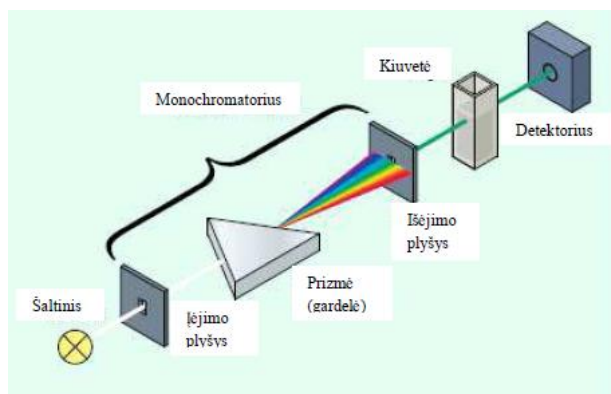
$$\lg \frac{I}{I_0} = -\lg T = \varepsilon \cdot c \cdot l = A ; \quad (2)$$

čia  $\varepsilon$  – molinis sugerties koeficientas [ $l / (\text{mol} \cdot \text{cm})$ ] arba [ $M^{-1} \text{cm}^{-1}$ ].

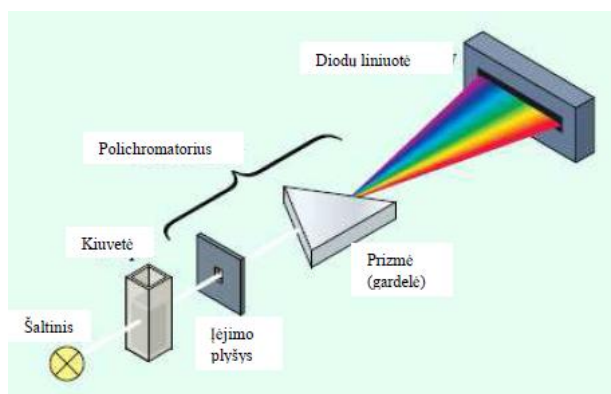
Galutinė lygtis, naudojama optiniam tankiui  $A$  skaičiuoti, yra ši:

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l \quad (3)$$

Prietaisas skirtas šviesos spektrams registruoti vadinamas *spektrometru*. Standartinio spektrometro, skirto pralaidumo spektrams tirti, optinė schema pavaizduota 2 paveiksle. Pagrindiniai tokio spektrometro komponentai yra: plataus spektro šviesos šaltinis, monochromatorius, kiuvetė su tiriamu tirpalu ir šviesos intensyvumo detektorius. Monochromatorius yra skirtas iš plataus šviesos šaltinio spektro išskirti reikiamo bangos ilgio šviesą, kuri per galinį plyšį nukreipiama į tiriamą bandinį. Pagrindinis monochromatoriaus elementas yra prizmė arba difrakcinė gardelė, kuri išskleidžia baltą šviesą į spektrą. Sukant prizmę (difrakcinę gardelę) galima į išėjimo plyšį nukreipti reikiamo bangos ilgio baltos šviesos spektro dalį. Krentančios į kiuvetę ir praėjusios per kiuvetę šviesos intensyvumas, kurio vertė rodoma prietaiso ekrane arba su prietaisu sujungtame kompiuteryje, registruojamas detektoriumi. 2 paveiksle parodytu spektrometru kiekvienu laiko momentu registruojamas tik vieno bangos ilgio šviesos intensyvumas. Norint užregistruoti visą praėjusios šviesos spektrą, reikia keisti iš monochromatoriaus išeinančios šviesos bangos ilgį, ir atlikti matavimus iš eilės keletui bangos ilgių. Spektrometruose, kuriuose detektorius yra fotodiodų liniuotė, visas spektras registruojamas iš karto, kadangi į detektoriaus atskirus elementus patenka tiriamos šviesos spektro skirtingo bangos ilgio šviesa. Spektrometro su diodų liniuote optinė schema pavaizduota 3 paveiksle.



2 pav. Standartinio spektrometro optinė schema.



3 pav. Spektrometro su diodų liniuote optinė schema

Spektrometrijoje prietaisu matuojamas dydis yra santykis šviesos intensyvumo  $I$ , praėjusio per kiuvetę su tiriamuoju tirpalu, ir šviesos intensyvumo  $I_0$ , praėjusio per tokią pat kiuvetę su tirpikliu. Įprasta, kad prietaisas perskaičiuoja gautą vertę, pateikdamas rezultata kaip optinį tankį  $A$ . Toks pakeitimas yra prasmingas, nes, optinis tankis yra adityvus dydis: dviejų tirpalų mišinio optinis tankis lygus sumai kiekvieno mišinio optinių tankių:

$$A_{1+2} = A_1 + A_2 \quad (4)$$

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip struktūruotas tyrinėjimas. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi išskeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą Xplorer GLX (toliau GLX) bei jutiklį – spektrometrą. Mokiniai susipažįsta su spektrometro veikimo principu ir jo naudojimu. Atlikę sugerties spektrų matavimus geba įvertinti bakterijų buvimą ant odos paviršiaus. Iš sugerties spektrų mokiniai gebės nustatyti porfirinų koncentraciją tiriamajame mėginyje.

Kadangi eksperimento rezultatai mokiniam nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskutuoti grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas gali būti atliekami grupelėmis po 3–5 mokinius. Taupant pamokos laiką, siūloma kiekvienai grupei tirti odos gabaliukus, laikytus skirtingomis sąlygomis, o darbo rezultatus aptarti ir apibendrinti bei suformuluoti išvadas bendrai.

Šį laboratorinį darbą galima atlikti kaip IV lygmens tyrinėjimą. Jį galima siūlyti kaip baigiamąjį tiriamąjį darbą arba kaip projektinį darbą suformuluojant tyrimo problemą.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip nustatyti, ar yra bakterijų ant odos paviršiaus ir kiek.

**Eksperimento tikslas** – spektrometru nustatyti, ar yra bakterijų ant odos paviršiaus.

**Tyrimo hipotezė.** Odą laikant aplinkoje, tinkamoje bakterijoms augti, bakterijų turėtų išaugti daugiau negu aplinkoje, nepalankioje bakterijų dauginimuisi.

### Laukiami rezultatai:

- Išmoks naudotis spektrometru.
- Išmoks matuoti tirpalų sugerties spektrus.
- Gebės spektrometru išmatuoti porfirinų koncentraciją mėginio inkubacijos terpėje.
- Palygins bakterijų susintetintų porfirinų koncentraciją, kai oda laikoma skirtingose inkubacijos terpėse (vandenyje, etanolyje, kosmetiniame valiklyje, NaCl tirpale).

### Eksperimento priemonės ir reagentai:

- Xplorer GLX;
- UV-VIS spektrofotometras „Ocean Optics Red Tide USB 650“;
- $l = 1$  cm optinio kelio kiuvetės;
- Gyvūno (pvz., kiaulės) odos gabalėliai;
- Cheminės stiklinės;
- Pipetė (1 ml);
- Matavimo cilindras (iki 100 ml);
- Svarstyklės;
- Distiliuotas vanduo;
- 5, 10, 15 ir 20% NaCl tirpalas;
- Kosmetinis odos valiklis;
- Etanolis.

## Darbo eiga

### Darbo užduotys:

1. Paruošti odos mėginius.
2. Odos mėginius paveikti i) priemonėmis, stabdančiomis bakterijų augimą; ir ii) distiliuotu vandeni.
3. Paruošti darbui spektrometrą.
4. Išmokti dirbti su spektrometru, užregistruoti sugerties spektrus.
5. Išmatuoti visų odos mėginių inkubacijos terpės sugertį praėjus 24–48 val po inkubacijos.
6. Išmokti grafiškai pateikti / atvaizduoti tirtų mėginių sugerties spektrus.
7. Grafike atpažinti biologinių chromoforų – tarp jų ir endogeninių porfirinų – sugerties juostas.
8. Išmokti nustatyti endogeninių porfirinų sugerties maksimumo bangos ilgį.
9. Palyginti skirtingų odos mėginių inkubacijos terpės sugertį: i) endogeninių porfirinų sugerties intensyvumą; ii) kitų endogeninių chromoforų sugerties juostų intensyvumą.

### 1. Odos mėginių paruošimas.

- 1.1. Pasigaminkite  $w(\%) = 5\%$ ,  $10\%$ ,  $15\%$  ir  $20\%$  NaCl (valgomosios druskos) tirpalus. Procentinė koncentracija  $w$  parodo, kiek gramų ištirpusios druskos yra šimte gramų tirpalo (tirpinio + tirpiklio).

$$w(\%) = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{m_{\text{tirpalo}}} \times 100\% = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{m_{\text{tirpinio}} + m_{\text{tirpiklio}}} \times 100\% \quad (5)$$

Druskos tirpiklis – distiliuotas vanduo. 1 lentelėje pateikiama sausos druskos masė ir distiliuoto vandens tūris, reikalingas atitinkamam procentinės koncentracijos  $w$  tirpalui pagaminti.

**1 lentelė.** NaCl masė ir distiliuoto vandens tūris, reikalingas tirpalams pagaminti.

$w, \%$	Tirpinio (druskos) masė g	Tirpiklio (distiliuoto vandens) tūris, ml
5	5	95
10	10	90
15	15	85
20	20	80

Druskos tirpalų gamyba.

- 1.1.1. Pasverkite 5 g druskos.
- 1.1.2. Druską supilkite į 100 ml talpos stiklinę.
- 1.1.3. Matavimo cilindru pamatuokite 95 ml distiliuoto vandens ir įpilkite į stiklinę su druska.
- 1.1.4. Stikline lazdele išmaišykite stiklinės turinį.
- 1.1.5. Tokiu pat eiliškumu pagaminkite ir kitus  $10\%$ ,  $15\%$  ir  $20\%$  druskos tirpalus.
- 1.2. Tiriamąją kiaulės odos dalį supjaustykite į septynis vienodo dydžio ( $\sim 3 \times 3 \text{ cm}^2$ ) mėginius.
- 1.3. Į pirmą cheminę stiklinę įpilkite 50 ml distiliuoto vandens; į antrą – 50 ml etanolio, į trečią – 50 ml pasirinkto kosmetikos valiklio, į 4, 5, 6 ir 7-tąją stiklines – atitinkamai po 50 ml  $5\%$ ,  $10\%$ ,  $15\%$  ir  $20\%$  NaCl tirpalus. Pažymėkite / sunumeruokite stiklines.
- 1.4. Odos gabalėlius pamerkite į tirpalą. Į kiekvieną stiklinę įdėkite po vieną odos mėginį. Odos mėginys turi būti gerai apsemtas skysčiu. Mėginius laikykite užsukame inde, kadangi jis turės specifinį blogą kvapą dėl joje esančių amoniako darinių – aminų.
- 1.5. Odos mėginius laikykite 24–48 val.  $20\text{--}24^\circ\text{C}$  temperatūroje.
- 1.6. Jei mėginiai neskaidrūs, juos nufiltruokite. Filtravimui paruošiama kita stiklinė, į kurią

įstatomas piltuvėlis su filtravimo popieriumi, sudrėkintu ekstrahavimui naudotu tirpikliu. Į paruoštą stiklinę su piltuvėliu pilamas tirpalas.

## 2. Aparatūros sujungimas ir testavimas.

2.1. Sujunkite aparatūrą, kaip pavaizduota 4 paveiksle: įjunkite

GLX paspausdami (⏻) mygtuką prietaiso dešinėje, apačioje. USB laidu prijunkite spektrometrą prie GLX. Prijunkite maitinimo bloką, kai GLX programa aptinka Ocean Optics spektrometrą.

2.2. GLX reikalauja specialios licenzijos darbu su Ocean Optics spektrometru. Įdiegus licenziją, jos

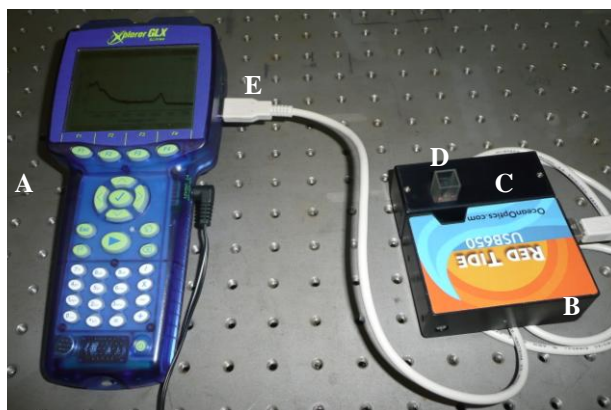
įdiegti kiekvieną kartą dirbant su spektrometru nereikia. Licenzija, įrašyta USB atmintinėje, pateikiama kartu su spektrometru. Licenzijos įdiegimas: USB atmintinė, kurioje įrašytas licenzijos failas, prijunkite prie GLX; ekrane pasirodys užrašas „Čia yra Ocean Optics licenzija. Ar norėtumėte ją įdiegti?“ (*There is a license available for 'Ocean Optics Spectrometer. Would you like to add a license to this GLX?*). Sutikdami spauskite (F1). Ekrane atsiras žinutė: „Sėkmingai įdiegta licenzija“ (*Successfully added license for Ocean Optics Spectrometer*). Dar kartą

spauskite (F1). Prijungus spektrometrą, išsižiebia šviesos šaltinis ir atsiranda instaliavimo langas (*Ocean Optics Initializing...*) (5 pav.). GLX spektrometrą atpažįsta automatiškai. Po kelių sekundžių spektrometras paruoštas darbui.

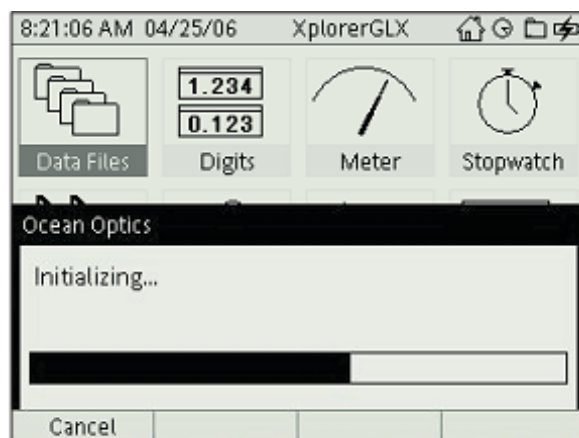
2.3. GLX ekrane atsiranda spektrometro „Nustatymai“ (*Analysis Configuration*) režimas (6 pav.).

2.4. Paspauskite varnelę (✓), kai pažymėta „Integravimo laikas“ (*Integration time*) ir nustatykite 15 ms. Paspaudus varnelę dar kartą, reikšmė užfiksuojama.

2.5. Paspauskite varnelę, kai pažymėta „Vidurkis“ (*Average*) ir nustatykite 5.




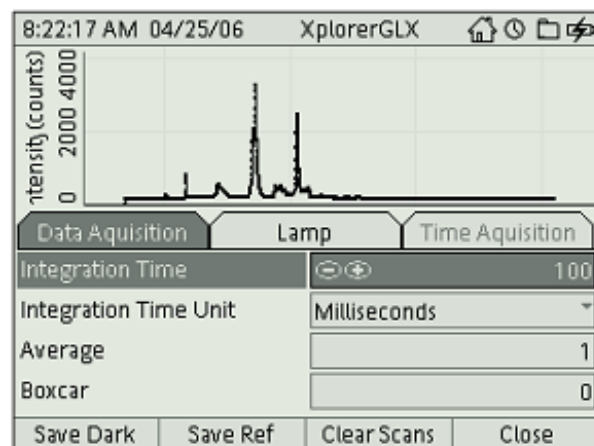
4 pav. Spektrometro instaliavimo langas



5 pav. Spektrometro *Analysis Configuration* režimas.




- 2.6. Rodykle į dešinę (  ) nueikite į lempą „Lampa“ (*Lamp*).
- 2.7. Varnelės pagalba nustatykite, kad pirmose dviejose eilutėse parodytos lempos būtų įjungtos (*ON*).
- 2.8. Į spektroskopo angą įdėkite juodą kiuvetę ir paspauskite mygtuką *F1*, „Išsaugoti tamsų“ (*Save dark*) (Pav. 6).
- 2.9. Įpilkite į matavimo kiuvetę 1 ml tirpiklio (70 % etanolio). Reikia pilti tokio tirpiklio, kuriuo buvo užpilti odos mėginiai.
- 2.10. Išimkite juodą kiuvetę ir įdėkite kiuvetę su etanolium. Kiuvetę reikia dėti taip, kad skaidri sienelė būtų atkreipta į lempą (Pav. 7).






6 pav. Spektrometro „Nustatymai“ (*Analysis Configuration*) režimas.


- Šiuo atveju šviesos kelio ilgis  $l$  yra lygus 1 cm. Jei kiuvetę įdėtumėte plokštuma  $a$  atgręžta į lempą,  $l$  bus lygus 0,5 cm. Atitinkamai gautą optinio tankio vertę reikės padauginti iš 2.
- 2.11. Paspauskite *F2*, „Išsaugoti atraminį signalą“ (*Save ref*) (Pav. 6).
  - 2.12. Paspauskite *F4*, „Uždaryti“ (*Close*) ir uždarysite langą.
  - 2.13. Mygtukais *F1* ir *F2* sukalihravote spektroskopą. Jei matavimų metu signalo nėra ar iškilo kita

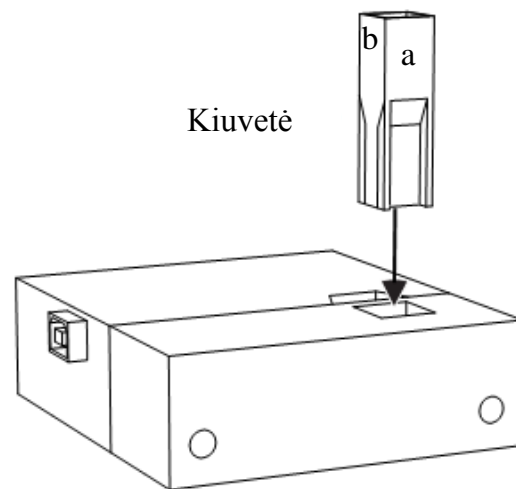
problema, spauskite , „Išvalyti“ (*Clear Scan*), kad viską išvalytumėte. Kalibruokite iš naujo.

- 2.14. Darbo metu norėdami dar kartą patekti į spektrometro Nustatymus (*Analysis Configuration*) režimą:

spauskite  + , atsiras „Grafinio atvaizdavimo“ langas.



Spauskite , ir atidarykite „Įrankius“ (*Tools*).

Naudodami rodyklinius klavišus eikite žemyn ir pasirinkite „Spekto analizės konfigūracija“ (*Spectrum Analysis Config*) ir spauskite varnelę .




7 pav. Kiuvetės padėtis spektrometre.

### 3. Mėginių spektro matavimas


- 3.1. Paspaudus *F4*, automatiškai atsiranda grafinio vaizdo (*Graph screen*) atvaizdavimo langas. Tai pagrindinis jūsų darbo langas, kuriame galėsite matuoti tirpalų pralaidumo spektrus.
- 3.2. Du kartus paspauskite varnelę  ir rodyklių pagalba nustatykite, kad Y ašyje rodytų pralaidumą (*Transmission*).
- 3.3. Spauskite , ir bus matuojamas spektras.




- 3.4. Dar kartą spauskite , kad sustabdytumėte matavimą.
- 3.5. Norėdami išdidinti dominančią spektro dalį (400 – 500 nm), spauskite *F2*, reiškiantį „Skalė / patraukti“ (*Scale / Move*).

Rodyklėmis  spektrą išdidinkite.

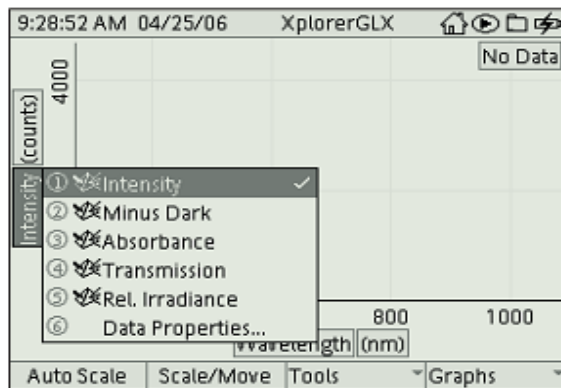
- 3.6. Norėdami reikiamą spektro dalį pastumti į ekrano vidurį, antrą kartą spauskite *F2* ir rodyklėmis spektrą pastumkite, kur reikia.

- 3.7. Paspauskite *F3*, „Įrankiai“ (*Tools*) ir išsirinkę „Protingi įrankiai“ (*Smart tools*), paspauskite varnelę .

Atsiras rutuliukas, rodantis X ir Y vertes. Rodyklėmis  nueikite ant dominančio spektro smailės (tarkim 415 nm), ir ekrane matysite optinio tankio vertę.

Skirtingų mėginių optinio tankio vertes užsirašykite. Pagal tai galima spręsti, kokiomis sąlygomis bakterijos auga ir gamina porfirinus, o kokiomis žūna ir porfirinų negamina.

- 3.8. Išmatuota sugertis *A* (matuojama optinio tankio vienetais) turi neviršyti 1.2. Jei yra daugiau, mėginį reikia skiesti. Tarkim, gavome kad *A* yra 4. Mėginį reikės skiesti 4 kartus: paimti 1 dalį turimo mėginio ir į jį įpilti 3 dalis tirpiklio (etanolio).

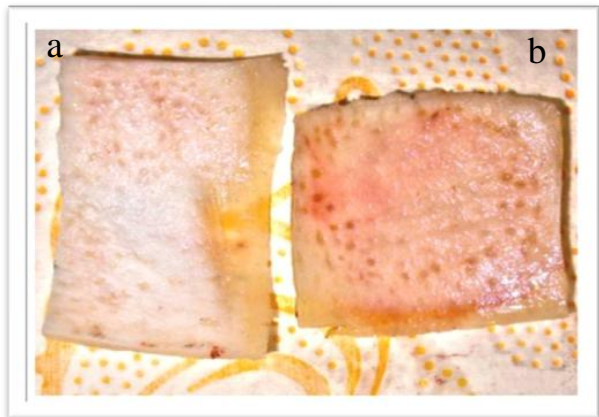


8 pav. Matavimų režimo grafinis langas.

#### 4. Rezultatų analizė.

9 paveiksle pateiktos odos mėginių, inkubuotų etanolyje (a) ir vandenyje (b), nuotraukos. Palyginkime šių mėginių terpės sugerties spektrus.

Kiekybiškai palyginus porfirinų koncentraciją, gavome, jog porfirinų daugiausia yra distiliuotame vandenyje, o kosmetiniame valiklyje ar etanolyje- mažiau (2 lentelė). Taip pat didesnės koncentracijos NaCl tirpale porfirinų yra mažiau nei mažos koncentracijos NaCl tirpale. Galime teigti, kad porfirinus pagamina bakterijos, esančios kiaulės odos mėginyje. Todėl iš spektrinių rezultatų (tikriausiai ir iš mėginio kvapo) galime spręsti apie didelę bakterijų koncentraciją distiliuotame vandenyje inkubuotame kiaulės odos mėginyje. Valgomoji druska taip pat yra priemonė, apsauganti nuo bakterijų dauginimosi ir porfirinų gamybos. Būtent todėl vienas iš mėsos apdorojimo būdų yra jos sūdyimas.



9 pav. Odos mėginiai, po inkubacijos etanolyje (a) ir distiliuotame vandenyje (b).

Pagal spektro formą išmatuotų odos mėginių terpės sugerties spektrai yra panašūs 330–400 nm (UV) ir 600–800 nm (raudonojoje) spektrinėje srityje. Plačias sugerties juostas UV spektrinėje srityje galima priskirti odos lipopigmentų ar baltymų sugerčiai. Raudonojoje spektrinėje srityje odos mėginių terpės sugerties juostų intensyvumas mažėja ir ties 800 nm tampa lygus nuliui. Tačiau palyginus odos mėginių inkubuotų etanolyje (spirite) ir vandenyje sugertį regimojoje spektrinėje srityje matyti, kad vandenyje yra ištirpęs chromoforas, pasižymintis intensyvia sugerties juosta ties 415 nm ir silpniau išreikštomis sugerties juostomis ties 535 ir 571 nm (10 pav.), kurios priskiriamos kraujo gamybos metu susidarantiems tarpiniams produktams. Galime daryti išvadą, kad 415 nm bangos ilgio smailė rodo porfirinų buvimą tirpale.

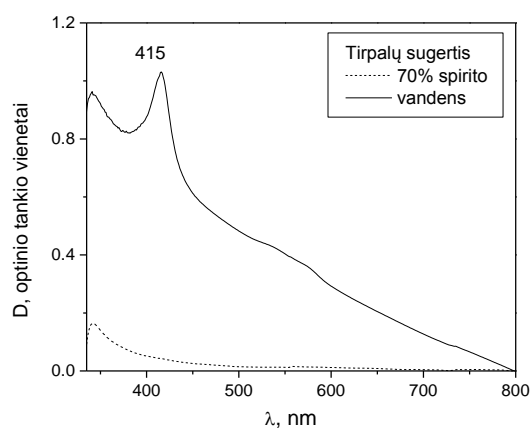
**2 lentelė.** Odos apdorojimo terpės mėginių spektrinių matavimų rezultatai.

	Inkubacijos trukmė	1 val.	24 val.
Eil. Nr.	Tiriamasis tirpalas	Vizualūs ir kvapo pokyčiai	Sugerties max., opt.t.vnt.
1.	Kosmetikos valiklis		
2.	Etanolis		
3.	Vanduo		
4.	NaCl, 5 %		
5.	NaCl, 10 %		
6.	NaCl, 15 %		
7.	NaCl, 20 %		

Pastebėta, kad vandeninės terpės spektras po odos preparato inkubacijos pasižymėjo didesnėmis optinio tankio vertėmis visame 330–800 nm spektriniame intervale, lyginant su etanolio sugertimi. Tai gali būti dėl dviejų priežasčių:

- dėl spartesnio odos mėginio irimo į vandeninę terpę pateko daugiau endogeninių chromoforų. Čia galioja sugerties adityvumo principas (žr. 4 formulę), t. y. įvairių paminėtų endogeninių chromoforų sugerties spektrai persikloja, todėl suminis optinis tankis yra žymiai didesnis, lyginant su užregistruotu optiniu tankiu etanolio tirpale.

- kita priežastis – dėl didesnės biomolekulių koncentracijos tirpale padidėja sklaidos fonas, kai šviesą sklaido biomolekulės, kurių matmenys yra palyginami su šviesos bangos ilgiu. Todėl vandeninė mėginio terpė trumpabangėje spektrinėje srityje išsklaidys dalį šviesos, o spektre matysime optinio tankio padidėjimą, t. y. atitinka per mėginį praėjusios šviesos intensyvumo sumažėjimą (žr., 6 formulę) UV spektrinėje srityje.



**10 pav.** Tirpalų, gautų po odos mėginio inkubacijos etanolyje ir distiliuotame vandenyje, sugerties spektrai.

**Užduotys:**

- Pagal pateiktą pavyzdį aprašykite išmatuotus spektrus.
- Nustatykite, kurioje mėginio terpėje endogeninių porfirinų koncentracija buvo didžiausia.
- Interpretuokite gautus spektrinius rezultatus.
- Odą, kurioje užaugo bakterijos, inkubuokite dezinfekcinėse priemonėse ir pamatuokite, ar mažėja porfirinų koncentracija odos mėginio terpėje. Užpildykite darbo rezultatų lentelę.
- Palyginamuoju būdu, iš endogeninių porfirinų optinio tankio pokyčio odos mėginio terpėse, nustatykite, kuri dezinfekcinė priemonė sunaikino daugiausia bakterijų.

**Mokiniai padaro išvadas:**

- Padarykite išvadą, kurie odos valikliai / kosmetinės priemonės yra tinkami apsaugai nuo bakterinio uždegimo.
- Ar greitai žūsta bakterijos, odą valant dezinfekcinėmis priemonėmis?

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Kur randami porfirinai?	1. Porfirinai yra organinės molekulės, kurias savaime gamina gyvūnai ir kai kurios bakterijos. Būna geoporfirinų, kurie randami neapdirbtoje naftoje, anglyse ar nuosėdinėse uolienose. Kraujo hemą sudaro protoporfirino IX (PpIX) ir geležies (II) kompleksas. Sutrikus kraujo hemo sintezės savireguliaciniams mechanizms, audinių ląstelėse gali kauptis porfirininio tipo endogeniniai fluoroforai. Porfirinus taip pat galima sintetinti laboratorijoje ląsteles paveikiant pertekliniu aminolevulino rūgšties kiekiu.
2. Kokios yra spuogų atsiradimo priežastys?	2. Spuogų atsiranda dėl hormoninių pakitimų organizme, genetinio polinkio, psichologinių priežasčių bei dėl bakterijų veiklos. Spuogų kiekiui įtakos gali turėti ir dieta, „gerųjų“ bakterijų kiekis ir įvairovė.
3. Ar visų chromoforų, esančių žmogaus organizme, sugertį galima užregistruoti spektrometru?	3. Teoriškai, dauguma audinių chromoforų šviesą sugeria UV spektrinėje srityje. Praktiškai audinių chromoforų užregistruoti gali ir nepavykti, jei jų koncentracija maža arba jie yra giliai organizme, kadangi biologiniai audiniai stipriai išsklaido šviesą. Atliekant biologinių audinių tyrimus yra įprasta matuoti vandeninių, labai praskiestų biologinių audinių tirpalų bandinių chromoforų sugertį.
4. Šviesos sugerties dėsnis. Paaiškinkite Lamberto-Bugero-Bero dėsnį.	4.
5. Kiek kartų sumažėja per bandinį praėjusios monochromatinės šviesos intensyvumas, palyginti su krentančios šviesos intensyvumu, jei tirpalo optinis tankis $A = 1$ ; $A =$	5. Sumažėja atitinkamai 10, 100 ir 1000 kartų.

## 4.2. DUJŲ DIFUZIJA

### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

3. Makrosistemų fizika	
<p><b>Nuostata</b> Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti makrosistemose vykstančius procesus apibūdinančius dėsnius analizuojant buityje ir technikoje matomus reiškinius.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
3.1. Analizuoti reiškinius, remiantis pagrindiniais molekulinės kinetinės teorijos teiginiais.	3.1.1. Nusakyti pagrindinius molekulinės kinetinės teorijos teiginius. 3.1.2. Pateikti reiškinių, kuriuos aiškiname remdamiesi molekulinės kinetinės teorijos teiginiais, pavyzdžių.

### Bendrosios ugdymo programos: Gamtamokslis ugdymas.

Vidurinis ugdymas. Gamtamokslis ugdymas. Integruotas gamtos mokslų kursas. 11–12 klasės. Bendrasis kursas. 11–12 klasės.

5. Organizmas	
<p><b>Nuostata</b> Suvokti ląstelę kaip mažiausią organizmo dalelę, kurioje vyksta gyvybiniai procesai.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Paaiškinti ląstelėse vykstančių procesų reikšmę gyvybinei organizmo veiklai. Apibūdinti žmogaus organų sistemas ir jų funkcijas.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.3. Nusakyti, kaip žmogaus organizmas prisitaikęs dujų apykaitai sausumoje.	5.3.1. Remiantis žmogaus kvėpavimo organų sandaros iliustracijomis (paveikslais, schemomis <...>, kompiuteriniais mokomaisiais objektais <...> tyrimais) paaiškinti, kaip oras patenka į plaučius ir kaip iš jų pašalinama. 5.3.2. Susieti alveolių sandarą (didelis paviršiaus plotas, palyginti su tūriu, plonas ir drėgnas paviršius) su plaučiuose vykstančia dujų difuzija

### Bendrosios ugdymo programos:

Pagrindinis ugdymas. Gamtamokslis ugdymas. 9–10 klasės.

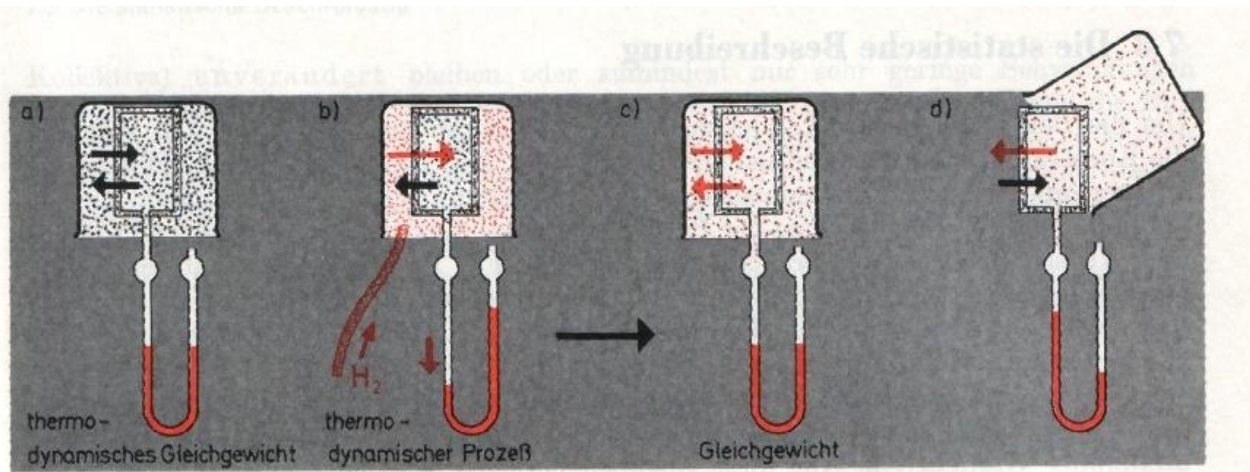
2. Organizmų sandara ir funkcijos	
<p><b>Nuostata</b> Suvokiant organizmų sandaros ir funkcijų vienovę, gyvybės trapumą, gerbti gyvybę, jausti atsakomybę, saugoti savo ir kitų žmonių sveikatą.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.3. Paaiškinti žmogaus <...>, kvėpavimo <...> sistemų bendrą veiklą aprūpinant organizmą <...> šalinant medžiagų apykaitos atliekas.	2.3.3. Apibūdinti kvėpavimo takų sandaros ypatumus, siejant su oro judėjimu į plaučius ir iš jų bei šiuos takus dengiančio epitelinio audinio apsaugine funkcija; plaučių sandarą, siejant su dujų apykaita alveolėse.

2.3.4. Nurodyti, kaip <...> kvėpavimo organų sistemos dalyvauja šalinant medžiagų apykaitos atliekas.

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Difuzija – savaiminis medžiagų susimaišymas. Difuzija – vienas iš reiškinų, įrodančių, kad medžiaga sudaryta iš dalelių, kad jos be paliovos chaotiškai juda ir kad tarp jų yra tarpai. Difuzija vyksta dujose, skysčiuose ir kietuose kūnuose. Dujos neturi pastovios formos ir gana lengvai keičia tūrį, taip pat yra spūdzios. Tarpai tarp dujų molekulių yra dešimtis kartų didesni už jas pačias. Molekulės laisvai juda visomis kryptimis beveik neveikdamos viena kitos. Kadangi dujų dalelės yra paslankios, tai jos perduoda slėgį į visas puses. Daugelis dujų yra bespalvės ir skaidrios, todėl jų nematome. Paimkime knygą ir pamajuokime ją tarsi vėduokle palei veidą. Pajusime gaivų vėjelį. Tai juda aplink mus esantis *oras* (orą sudaro azotas 78 %, deguonis 21 %, argonas ir nedaug kitų dujų). Deguonis – labiausiai paplitęs Žemės elementas. Mes juo kvėpuojame orą, kuriame yra deguonies dujų, geriame junginį, sudarytą iš vandenilio ir deguonies atomų, vaikštome oksidais, gyvename būstuose, suręstuose iš junginių, turinčių deguonies. Laisvąjį deguonį, esantį ore, sudaro dviatomės deguonies molekulės. Kaip deguonis patenka į organizmą ir kaip reikiamu jo kiekiu organizmas aprūpinamas? Šį klausimą paprastai nagrinėja biologai. Kitos, pačios lengviausios bespalvės, bekvapės dujos yra vandenilis. Žemėje laisvojo vandenilio nėra, tik įvairiuose junginiuose. Geriausiai žinomas ir labiausiai paplitęs junginys yra vanduo  $H_2O$ . Vandenilis sudaro 1 % Žemės plutos, 10 % žmogaus ir 70–90 % Saulės ir kitų žvaigždžių masės. Vandenilis gali būti naudojamas kaip kuro, pakeisiančio gamtines dujas, šaltinis.

Įvairių medžiagų molekulių dydžiai ir jų judėjimo greičiai skiriasi. Pavyzdžiui, vandenilio molekulės matmenys  $2,3 \cdot 10^{-8}$  cm. Lyginant vandenilio ir azoto molekulių greitį  $0^\circ C$  temperatūroje (atitinkamai 1800 m/s ir 500 m/s), vandenilio molekulių greitis net 3,6 karto yra didesnis. O kiek skiriasi vandenilio ir deguonies molekulių greitis  $0^\circ C$  temperatūroje? 2,76 karto. (Deguonies molekulių greitis  $0^\circ C$  temperatūroje 652,07 m/s). Orą sudarančių molekulių – apie 600 m/s.)



1 pav. Vandenilio difuzija per akytąją pertvarą:

- terminaminė pusiausvyra
- įleidus po stikliniu gaubtu vandenilį, pusiausvyra sutrinka
- po kiek laiko pusiausvyra vėl nusistovi
- nuėmus nuo akytojo indo stiklinį gaubtą, pusiausvyra vėl sutrinka

Eksperimentuodami mokiniai tirs skirtingo dydžio molekulių: vandenilio ( $H_2$ ) ir anglies dioksido ( $CO_2$ ) dujų, difuziją per akytąją pertvarą.

Pirmame paveiksle (1 pav.) pavaizduotas vandenilio dujų difuzijos procesas per akytąją pertvarą. Akytasis indas apgaubtas stikline ir sujungtas su skysčio manometru.



Pradinis momentas: orą sudarančių dalelių difuzijos srautai per akytąją pertvarą abiem kryptimis yra vienodi (1 a pav.). Įleidus po gaubtu vandenilio ( $H_2$ ) dujų, šioje srityje pradiniu momentu padidėja dujų koncentracija. Vandenilio dujų molekulės, būdamos mažos, palyginti su kitomis orą sudarančiomis molekulėmis, greičiau difunduoja per akytąją pertvarą, negu iš indo vidaus difunduoja kitos orą sudarančios molekulės. Taigi slėgis indo viduje padidėja. Stebime skysčio nusileidimą manometro šakoje, sujungtoje su akytuojamu indu (1 b pav.). Po kiek laiko į akytąjį indą ir iš jo difunduojančių dujų srautai išsilygina (1 c pav.). Ištraukus indą iš po gaubto, stebimas staigus slėgio sumažėjimas akytojo indo viduje (1 c pav.). Kaip manote, kodėl? Tas paaiškinama analogiškai: vandenilio dujų molekulės, būdamos mažos, palyginti su kitomis orą sudarančiomis molekulėmis, greičiau difunduoja per akytąją pertvarą į aplinką, negu iš aplinkos į indą difunduoja orą sudarančios molekulės. Po kiek laiko į akytąjį indą ir iš jo difunduojančių dujų srautai vėl išsilygina.

Atvirkščias slėgio kitimo procesas stebimas akytąjį indą įkišus į stiklinę su anglies dvideginio ( $CO_2$ ) dujomis. Šiuo atveju slėgis indo viduje staiga nukrinta, po kiek laiko, difunduojantiems srautams susilyginus, pakyla (beveik iki pradinės vertės?). Ištraukus akytąjį indą iš stiklinės su  $CO_2$  dujomis, slėgis staiga padidėja ir po kiek laiko, susilyginus difunduojantiems srautams, įgauna pradinę vertę (6 pav.).

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Eksperimentuodami mokiniai tirs skirtingo dydžio molekulių: vandenilio ( $H_2$ ) ir anglies dioksido ( $CO_2$ ) dujų difuziją per akytąją pertvarą (abipusiškai laidžios membranos modelis). Difuzijos greičio priklausomybę nuo molekulių dydžio įvertins pagal slėgio pokyčius akytojo indo viduje. Slėgio pokyčius matuos slėgio jutikliu, sujungtu su GLX. Gavę slėgio kitimo akytojo indo viduje grafikus, juos analizuos ir padarys išvadas. Vandenilio ir anglies dioksido dujas turės pasigaminti patys.

Tyrimas gali būti atliekamas ir II-uju, ir III lygmeniu, grupėmis po 3–5 mokinius. Vienos mokinių grupės tyrimą gali atlikti tik su vandenilio dujomis, kitos – tik su anglies dioksido dujomis. Rezultatus pristatyti ir analizuoti bendros diskusijos metu. Padaryti apibendrinamąsias išvadas.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Iš ko galima spręsti, kad vyksta dujų difuzija? Kaip priklauso difuzijos greitis nuo dujų molekulių dydžio?

**Tyrimo hipotezė.** Mažų matmenų molekulės greičiau difunduoja per akytąją pertvarą.

**Eksperimento tikslas** – eksperimentuojant įrodyti, kad vandenilis per akytąją pertvarą difunduoja greičiau negu anglies dioksidas ir kitos, pagrindinės orą sudarančios, molekulės.

**! Saugaus darbo taisyklės. Laikykitės bendrųjų saugaus darbo taisyklių chemijos, fizikos ir biologijos kabinetuose.**

#### Laukiami rezultatai:

- Gebės pagal aprašymą parengti priemonės darbui:
  - paruošti nurodytos koncentracijos druskos rūgšties tirpalą;
  - saugiai elgtis skiesdami rūgštis;
  - užpildyti Kipo aparatą.
- Gebės surinkti vandenilį ir žinos, kaip patikrinti.
- Įtvirtins žinias apie vieną iš vandenilio gavimo būdų. Gebės užrašyti cinko reakcijos su druskos rūgštimi lygtį.



- Supras, kodėl, įleidus vandenilį po stikliniu gaubtu, slėgis aktytojo indo viduje padidėja, o nuėmus stiklinį gaubtą – sumažėja.
- Gebės gauti ir surinkti anglies dioksidą. Gebės užrašyti vieno iš kalcio junginių reakcijos su druskos rūgštimi lygtį.
- Giliau supras anglies dioksido savybes.
- Gebės suprasti ir paaiškinti, kodėl, įkišus aktytąjį indą į stiklinę su anglies dioksido CO<sub>2</sub> dujomis, slėgis indo viduje nukrinta, po kiek laiko – stabilizuojasi, o ištraukus aktytąjį indą iš stiklinės su CO<sub>2</sub> dujomis, slėgis staiga padidėja ir tik po kiek laiko įgauna pradinę vertę.
- Dar kartą prisimins oro sudėtį.
- Gebės tyrimo duomenis pavaizduoti grafiškai ir, naudodamiesi aparatūros teikiamomis galimybėmis, atlikti tyrimo duomenų analizę.
- Giliau supras difuzijos reiškinį ir gebės paaiškinti molekulių matmenų įtaką difuzijos greičiui.
- Supras difuzijos vaidmenį žmogaus organizme, aprūpinant gyvybiškai svarbius organus deguonimi.

### Trumpa diskusija prieš atliekant eksperimentą:

Šio eksperimento metu tirsite vandenilio (H<sub>2</sub>) ir anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) molekulių difuziją per aktytąjį pertvarą.

- Kas tai yra difuzija ir nuo ko priklauso jos greitis?
- Ką žinote apie molekulių masę ir matmenis?
- Kiek kartų CO<sub>2</sub> molekulės masė yra didesnė už vandenilio molekulės (H<sub>2</sub>) masę?
- Apskaičiuokite šių molekulių greičių santykį 20 °C temperatūroje
- Kokia yra oro sudėtis?
- Kaip laboratorijos sąlygomis gaunamas vandenilis? Užrašykite cinko (Zn) ir druskos rūgšties (HCl) reakcijos lygtį.
- Kaip laboratorijos sąlygomis gaunamas anglies dioksidas? Užrašykite kalcio karbonato (CaCO<sub>3</sub>) ir druskos rūgšties (HCl) reakcijos lygtį.
- Sumontuojant eksperimentinį įrenginį Kipo aparate cinko (Zn) granulės užpilamos druskos rūgšties 2 M tirpalu. Kaip jį pagaminti, turint koncentruotą druskos rūgštį ir distiliuotą vandenį?
- Kokių saugaus darbo taisyklių reikia laikytis skiedžiant rūgštį vandeniu? Kodėl?

### Eksperimento priemonės ir medžiagos:

- GLX ar kita duomenų surinkimo, kaupimo ir vaizdinimo sistema;
- Slėgio-temperatūros arba kitas slėgio jutiklis;
- Aktytasis / korėtasis indas;
- Vamzdelis su greito prijungimo-atjungimo antgaliu (paveiksle baltas ant skaidraus vamzdelio);
- Kipo aparatas / laboratorinis;
- Stovas su reikmenimis;
- 2 M druskos rūgšties tirpalas
- Cinko granulės;
- Mėgintuvėlis;
- Degtukai;
- Švairi, sausa cheminė stiklinė aktytajam indui apgaubti;
- Aukšta stiklinė (gali būti plastiko indas);
- Kreidos ar marmuro gabaliukai;
- Akiniai, guminės pirštinės, muilas, padėklai, šluostės.



2 pav. Eksperimento priemonės ir medžiagos



3 pav. Laboratorinis Kipo aparatas. Cinkas reaguoja su druskos rūgštimi.

### Darbo eiga:

#### I-oji eksperimento dalis. Vandenilio (H<sub>2</sub>) difuzija per akytąją pertvarą.

##### 1. Priemonių parengimas darbui:

Šiame tyrime mokiniai vandenilį H<sub>2</sub> gaus metalui (Zn) reaguojant su druskos rūgštimi (HCl)

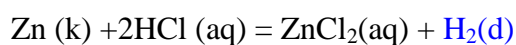
Kipo aparate:

*Pasirengimas gauti ir surinkti vandenilį:*

- 1.1. Sumontuokite Kipo aparatą: ant guminės pertvarėlės priberkite cinko granulių; berkite atsargiai, kad jų neprikristų ant mėgintuvėlio su atšaka dugno; kamštį įstumkite į mėgintuvėlį su atšaka.
- 1.2. Vamzdelį, kuris užmautas ant atšakos, užspauskite spautuku.
- 1.3. Kipo aparatą įmontuokite stovė.
- 1.4. Paruoškite Kipo aparatą darbui:
  - 2 M druskos rūgšties tirpalo į Kipo aparatą pripilkite tiek, kad, atleidus žarnelės spaustuką, pilnai būtų apsemtos cinko granulės.
- 1.5. Kipo aparato žarnelės spaustuką vėl užspauskite. Cinkas pradeda reaguoti su druskos rūgštimi. (3 pav.).

**Kl.1.** Ar jaučiate, kaip keičiasi tirpalo temperatūra? Rūgšties su vandeniu reakcija endoterminė ar egzoterminė?

**Kl.2.** Užspaudę Kipo aparato žarnelės spaustuką, matote, kad druskos rūgšties tirpalas kyla į viršų. Paaiškinkite, kodėl?



Dėl reakcijos metu išsiskyrusio vandenilio dujų, esančių tarp kamščio ir druskos rūgšties paviršiaus, slėgis padidėja ir druskos rūgšties tirpalas kyla tol, kol vyksta reakcija. Kai druskos rūgšties tirpalas pakyla tiek, kad cinkas lieka neapsemtas, reakcija nutrūksta, vandenilis nesigamina, slėgis daugiau nedidėja ir druskos rūgštis daugiau nebekyla.

**Kl.3.** Kaip surinksite (a) ir kaip patikrinsite (b) reakcijos metu susidariusį vandenilį? Į apverstą mėgintuvėlį (a). Prinešę degantį degtuką prie mėgintuvėlio angos (b): turime išgirsti būdingą švilptelėjimą.

- 1.6. Atleiskite žarnelės spaustuką, surinkite vandenilį į apverstą mėgintuvėlį ir prineškite degantį degtuką prie mėgintuvėlio angos. Turite išgirsti tipišką švilptelėjimą.
- 1.7. Vėl užspauskite žarnelės spaustuką. Kol vyks reakcija ir gaminsis vandenilis, prie GLX'o prijunkite slėgio jutiklį. Akytąjį / korėtajį indą greito sujungimo-atjungimo žarnele sujunkite su slėgio jutikliu. GLX'o grafiniame displejuje atsiras koordinacių ašys slėgio-laiko grafikui nubrėžti.
- 1.8. Akytąjį indą apgaubkite apversta chemine stikline ir po gaubtu įkiškite Kipo aparato žarnelę (4 a pav.).



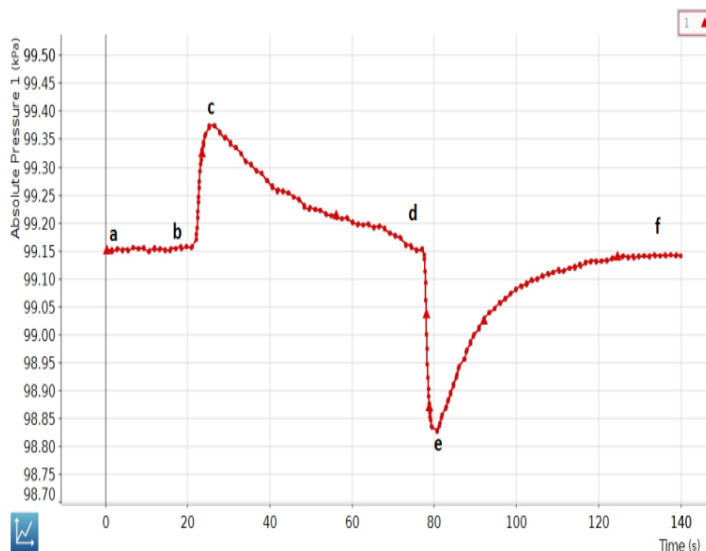
**4 a pav.** Akytasis indas apgaubtas chemine stikline ir skaidria žarnele sujungtas su slėgio jutikliu. Pastarasis įjungtas į pirmąjį GLX lizdą. Ant Kipo aparato atšakos užmauta juoda žarnelė. Antrasis jos galas pakištas po stikliniu gaubtu. Šia žarnele po gaubtu atkeliaus vandenilis.

## 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Spustelkite GLX'o *Start* mygtuką ir pradėkite matavimą.
- 2.2. Po kelių sekundžių atleiskite juodos žarnelės spaustuką, suleiskite vandenilį po gaubtu.



**4 b pav.** Išleisus vandenilį, rūgštis vėl apsemia cinką ir Kipo aparate vėl prasideda audringa reakcija. Stiklinis gaubtas nukeltas nuo akytojo indo. GLX'as baigia brėžti proceso grafiką (4 a pav.).



**4 c pav.** Baigiant matavimą su vandeniliu, GLX ekrane stebimas toks slėgio kitimo akytojo / korėtojo indo viduje grafikas:

- a-b po gaubtu oras, korėtojo indo viduje – oras;
- b-c po gaubtu įleisus vandenio dujų, slėgis korėtojo indo viduje staiga padidėja;
- c-d bėgant laikui pamažu grįžta prie pradinio slėgio vertės;
- d-e stiklinį gaubtą nukėlus nuo korėtojo indo slėgis korėtojo indo viduje staiga sumažėja;
- e-f bėgant laikui slėgis pamažu grįžta prie pradinės vertės.



- 2.3. Stebėkite besibrėžiantį grafiką. Kai slėgis daugiau nebekis, nuimkite gaubtą, toliau tęskite matavimą.
- 2.4. Stebėkite besibrėžiantį grafiką. Kai slėgis nustos kilti, spustelkite *Stop* ir baikite matavimą.
- 2.5. GLX'o ekrane matysite grafiką, kaip 4 c pav.
- 2.6. Spausdinkite vėl užspauskite Kipo aparato juodąją žarnelę.

3. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

Remdamiesi difuzijos reiškiniu, paaiškinkite slėgio kitimų korėtojo indo viduje (4 c pav.) priežastis viso proceso metu:

**II oji tyrimo dalis. Anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) difuzija per akytąją pertvarą.**

1. ***Priemonių parengimas darbui:***

1.1 Pasirengimas gauti anglies dioksidą:

Šiame tyrime mokiniai anglies dioksidą (CO<sub>2</sub>) gaus kalcio karbonatui (CaCO<sub>3</sub>) reaguojant su druskos rūgštimi (HCl).

- Paruoškite 2 M druskos rūgšties tirpalą:
  - Į cheminę stiklinę įmeskite kelis gabaliukus kalcio karbonato (CaCO<sub>3</sub>). Gali būti keli gabaliukai kreidos (5 a pav.).
  - Užpilkite nedideliu kiekiu paruošto druskos rūgšties tirpalo (5 b pav.).



**5 a pav.** Akytasis indas kabo ore. Į stiklinę primesta kreidos gabalėlių.



**5 b pav.** Ant kreidos gabalėlių užpildus druskos rūgšties, vyksta reakcija, kurios metu gaminasi anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>). Akytąjį indą į stiklinę įleiskite taip, kad jo dugnas nelieštų putų.

**Kl. 4.** Kur gamtoje randamas kalcio karbonatas? **Tai klintys.** Kas vyksta, kai rūgštis lietus veikia klintis?

**Kl. 5.** Užrašykite kalcio karbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) reakcijos su druskos rūgštimi ( $\text{HCl}$ ) lygtį:

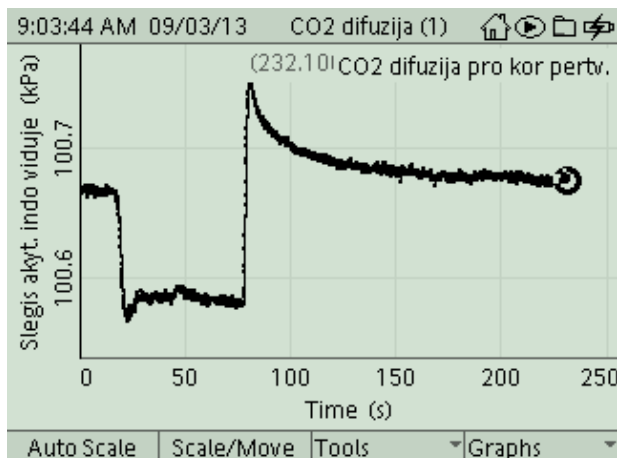


**Kl.6.** Ar galima  $\text{CO}_2$  dujas surinkti atviraime inde? Kodėl?

## 2. *Matavimų procedūros:*

*Slėgio jutiklis lieka prijungtas prie GLX ir sujungtas su akytuoju indu.*

- Spustelkite GLX'o *Start* mygtuką ir pradėkite matavimą.
- Po kelių sekundžių akytąjį indą įleiskite į stiklinę su  $\text{CO}_2$  taip, kad jo dugnas nelieštų putų. Stebėkite besibrėžiantį grafiką.
- Kai slėgis daugiau nebekis, ištraukite akytąjį indą iš stiklinės ir toliau tęskite matavimą. Stebėkite besibrėžiantį grafiką.
- Kai slėgis vėl nustos kitęs, spustelkite *Stop* ir baikite matavimą. GLX'o ekrane matysite grafiką, kaip (6 pav.)



**6 pav.** Ištraukus korėtąjį indą iš stiklinės su  $\text{CO}_2$ , GLX ekrane stebimas toks slėgio kitimo akytojo indo viduje grafikas.

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

Remdamiesi difuzijos reiškiniu, paaiškinkite slėgio kitimų priežastis akytojo indo viduje viso proceso metu. Grafike (7 pav.) sužymėkite charakteringus proceso etapus, juos įvardykite ir paaiškinkite, kodėl būtent taip vyko slėgio kitimas akytojo indo viduje šiais  $\text{CO}_2$  difuzijos proceso etapais:

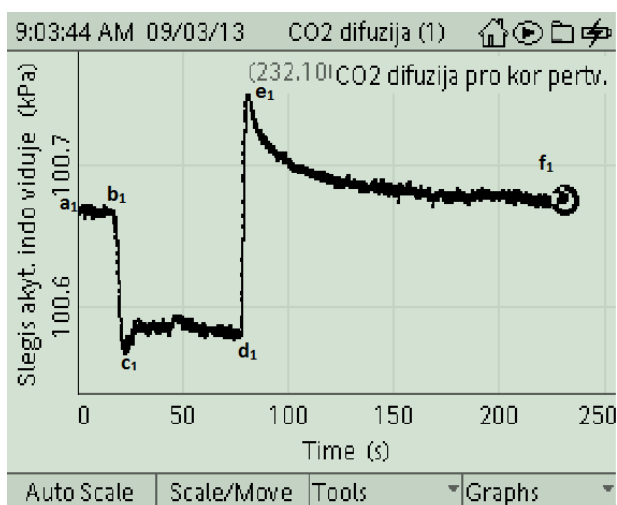
a<sub>1</sub>-b<sub>1</sub>) akytasis indas – ore;

b<sub>1</sub>-c<sub>1</sub>) akytąjį indą įleidus į stiklinę su  $\text{CO}_2$  dujomis, slėgis korėtojo indo viduje staiga sumažėja;

c<sub>1</sub>-d<sub>1</sub>) bėgant laikui slėgis pamažu nustoja kitęs;

d<sub>1</sub>-e<sub>1</sub>) akytąjį indą ištraukus iš stiklinės su  $\text{CO}_2$  dujomis, slėgis korėtojo indo viduje staiga padidėja;

e<sub>1</sub>-f<sub>1</sub>) bėgant laikui slėgis akytojo indo viduje pamažu grįžta prie pradinės vertės.



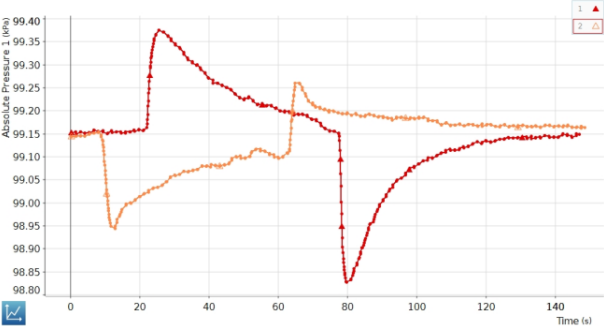
**7 pav.** Grafike matomi charakteringi  $\text{CO}_2$  dujų difuzijos per akytąją / korėtąją pertvarą etapai. Tyrimo proceso pabaigoje slėgis korėtojo indo viduje artėja prie pradinio slėgio.

## **Mokiniai padaro išvadas:**

Šis tyrimas parodė, kad:

- Dujose tikrai vyksta difuzija.
- Difuzijos greitis priklauso nuo molekulių dydžio: vandenilio molekulės, būdamos mažos, per akytąją pertvarą difunduoja greičiau, negu kitos orą sudarančios molekulės, tiek į indo vidų, tiek iš jo vidaus, o anglies ddioksido  $\text{CO}_2$  molekulės, būdamos

didesnės už daugelį kitų, orą sudarančių molekulių, lėčiau difunduoja per akytąją pertvarą.

KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI	
Klausimai	Atsakymai
1. Ką vadiname dujų difuzija?	1. Savaiminį medžiagų susimaišymą.
2. Kokie požymiai šiame eksperimente rodo, kad įvyko dujų difuzija?	2. Slėgio pokyčiai korėtojo indo viduje
3. Užrašykite cinko reakcijos su druskos rūgštimi lygtį	3. $\text{Zn (k)} + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{ZnCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2(\text{d})$
4. Užrašykite kalcio karbonato reakcijos su druskos rūgštimi lygtį.	4. $\text{CaCO}_3(\text{k}) + 2\text{HCl(aq)} \rightarrow \text{CaCl(aq)} + \text{CO}_2(\text{d}) + \text{H}_2\text{O(s)}$
5. Kuo paaiškinama tai, kad, įleidus vandenilio po gaubtu, slėgis korėtojo indo viduje padidėjo, o įleidus anglies dvideginio – sumažėjo?	5. Paaiškinama tuo, kad difuzijos greitis priklauso nuo molekulių dydžio.
6. Kuris grafikas kurių dalelių difuziją aprašo?  	6. Raudonas – lengvesnių, oranžinis – sunkesnių.  (Jeigu nespalvotas paveikslas, tai juodas – lengvesnių, pilkas – sunkesnių.)
8 pav. Vienas grafikas rodo lengvesnių už pagrindinių orą sudarančių dalelių, difuziją per akytąją pertvarą, antrasis – sunkesnių.	
7. Remdamiesi atlikto tyrimo rezultatais ir jų analize, paaiškinkite 7.19* uždavinio sprendimą (S.Jakutis ir kt., <i>Fizikos uždavinynas VII–X klasei</i> , Kaunas, Šviesa, 2000, p. 76.)	7. Lengvos dujos difunduoja greičiau, negu kitos orą sudarančios molekulės, dėl ko padidėja slėgis virš gyvsidabrio atšakoje, sujungtoje su akytuoju indu. Dešinėje atšakoje gyvsidabris pakyla, sujungia elektrinę grandinę ir suskamba skambutis.
8. Paaiškinkite, kaip kvėpuojant, kraujas aprūpinamas deguonimi.	8. Kvėpuojant įkvepiamas deguonis, iškvepiamas anglies dvideginis. Įkvėptas oras per nosį keliauja per trachėją, bronchus, bronchioles, kurios užsibaigia alveolėmis. Difuzijos būdu per vienasluoksnes selektyviai / atrankiai / pusiau pralaidžias plėveles deguonis patenka į kraują, o anglies dvideginis iš kraujo.



9. Kuo panašus ir kuo skiriasi jūsų eksperimente tirtas difuzijos reiškinys nuo organizmo aprūpinimo deguonimi?

9. Panašus, nes tirta skirtingo dydžio molekulių difuziją, skiriasi, nes skirtingos pertvaros: eksperimente – abipus pralaidi, kvėpavimo procese – selektyviai pralaidi.

**Rekomendacijos mokytojui:**

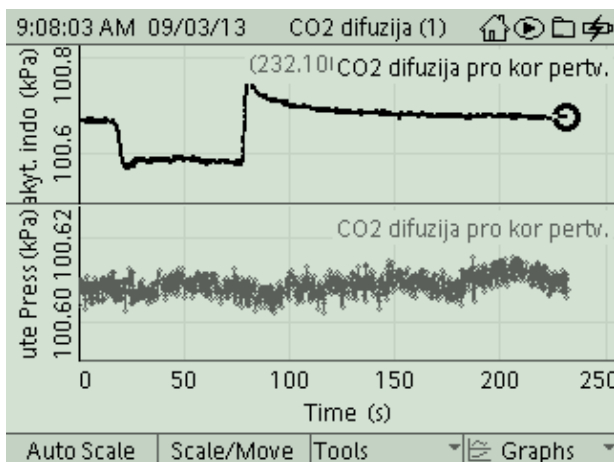
Atliekant šį tyrimą, įranga leidžia matuoti ne tik slėgio kitimą akytojo indo viduje viso



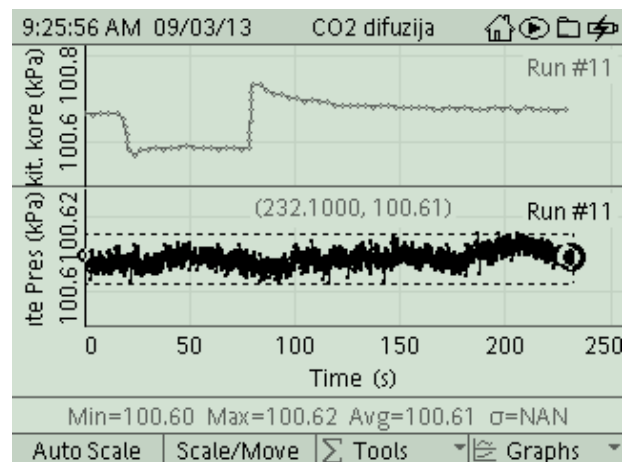
**9 pav.** Tyrimą atliekant su slėgio-temperatūros jutikliu, vienu metu bus matuojamas slėgio kitimas akytojo indo viduje ir aplinkos temperatūra.



**10 pav.** Tyrimą atliekant su dvigubo slėgio jutikliu, vienu metu bus matuojamas slėgio kitimas akytojo indo viduje ir aplinkos slėgis. Norint dar matuoti ir aplinkos temperatūrą, į šoninį GLX temperatūros lizdą reikia įjungti greito reagavimo temperatūros jutiklį / zondą.



**10 a pav.** Dvigubo slėgio jutikliu vienu metu išmatuotas slėgio kitimas akytojo indo viduje viso proceso metu (viršutinis grafikas) ir aplinkos slėgis (apatinis grafikas)



**10 b pav.** Vidutinis aplinkos slėgis viso proceso metu buvo 100,61 kPa.

proceso metu, bet ir aplinkos slėgį bei aplinkos temperatūrą. Naudojant dvigubą slėgio jutiklį, aplinkos temperatūrai matuoti įjungiamas šoninis temperatūros jutiklis-zondas (9 pav.).

### 4.3. DIRVOŽEMIO ELEKTRINIO LAIDŽIO TYRIMAS

#### Bendrosios programos

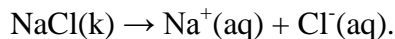
Vidurinis ugdymas. *Integruotas gamtos mokslų kursas*

<b>1. Metodologiniai klausimai</b>	
<b>Nuostata</b> Gamtos reiškinius, gamtos mokslų raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę, gamtos mokslų žinių santykinumo ir kaitos aspektus.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
1.1. Taisyklingai vartoti gamtos mokslų terminus.	1.1.1. Nusakyti gamtos mokslų terminus: <i>mokslinis faktas, sąvoka, modelis, hipotezė, dėsnis ir principas, teorija, vienetai, teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai.</i>
1.2. Susiplanuoti ir atlikti nesudėtingus tyrimus.	1.2.1. Apibūdinti tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados.
<b>2. Medžiagų sudėtis ir sandara</b>	
<b>Nuostatos</b> Suvokti medžiagų atominės sandaros ir medžiagų savybių ryšį.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Remiantis periodinėje elementų lentelėje pateikta informacija apibūdinti atomo sandarą ir cheminius ryšius.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
2.3. paaiškinti joninį, < ... > ryšius.	2.3.1. Paaiškinti sąvokas <i>atomas, jonas, molekulė.</i> 2.3.2. Apibūdinti elektroninės sandaros pokyčius, kai atomas virsta jonu. 2.3.3. Paaiškinti joninio ryšio susidarymą ir pateikti pavyzdžių.
<b>4. Medžiagų savybės ir kitimai</b>	
<b>Nuostata</b> Suvokti vandeniniuose tirpaluose vykstančius procesus.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Apibūdinti procesus, vykstančius vandeniniuose tirpaluose.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
4.1. Apibūdinti procesus, vykstančius tirpinant medžiagas vandenyje, spręsti uždavinius, vartojant koncentracijos sąvoką.	4.1.2. Apibūdinti tirpalus kaip skystuosius mišinius, pateikti tirpalų gamtoje, žmogaus organizme pavyzdžių. 4.1.3. Spręsti uždavinius, susijusius su medžiagų masės dalies tirpaluose skaičiavimais.
<b>12. Aplinka ir žmogus</b>	
<b>Nuostata</b> Atsakingai elgtis su gyvąja ir negyvąja gamta, saugoti savo ir kitų sveikatą.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Paaiškinti žmogaus veiklos įtaką vietinei aplinkai ir visam pasauliui.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
12.1. Paaiškinti veiksnius, turinčius įtakos žmonių gyvenimo kokybei.	12.1.1. Apibūdinti svarbiausius oro, vandens ir dirvožemio taršos šaltinius ir jų žalą aplinkai.

## LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Medžiagos, tirpdamos vandenyje ar kitame poliniame tirpiklyje, savaime skyla į teigiamojo krūvio jonus – katijonus ir neigiamojo krūvio jonus – anijonus. Elektrolitai yra medžiagos, kurios ištirpusios ar išlydytos praleidžia elektros srovę. Šios savybės būdingos rūgščių, hidroksidų ir beveik visų druskų tirpalams.

Tirpinant natrio chloridą vandenyje jis suskyla į jonus:



Laidis yra medžiagos savybė praleisti elektros srovę. Tirpalo elektrinį laidį nulemia vandenyje ištirpusios neorganinės druskos, suskilusios į teigiamus jonus (natrio, magnio, kalcio, geležies ir aliuminio ar kt. katijonus) ir į neigiamus jonus (chlorido, nitrato, sulfato ir fosfato ir kt. anijonus).

Organinių junginių, kaip antai: naftos, fenolio, alkoholio, cukraus, vandeniniai tirpalai silpnai praleidžia elektros srovę, todėl jų elektros laidis yra mažas. Kadangi laidis priklauso nuo tirpalo koncentracijos, laidžio matavimai yra geras ištirpusių kietųjų medžiagų kiekio vandeniniame tirpale koncentracijos rodiklis. Laidis taip pat priklauso nuo temperatūros: šiltesnio tirpalo laidis yra didesnis.

Natūralioje aplinkoje druskos kiekis gali būti didelis tiek dirvožemyje, tiek vandenyje. Pavyzdžiui, upių vandens yra labai skirtingo druskingumo dėl skirtingų dirvožemio tipų, geologinių struktūrų bei druskingų požeminių vandenų įplaukų. Problemų atsiranda, kai natūralus aplinkos druskingumo balansas pakinta.

Druskingumas yra didelė grėsmė paviršiaus ir požeminių vandenų ištekliams. Priklausomai nuo druskos kiekio dirvožemyje, pakinta augalų augimas. Didelis upių druskingumas gali riboti vandens naudojimą drėkinimo sistemose, žemės ūkyje, tiekiant geriamą vandenį.

Druskingumas taip pat gali paveikti gėlo vandens florą, fauną ir pakrančių augmeniją. Miestuose vandens druskingumas sumažina buitinių ir gamybinių įrenginių eksploatavimo laiką, sąlygoja platesnį valymo produktų naudojimą bei didesnes priežiūros išlaidas.

Vandeniniuose tirpaluose dažniausiai naudojami savitojo laidžio matavimo vienetai yra *mikrosimensas / centimetrui* ( $\mu\text{S/cm}$ ) ir *milisimensas / centimetrui* ( $\text{mS/cm}$ ).

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę bei geba įvertinti, kaip elektrolito elektrinis laidis priklauso nuo ištirpusių druskų koncentracijos.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą *Xplorer GLX*. Šiame eksperimente tyrinėjamas skirtingo tipo dirvožemio elektrinis laidis. Siekiama nustatyti, ar skirtingo dirvožemio vanduo yra nevienodai laidus elektrai. Matuojamas skirtingų dirvožemių mėginių elektros laidis.

Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama paaiškinti procesus, vykstančius vandeniniuose tirpaluose, praktiškai įvertinti elektrolito elektrinį laidį, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip, matuojant mėginių laidį, nustatyti, ar skirtingo dirvožemio vanduo yra nevienodai laidus elektrai.

**Tyrimo hipotezė.** Skirtingo dirvožemio vanduo yra nevienodai laidus elektrai.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti, kaip skirtingo dirvožemio vanduo yra laidus elektrai.

**Laukiami rezultatai:**

- Gebės paaiškinti procesus, vykstančius vandeniniuose tirpaluose.
- Gebės parengti priemonės darbu.
- Mokės išmatuoti skirtingo dirvožemio vandeninio tirpalo elektrinį laidį.
- Gebės praktiškai įvertinti skirtingo dirvožemio elektrinį laidį.

**Eksperimento priemonės ir medžiagos (1 pav.):**








- Xplorer GLX;
- laidžio jutiklis PS–2116;
- distiliuotas vanduo;
- trys skirtingo dirvožemio mėginiai (iš tausojančio aplinką ūkio, kambarinės gėlės bei mokyklos kiemo);
- trys 250 ml stiklinės;
- trys 100 ml stiklinės;
- 100 ml matavimo cilindras;
- trys stovai su laikikliais;
- trys piltuvėliai;
- trys popieriniai filtrai;
- svarstyklės;
- šaukštelis dirvožemiui semti;
- stiklinė maišymo lazdelė;
- sifonas su distiliuotu vandeniu elektrodui nuskalauti;
- filtrinis popierius elektrodui ir maišymo lazdelei nusausinti.




1 pav. Eksperimento priemonės ir medžiagos

**Darbo eiga**

**Xplorer GLX parengimas naujam eksperimentui:**



- Paspauskite mygtuką  (*Home Screen*).
- Paspauskite mygtuką  ir atidaryti duomenų bylų (*Data Files*) ekraną.
- Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu*, spauskite  – atsidaro *New Files*.
- Norint ankstesnius duomenis išsaugoti spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .

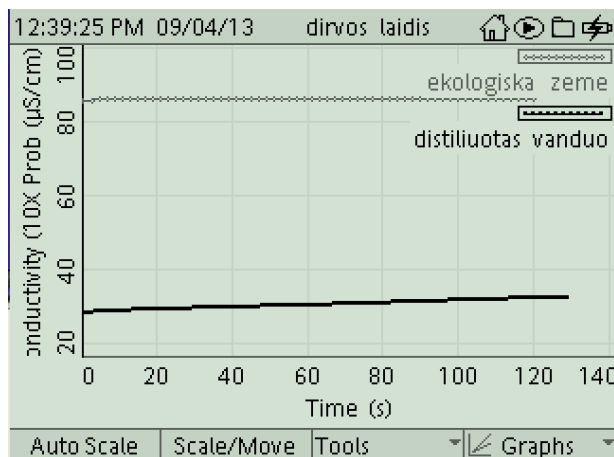
**1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Paruoškite tiriamojo dirvožemio mėginį:
  - pasverkite 20 g sauso dirvožemio ir suberkite į 250 ml stiklinę;
  - cilindru į stiklinę įpilkite 80 ml distiliuoto vandens;
  - stikline lazdele gerai išmaišykite ir palikite nusistovėti apie dvi minutes;
  - filtravimo popieriumi išfiltruokite mėginį.
- 1.2. Taip pat paruoškite antrą ir trečią mėginį.
- 1.3. Įjunkite Xplorer GLX.
- 1.4. Prijunkite laidžio jutiklį PS-2116.
- 1.5. Nustatykite vidurinį jutiklio matavimo režimą (simbolis .

1.6. Laidžio jutiklį (5–10) min. įdėkite į stiklinę su distiliuotu vandeniu.

**2. Matavimų procedūros:**

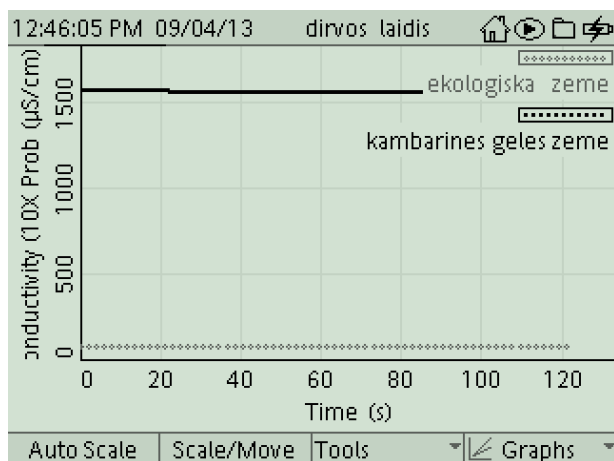
- 2.1. Į stiklinę su pirmuoju dirvožemio mėginiu įdėkite laidžio jutiklį.
- 2.2. Išmatuokite bandinio elektrinį laidį: norėdami pradėti matavimą, paspauskite mygtuką ; norėdami baigti matavimą, dar kartą paspauskite mygtuką .
- 2.3. Baigę matavimą, išimkite jutiklį iš stiklinės.
- 2.4. Jutiklį kruopščiai nuskalaukite distiliuotu vandeniu ir nusausinkite filtriniu popieriumi.
- 2.5. Matavimus pakartokite su antru ir trečiu dirvožemio bandiniu.
- 2.6. Nustatykite kiekvieno bandinio elektrinį laidį.
- 2.7. Rezultatams palyginti įdėkite laidžio jutiklį į stiklinę su distiliuotu vandeniu ir išmatuokite distiliuoto vandens elektrinį laidį (2, 3 pav.).



**2 pav.** Distiliuoto vandens ir ekologiškos žemės elektrinis laidis

**3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Iš grafiko nustatykite kiekvieno bandinio elektrinį laidį.
- 3.2. Palyginkite gautus rezultatus ir padarykite atitinkamas išvadas.



**3 pav.** Kambarinės gėlės ir ekologiškos žemės elektrinis laidis

**Mokiniai padaro išvadas:**

- apie tai, kurio iš trijų mėginių laidis yra didžiausias, kurio – mažiausias;
- apie tai, kokios priežastys gali lemti skirtingą dirvožemio elektrinį laidį;
- apie tai, kaip pakistų tirpalo elektrinis laidis, į tą patį kiekį vandens įdėjus daugiau tiriamo dirvožemio, kodėl?

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Kas yra elektrinis laidis?	1. Laidis yra medžiagos savybė praleisti elektros srovę.
2. Kas lemia tirpalo laidį?	2. Tirpalo laidis nustatomas pagal ištirpusių neorganinių druskų, tokių, kaip chlorido, nitrato, sulfato ir fosfato anijonų (neigiamai įkrauta jonų) arba natrio druskos, magnio, kalcio, geležies ir aliuminio katijonų (teigiamai įkrauta jonų) buvimą.
3. Kuo matuojamas tirpalų elektrinis laidis?	3. Vandeniniuose tirpaluose dažniausiai naudojami laidžio matavimo vienetai yra <i>mikrosimensas / centimetrui</i> ( $\mu\text{S/cm}$ ) ir <i>milisimensas / centimetrui</i> ( $\text{mS/cm}$ ).



#### 4.4. ENERGIJA IŠ VAISIŲ IR DARŽOVIŲ

##### Bendrosios ugdymo programos. Gamtamokslis ugdymas.

Vidurinis ugdymas. Gamtamokslis ugdymas. Integruotas gamtos mokslų kursas. 11–12 klasės. Bendrasis kursas. 11–12 klasės.

1. Metodologiniai klausimai	
<p><b>Nuostata</b> Gamtos reiškinius, gamtos mokslų raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę, gamtos mokslų žinių santykinumo ir kaitos aspektus.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
<p>1.4. Paaiškinti gamtos mokslų atradimų reikšmę ir mokslo žinių santykinumo aspektus. Pagrįsti būtinybę vertinti mokslo ir technologijų laimėjimus socialiniu, ekonominiu ir aplinkosaugos aspektu.</p>	<p>1.4.1. Apibūdinti gamtą ir jos reiškinius sisteminiu požiūriu: kaip darnią daugybe tarpusavio saitų susijusią sistemą.</p> <p>1.4.2. Apibūdinti mokslinių atradimų reikšmę žmonijai. Pateikti pavyzdžių, rodančių, kad būtina mokslo ir technologijų laimėjimus vertinti socialiniu, ekonominiu ir aplinkosaugos aspektu.</p> <p>1.4.3. Nusakyti Lietuvos mokslininkų vaidmenį gamtos mokslų raidoje.</p>

10. Elektra	
<p><b>Nuostata</b> Remtis gamtos mokslų dėsniais aiškinant gamtos reiškinius.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti elektros reiškinius remiantis elektros krūvio sąvoka ir statinės bei dinaminės elektros krūvių sąveikos dėsniumais, paaiškinti praktinį jų taikymą.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
<p>10.2. Taikyti nuolatinės srovės dėsniumus ir laidininkų jungimo būdus nusakančius dėsnius paprasčiausioms elektrinėms grandinėms nagrinėti. &lt;...&gt;</p>	<p>10.2.1. Nusakyti nuolatinės srovės dėsniumus, formuluoti Omo dėsnį, vartojant <i>įtampas</i>, <i>srovės stiprio</i> ir <i>varžos</i> sąvokas.</p> <p>10.2.3. Nusakyti laidininkų jungimo būdus, išmatuoti srovės stiprį ir įtampą paprasčiausiose grandinėse.</p> <p>10.2.4. Apibūdinti elektros srovės šaltinius, jų rūšis, šaltinio elektrovarą.</p>

2. Medžiagų sudėtis ir sandara	
<p><b>Nuostata</b> Suvokti medžiagų atominės sandaros ir medžiagų savybių ryšį.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Remiantis periodinėje elementų lentelėje pateikta informacija apibūdinti atomo sandarą ir cheminius ryšius.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
<p>2.2. Naudotis periodinėje elementų lentelėje pateikta informacija.</p> <p>2.3. Paaiškinti joninį, &lt;...&gt; ir kovalentinį polinį ryšius.</p>	<p>2.2.1. Paaiškinti periodinės elementų lentelės struktūrą remiantis šiuolaikiniu periodiniu dėsniu ir atomo sandara.</p> <p>2.2.2. Susieti cheminio elemento periodo ir grupės numerius su elektronų sluoksniais</p>

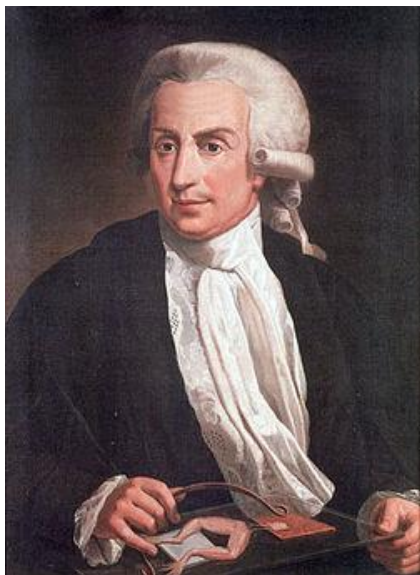
	skaičiumi ir valentinių elektronų skaičiumi. 2.3.1. Paaiškinti sąvokas <i>atomas</i> , <i>jonas</i> , <i>molekulė</i> . 2.3.2. Apibūdinti elektroninės sandaros pokyčius, kai atomas virsta jonu.
--	---

## 6. Oksidacijos-redukcijos reakcijos ir jų taikymas

<b>Nuostata</b> Suvokti cheminių reakcijų ir elektros srovės sąsają. <b>Esminis gebėjimas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apibūdinti procesus, vykstančius vandeniniuose tirpaluose.</li> <li>• Apibūdinti oksidacijos – redukcijos reakcijas ir nurodyti jų taikymo praktikoje galimybes.</li> </ul>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
6.1. Apibūdinti oksidacijos-redukcijos procesus.	6.1.2. Nurodyti oksidatorių ir reduktorių pateiktoje oksidacijos-redukcijos reakcijos lygtyje. 6.1.3. Išlyginti oksidacijos-redukcijos lygtį elektronų balanso būdu.

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

*Galvaninis elementas (GE)* – įrenginys, cheminę energiją paverčiantis nuolatine elektros srove. Du skirtingų medžiagų metalus panardinus į elektrolitą, dėl negrįžtamų cheminių reakcijų, vykstančių riboje skystis-kietas kūnas, elektronai ar įelektrinti jonai kaupiasi ant elektrodų. Vyksta cheminių ryšių energijos, sukauptos šių medžiagų sintezės metu, virsmas į persikirstytų krūvių energiją.



**1 pav. Luidžio Galvanio (1737–1798)** – žymus italų anatomas ir fiziologas. Jo vardu pavadinti elektrocheminiai elementai – galvaniniai elementai (it. Cella galvanica). Preparuodamas varles, Luidžio Galvanis pastebėjo, kad varlės šlaunelė truktelėdavo, kai prie jos priglaudavo du skirtingus metalus. Įelektrintų raumenų judėjimą Galvanis pavadino gyvūnų elektra.

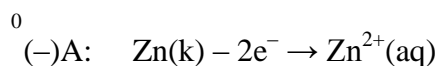
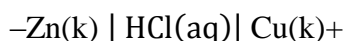


**2 pav. Aleksandras Volta (1745–1827)** žymus italų fizikas. Jis sukūrė praktiniam naudojimui tinkamus elektros srovės šaltinius. A. Voltos išrastas elektros srovės šaltinis įgalino pradėti tirti elektros srovę bei jos sukeliamus reiškinius, tai buvo susiję su visa grandine svarbių atradimų.

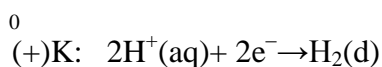
Cheminių srovės šaltinį sukūrė italų mokslininkas Aleksandas Volta (2 pav.) išvystęs Luidžio Galvanio (1 pav.) idėjas. Pastarasis pastebėjo, kad tarp poros skirtingų metalų, įsmeigtų į varlės raumeninį audinį, vyksta iškrova.

Skirtingai negu L. Galvanio, A. Volta, pakartojęs kai kuriuos L. Galvanio eksperimentus, pastebėjo raumens susitraukimą, nesant išorinio elektros šaltinio. Taigi, anot A. Voltos, „metalai yra ne tik geri elektros laidininkai, bet ir jos judintojai“. Būtent jie lemia L. Galvanio stebėtą reiškinį. Aleksandras Volta pirmasis parodė, kad tarp skirtingų metalų, įleistų į elektrolitą, atsiranda elektrovara. Žymima „E“ arba „e“. A. Volta atliko didelę seriją bandymų, ieškodamas metalų porų, kurios duotų didžiausią efektą. Jis išrikiavo metalus į eilę: cinkas, alavas, švinas, geležis, žalvaris, bronzas, varis, platina, auksas ir t. t.; kuo labiau nutolę vienas nuo kito metalai toje eilėje, tuo stipresnį elektros šaltinį jie sudaro.

Šio eksperimento metu mokiniai sudarys ir tirs voltos tipo galvaninius elementus. Voltos tipo galvaniniuose elementuose abu elektrodai yra įmerkiami į vieną elektrolito tirpalą, iš pradžių neturintį elektrodų metalų jonų. Tarkime, cinko (Zn) ir vario (Cu) elektrodus įmerkus į druskos rūgšties tirpalą, spontaniškai vyksta oksidacijos-redukcijos reakcija, kurios metu elektronai yra išstumiami iš katodo elemento – *oksidacijos* procesas, ir elektronai yra sugriebiami / pagaunami anodo elemento – *redukcijos* procesas:



Šiuo atveju elektrolitas yra rūgštis ir vario plokštelė oksidacijos-redukcijos reakcijoje nedalyvauja. Prie varinio katodo vyksta vandenilio jonų redukcijos reakcija:



Galvaninio elemento elektrovara (E) yra katodo ir anodo elektrocheminių potencialų skirtumas:

$$E = \varphi_{katodo} - \varphi_{anodo}.$$

Tiesiogiai išmatuoti metalų elektrocheminių potencialų negalima, tačiau didelės varžos voltmetru galima išmatuoti jų skirtumą – galvaninio elemento (GE) E. Dirbančio galvaninio elemento (kai prijungtas vartotojas) potencialų skirtumas (įtampos kryptis ant išorinės varžos) yra mažesnis už jo elektrovarą ir šių dydžių skirtumas priklauso nuo išorine grandine tekančios srovės stiprio. Jeigu srovės šaltinio (GE) vidinė varža yra labai didelė, palyginti su išorinės grandinės varža, grandine teka silpna srovė, įtampos kryptis ant išorinės varžos labai mažas, ir atvirkščiai: jei išorinės grandinės varža labai didelė, tarkime, voltmetru, palyginti su šaltinio vidaus varža, srovės stipris nykstamai mažas, ir visas įtampos kryptis yra ant išorinės varžos (voltmetro). Taigi voltmetras šiuo atveju matuoja GE elektrovarą (Žr. L. D. „Srovės šaltinio E ir vidaus varžos nustatymas“).

Prie GE prijungus išorinę grandinę elektronai iš aktyvesniojo metalo juda pasyvesniojo metalo kryptimi (elektros srovė teka priešinga kryptimi). GE yra trumpo naudojimo. Nenaudojant GE, elektrodai išimami iš elektrolito, nuplaunami ir išdžiovinami.

Voltos tipo galvaniniai elementai dar vadinami koroziniais galvaniniais elementais. Priklausomai nuo elektrolito terpės, voltos tipo galvaninis elementas gali būti:

- rūgštinis (pH < 7),
- šarminis (pH > 7),
- neutralus (pH ≈ 7).

Standartiniai metalų elektrodų potencialai\* vandenilio atžvilgiu surašyti į eilę, vadinamą metalų įtampų eile. Ši eilė atitinka metalų aktyvumo eilę. Kuo mažesnis (neigiamesnis) metalo elektrodo standartinis potencialas, tuo metalas aktyvesnis ir stipresnis reduktorius.

Apie metalų aktyvumą mokiniai spręs pagal jų pačių sukurto GE poros elektrovarą ir, palygindami juos su metalų aktyvumo eile, darys išvadas.

*\*Potencialų skirtumą tarp metalinio elektrodo ir tirpalo tiesiogiai išmatuoti negalima, reikia kito elektrodo. Tas elektrodas su kuriuo lyginami kiti yra standartinis, arba normalinis vandenilio elektrodas.*

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Šis laboratorinis darbas susideda iš trijų dalių.

*Pirmoji* dalis skirta sukurti voltos tipo elektrocheminį elementą / galvaninį elementą (GE) / ir išmatuoti jo kuriamą elektrovarą (E) priklausomai elektrodų poros medžiagų. Mokiniai, pasirinkę įvairių metalų elektrodams, GE sudarys iš nurodytos koncentracijos druskos rūgšties tirpalo ir dviejų elektrodų. Vario elektrodas bus visuose kuriamuose elementuose. Jo atžvilgiu bus matuojama E. Mokiniai turės nustatyti, kuris metalas reakcijos metu oksiduoja, kuris – redukuojasi; kuris jų sukurto elektrocheminio elemento polius bus teigiamas, kuris – neigiamas; numatyti, kuria kryptimi išorine grandinėse judės elektronai, o kuria – tekės elektros srovė. Kaip apie srovės tekėjimo išorine grandine kryptį galima spręsti iš matuojamo prietaiso parodymų. Kokiais prietaisais matuojama E, kodėl ir kokie reikalavimai šioms prietaisams keliami. Pagrindinis šio eksperimento dalies tikslas, nekeičiant elektrolito, išdėstyti metalų–elektrodų poras pagal kuriamos E dydį ir patikrinti hipotezę: kad kuo toliau metalų aktyvumo eilėje metalai yra vienas nuo kito, tuo didesnę E jie kuria. Matuojant E įrodyti, kad aktyvesnis elektrodų poros metalas – neigiamas.

*Antroji* eksperimento dalis skirta ištirti, ar elektrocheminio elemento kuriama E priklauso nuo elektrolito prigimties. Kur gamtoje randami tokie „elektrolitai“? Kuo savo prigimtimi jie galimai skiriasi?

Mokiniai atsineša įvairių vaisių ir daržovių, smaigsto į juos vario ir cinko elektrodus bei matuoja tokių galvaninių elementų kuriamas E. Vaisių ir daržovių rūgštingumo (pH) vertes randa informacijos šaltiniuose ir surašo į lenteles. Gautus duomenis analizuoja ir daro išvadas.

Nagrinėja klausimą, ar galima sukurti galvaninį elementą skirtingų metalų elektrodus įsmeigus į žalios kiaulienos raumenis ir kas šiuo atveju yra elektrolitas. Kuo šis tyrimas panašus į L.Galvanio ir kuo – į A.Voltos.

*Trečioji* eksperimento dalis skirta sukurti GE (bateriją), tinkamą praktiniam naudojimui. Mokiniai, remdamiesi šio tyrimo pirmųjų dviejų dalių rezultatais, kuria GE (bateriją), kuri tenkintų vartotojo reikalavimus: tarkime, reikia įsižiebtį kaitinimo lemputę arba šviesos diodą. Gavę juos netenkinantį rezultatą, koreguoja savo „gaminį“ atsižvelgdami į vartotojo charakteristikas ir jų sukurto (GE) ar baterijos charakteristikas: E ir vidaus varžą.

Šis tyrimas gali būti atliekamas kaip projektinis darbas. Pirmąją ir antrąją tyrimo dalį mokiniai atlieka pasiskirstę grupelėmis po 3–5 mokinius. Šių dalių tyrimo rezultatus mokiniai pristato ir aptaria diskusijoje bei numato GE (baterijos), tinkamos vartojimui, kūrimo strategiją, atsižvelgdami į turimas priemones ir medžiagas.

Darbas baigiamas išsiaiškinant galimus sunkumus ir kliūtis (jeigu tokių buvo) realizuojant užduotį, kelius, kuriais kliūtys ir sunkumai buvo įveikti ir pristatant geriausią galimą sprendimą.

**Sąvokos, su kuriomis mokiniai jau turi būti susipažinę / turi žinoti:**

- Boro atomo modelis;
- Kinetinė ir potencinė energija;
- Elektrolitų tirpalai;
- Materijos tvermės dėsnis;
- Valentinis elektronų sluoksnis;
- Jonų susidarymas.

### **Saugaus darbo taisyklės:**

Mokiniai turi laikytis visų *Bendrijų saugaus darbo laboratorijoje* taisyklių. Be to:

- Saugotis aštrių metalinių elektrodų galų.
- Šioje laboratorijoje nevalgyti.
- Išmesti / nenaudoti vaisių (daržovių), kuriuos nurodys mokytojas.
- Nusiplauti rankas po to, kai jomis lietė chemikalus, elektrodus, tyrimui skirtą įrangą ar stiklinius indus.

## **EKSPERIMENTAS**

### **II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas**

**Tyrimo problemos.** Kaip sukurti galvaninį elementą? Nuo ko priklauso GE kuriama E? Kaip sukurti „geriausią“ vartotojo poreikius tenkinantį GE (bateriją)?

**Tyrimo hipotezė.** Du skirtingų metalų elektrodus įmerkus į elektrolitą galima sukurti GE. GE kuriama E priklauso nuo elektrodų ir elektrolito prigimties. Parenkant GE elektrolitą, elektrodų poras bei jų paviršiaus plotą, galvaninius elementus jungiant į baterijas galima patenkinti vartotojo poreikius.

**Ekspерименто tikslas** – sukurti „geriausią“ vartotojo poreikius tenkinantį GE (bateriją) iš įvairių gautų medžiagų ir ją iširti: išmatuoti kuriamą E, apskaičiuoti vidaus varžą r. Bateriją išbandyti ir pademonstruoti jos veikimą.

#### **Laukiami rezultatai:**

- Mokiniai giliau suvoks elektrą, kaip elektronų srauto tekėjimą išorine grandine.
- Sužinos, kad kai kurie metalai sudaro / formuoja jonus lengviau už kitus. Tie, su kuriais lengviau formuojami jonai, nusako / determinuoja energijos kiekį, kurį GE gali pagaminti.
- Išmoks, kad elektrocheminės baterijos (voltos elementai, baterijos) sukuria / pagamina energiją spontaniškos cheminės reakcijos, kurioje produktai turi žemesnę potencinę energiją negu sąveikaujantys.
- Giliau supras, kad elektrocheminę bateriją sudaro du skirtingi metalai ir elektrolito tirpalas.

#### **I-oji eksperimento dalis. Galvaninio elemento su vandeniniu druskos rūgšties tirpalu (1M HCl) ir skirtingų metalų elektrodais sudarymas ir tyrimas.**

##### **1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Paruoškite vandeninį druskos rūgšties tirpalą – (1M HCl)
- 1.2. Numatykite, su kokių metalų – elektrodų poromis sudarinėsite GE. Vario elektrodas bus visuose jūsų kuriamuose GE. Jo atžvilgiu matuosite E.



**3 pav.** Voltos tipo elektrocheminis elementas: vario (Cu) ir cinko (Zn) elektrodai įmontuoti plastiko dangtelyje ir įmerkti į druskos rūgšties (HCl) tirpalą. Elemento E matuojama įtampos jutikliu / zondų, prijungtu prie GLX. Įtampos jutiklio / zondo raudonasis gnybtas prijungtas prie vario elektrodo, juodasis – prie cinko elektrodo. GLX skaitmeniniame ekrane matome šio elemento sukurtą  $E=0,92V$



- 1.3. E matuosite GLX'u su prijungtu prie jo įtampos jutikliu / zonu/Įtampos jutiklį / zondą įjunkite į šoninį GLX įtampų lizdą. (Galite naudotis ir srovės-įtampos jutikliu, kuris jungiamas į viršutinį GLX lizdą.).
- 1.4. Pasirinkite duomenų vaizdavimo būdą: skaitmenimis, grafikais ar lentele (šiam aprašyme tyrimo rezultatų pavyzdžiai pateikti trimis būdais).
- 1.5. Į plastiko dangtelį įmontuokite du vario elektrodus.

## 2. *Matavimų procedūros*

- 2.1. Raudonąjį įtampos zondo gnybtą prijunkite prie vienos vario (Cu) plokštelės / strypelio. Spustelkite *Start* ir tuomet juodąjį gnybtą prijunkite prie kitos vario (Cu) plokštelės / strypelio. GLX ekrane pamatysite besibrėžiantį grafiką. Matavimą tęskite.
- 2.2. Atjunkite juodąjį gnybtą ir vietoje vario plokštelės įmontuokite cinko (Zn) plokštelę ir prijunkite prie jos įtampos zondo juodąjį gnybtą. Stebėkite besibrėžiantį grafiką.
- 2.3. Cinką pakeiskite kitu metalu, kuris įrašytas kitoje tavo lentelės eilutėje.
- 2.4. Kartokite veiksmus, aprašytus 3 punkte, kol įtampos visoms metalų poroms su variu bus rekonduotos.
- 2.5. Spustelkite *Stop* ir baikite rinkti duomenis. GLX ekrane pamatysite grafiką, panašų kaip 5 a, b, c pav.
- 2.6. Ši duomenų rinkinį, kuris bus pirmajame E matavimų rinkinyje – Run#1, pervadinkite „HCl“.
- 2.7. Ištraukite abi metalines plokšteles / strypus iš cheminių stiklinių / indų su HCl. Nuplaukite juos vandeniu ir nusausinkite ir išdžiovinkite.
- 2.8. Eksperimentą galite papildyti atlikdami tyrimą su tais pačiais elektrodais ir 0,1 M valgomosios druskos (NaCl) vandeniniu tirpalu.

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė*

- 3.1. Sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) iš įrankių (*Tools*) meniu, atskaitykite E vertes ir surašykite jas į duomenų lentelę.(1 lentelė).

**1 lentelė.** Duomenų lentelė

Elektrodai	E, V 1M HCl vandeninis tirpalas	E, V 0,1M NaCl vandeninis tirpalas
Cu su Cu	0	0
Cu su Zn	0,87 ( 95 )	
Cu su Fe	0,42 ( 47 )	
Cu su Sn	0,38 ( 41 )	

- 3.2. Surašykite metalus eilės tvarka, pradėdami nuo didžiausios kuriamos įtampos iki mažiausios baterijoje su HCl elektrolitu.

### **Mokiniai padaro išvadas apie tai:**

- Ar du to paties metalo elektrodai, įmerkti į elektrolitą, sukūrė E?
- Ar du skirtingų metalų elektrodai, įmerkti į elektrolitą, sukūrė E?
- Kuri metalų – elektrodų pora jūsų tyrime su HCl sukūrė didžiausią E?
- Kaip tai dera su metalų aktyvumo eile?
- Pagal metalų aktyvumo eilę nustatykite, kokia metalų pora galėtų sukurti didžiausią E. Jei turi tokių metalų, atsakymą patikrink eksperimentuodamas.
- Papildoma užduotis: tyrimą atlikote su druskos rūgšties (HCl) vandeniniu tirpalu. Įrodėte, kad jis yra elektolitas. Tyrimą pakartokite su 0,1M valgomosios druskos (NaCl) vandeniniu tirpalu. Ar druskų vandeniniai tirpalai irgi yra elektrolitai?
- Palyginkite metalų aktyvumo eiliškumą tyrime su HCl ir tyrime su NaCl. Ar skiriasi?



- Nuo ko priklauso galvaninio elemento E?

## II -oji eksperimento dalis. Tyrimas su vaisiais ir daržovėmis.

### A. Tyrimas su citrina

#### A.1. *Priemonių parengimas darbui:*

1. Padėk citriną stabiliai ant stalo paviršiaus. Peiliu padaryk joje dvi įpjovas 2–3 cm atstumu vieną nuo kitos.
2. Į vieną įpjovą įsmeik vario plokštelę / strypelį, į kitą – cinko plokštelę / strypelį.
3. Atverk GLX grafinį displejų (kartais jis atsiveria automatiškai, kai tik prijungiamas jutiklis).



**4 pav.** Vario (Cu) ir cinko (Zn) elektrodai įsmeigti į citriną. Šis elektrocheminis elementas (galvaninis elementas) sukūrė 0,97 V elektrovarą. Duomenys šiuo atveju buvo atvaizduoti skaitmeniniame ekrane.

#### A.2. *Matavimų procedūros*

1. Spustelk *Start*. Šis duomenų rinkinys bus rekonduojamas antrame E matavimų rinkinyje. Run#2 pervadink – „Citrina“.
2. Krokodilo tipo gnybtais raudonąjį įtampos zondo gnybtą prijunk prie varinės plokštelės / strypelio, spustelk *Start* ir tuomet juodąjį gnybtą prijunk prie cinko plokštelės / strypelio. GLX ekrane pamatysi besibrėžiantį grafiką.
3. Atjunk juodąjį gnybtą nuo cinko plokštelės, plokštelę ištrauk, o jos vietoje įsmeik kito metalo elektrodą ir prijunk prie jo įtampos jutiklio / zondo juodąjį gnybtą. Stebėk besibrėžiantį grafiką. Matavimą tęsk.
4. Pakeisk antrąjį metalą trečiuoju, kuris įrašytas kitoje tavo lentelės eilutėje.
5. Kartok veiksmus, aprašytus 3 punkte, kol įtampos visoms metalų poroms (su variu) bus rekonduotos.
6. Spustelk *Stop* ir baik rinkti duomenis tyrime su citrina. GLX ekrane pamatysi grafiką, kaip 5 pav. (a, b, c).

**Kl.** Ar yra elektrolito tirpalo citrinoje?

### B. Tyrimas su bulve

#### B.1. *Priemonių parengimas darbui*

1. Ištrauk abi metalines plokšteles / strypus iš citrinos.
2. Nuplauk juos vandeniu ir išdžiovink.
3. Padėk bulvę stabiliai ant stalo paviršiaus. Peiliu padaryk joje dvi įpjovas 2–3 cm atstumu vieną nuo kitos, pakankamai plačias, kad tilptų elektrodai.
4. Į vieną įpjovą įsmeik vario plokštelę / strypelį, į kitą – cinko plokštelę / strypelį.

#### B.2. *Matavimų procedūros*

1. Spustelk *Start*, kad surinktum duomenų rinkinį. Šis duomenų rinkinys bus rekonduojamas trečiame E matavimų rinkinyje – Run#3. Šį matavimą pervadink „Bulvė“.

2. Krokodilo tipo gnybtai, raudonąjį įtampos zondo gnybtą prijunk prie varinės plokštelės / strypelio, spustelk *Start* ir tuomet juodąjį gnybtą prijunk prie cinko plokštelės / strypelio. GLX ekrane pamatysi besibrėžiantį grafiką. Matavimą tęsk.
3. Atjunk juodąjį gnybtą nuo cinko plokštelės, plokštelę ištrauk, o vietoje jos įsmeik kito metalo, kuris įrašytas antroje lentelės eilutėje, plokštelę ir prijunk prie jos įtampos zondo juodąjį gnybtą. Stebėk besibrėžiantį grafiką.
4. Pakeisk antrąjį metalą trečiuoju metalu, kuris įrašytas kitoje tavo lentelės eilutėje.
5. Kartok veiksmus, aprašytus 3 punkte, kol įtampos visoms metalų poroms (su variu) bus rekonduotos.
6. Spustelk *Stop* ir baik rinkti duomenis. GLX ekrane pamatysi grafiką, kaip 7 pav. (a, b, c).

**Kl.** Ar yra elektrolito tirpalo bulvėje?

### C. Tyrimas su pomidoru

#### C.1. *Priemonių parengimas darbui*

1. Ištrauk abi metalines plokšteles / strypus iš bulvės.
2. Nuplauk plokšteles / strypus vandeniu ir išdžiovink
3. Peiliu pomidore padaryk dvi įpjovas 2–3 cm atstumu vieną nuo kitos elektrodams įkišti.
4. Į vieną įpjovą įsmeik vario plokštelę / strypelį, į kitą – cinko plokštelę / strypelį.

#### C.2. *Matavimų procedūros*

1. Spustelk *Start*, kad surinktum duomenų rinkinį. Šis duomenų rinkinys bus rekonduojamas ketvirtajame E matavimų rinkinyje – Run#4. Šį matavimą pervadink „Pomidoras“.
2. Krokodilo tipo gnybtai raudonąjį įtampos zondo gnybtą prijunk prie varinės plokštelės / strypelio, spustelk *Start* ir tuomet juodąjį gnybtą prijunk prie cinko plokštelės / strypelio. GLX ekrane pamatysi besibrėžiantį grafiką. Matavimą tęsk.
3. Tolimesnius veiksmus kartok kaip ir tyrime su citrina ar bulve, kol E visoms metalų poroms (su variu) bus rekonduotos.
4. Spustelk *Stop* ir baik rinkti duomenis. Gausi grafiką, kaip 6 pav. (a, b, c).

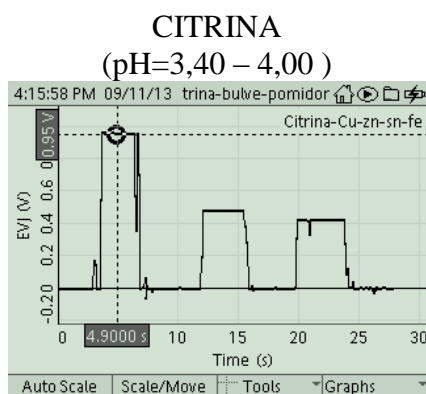
**Kl.** Ar yra elektrolito tirpalo bulvėje?

### 3. *Eksperimento (II dalies: A, B, C) rezultatai ir jų analizė:*

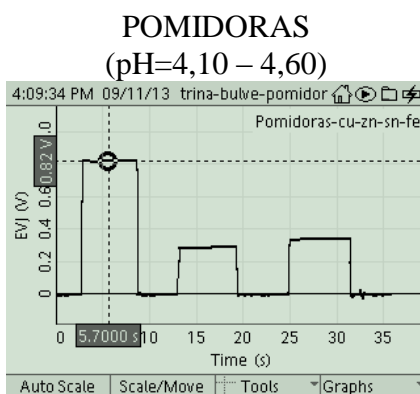
Atverk matavimo duomenų seriją su *citrina* (5 pav. a, b, c.). Sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) iš įrankių (*Tools*) meniu atskaityk E vertes, kurias citrina kuria su vario ir cinko bei vario ir kitų metalų elektrodais ir surašyk jas į GLX ar Excel lentelę (2 lentelė).

Po to atverk matavimų serijas su *pomidoru* (6 pav. a, b, c) ir *bulve* (7 pav. a, b, c) ir išmatuok skirtingų metalų porų kuriamas E juose. Sukurk GLX ar Excel lentelę ir surašyk į ją matavimų duomenis.

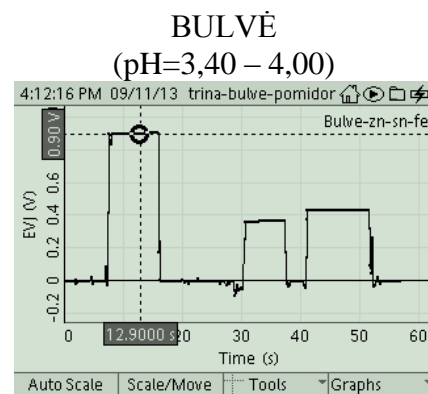
(Jei pasirinkai kitus vaisius ir daržoves bei kitas metalų poras – tai atsispindės tavo matavimuose).



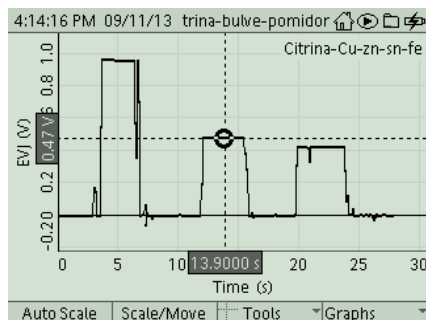
**5 a pav.** Cu- Zn, EVJ=0,95 V



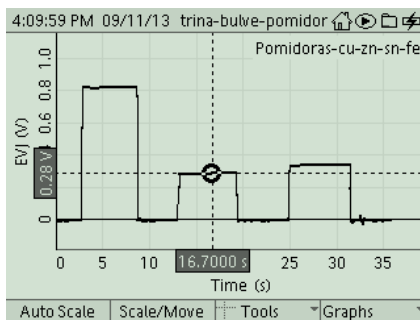
**6 a pav.** Cu- Zn, EVJ=0,82 V



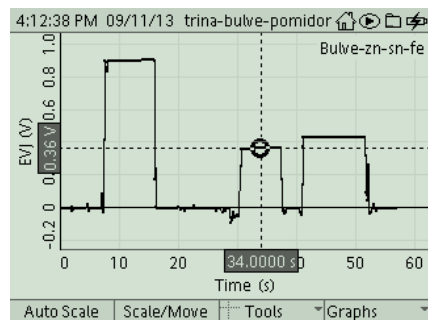
**7 a pav.** Cu- Zn, EVJ=0,90 V



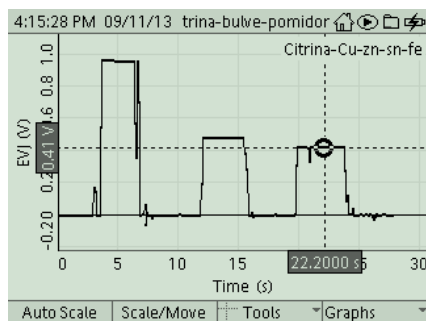
**5 b pav.** Cu- Sn, EVJ=0,47 V



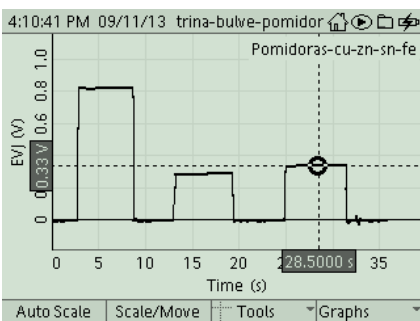
**6 b pav.** Cu- Sn, EVJ=0,28 V



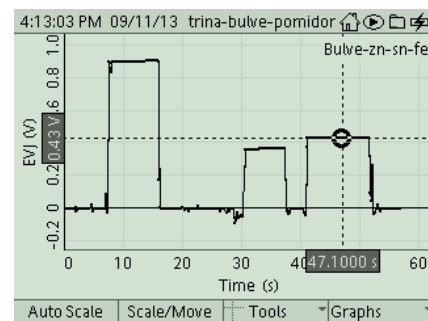
**7 b pav.** Cu- Sn, EVJ=0,36 V



**5 c pav.** Cu- Fe, EVJ=0,41 V



**6 c pav.** Cu- Fe, EVJ=0,33 V



**7 c pav.** Cu- Fe, EVJ=0,43 V

**2 lentelė.** Matavimų duomenys

	E, V HCl 1M tirpalas	EVJ, V Citrina (pH=3,40-4,00)	EVJ, V Bulvė (pH=3,40-4,00)	EVJ, V Pomidoras (pH=4,10-4,60)	EVJ, V Kiti
Cu su Zn		0,87 ( 95 )	0,90	0,82	
Cu su Sn		0,42 ( 47 )	0,36	0,28	
Cu su Fe		0,38 ( 41 )	0,43	0,33	

Išrikiuok metalus eilės tvarka nuo didžiausios kuriamos E iki mažiausios:

- *citrinos* baterijoje,
- *bulvės* baterijoje,
- *pomidoro* baterijoje.

**Mokiniai padaro išvadas (II eksperimento dalies):**

- Ar elektrocheminės baterijos, pagamintos iš HCl, citrinos, bulvės, pomidoro elektrolito tipas turi įtakos metalų aktyvumo eiliškumui?
  - Kokie komponentai reikalingi galvaniniam elementui pagaminti?
- 1 Kas buvo elektronų šaltinis tavo sukurtuose galvaniniuose elementuose?

- Padaryk išvadą, ar priklauso galvaninio elemento (GE) kuriama EVJ nuo elektrodų prigimties?
- Kuri tavo tirta elektrodų pora 0,1M HCl elektrolite sukūrė didžiausią E? Kuri – mažiausią?
- Koks šios poros elektrocheminių potencialų skirtumas (iš lentelių)?
- Ar priklauso galvaninio elemento E nuo elektrolito prigimties?
- Padarykite išvadą, kas galvaniniame elemente labiau lemia kuriamos E dydį: skirtingų metalų pora ar elektrolito prigimtis?

### Mokiniai padaro išvadas (I ir II eksperimento dalies):

- Tiek tyrime su HCl, tiek vaisiuose ir daržovėse, įsmeigus du *skirtingų* metalų elektrodus, vyko savaiminės oksidacijos-redukcijos reakcijos. Tuo pasinaudojant, buvo išgauta elektros energija.
- Tyrimas parodė, kad GE kuriama elektrovara priklauso nuo elektrodų prigimties: kuo labiau nutolę metalai metalų aktyvumo eilėje, tuo didesnė E kuriama.
- Tyrimas parodė, kad galvaninio elemento E priklauso nuo elektrolito prigimties: skirtingų vaisių ir daržovių pH yra nevienodas. E, skirtinguose vaisiuose ir daržovėse sukurta su ta pačia elektrodų pora, skiriasi.

### Pasiūlymai / patarimai mokytojui

Šio eksperimento metu matavimų duomenis GLX'u galime vaizduoti ne tik grafiniame, bet ir skaitmeniniame, ar lentelių displėjuje. Kai vaizduojama *skaitmeniniame* displėjuje (8 pav. a, b, c), vienas mokiny matuoja, antrasis – tuoj pat surašo duomenis į savo paties sudarytą lentelę.

Dirbant GLX *grafiniame* displėjuje, duomenys vaizdinami grafikais. Po to, pasirinkus reikiamą matematinį įrankį, reikiami duomenys atskaitomi (9 pav. a, b, c).

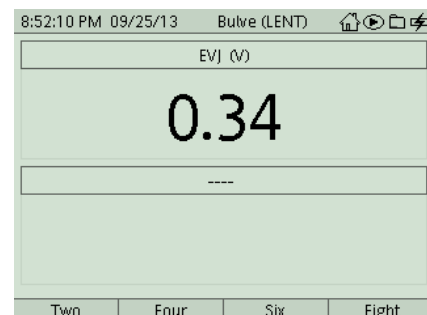
Dirbant GLX *lentelės* displėjuje, sukuriama lentelė. Metalų pavadinimai surašomi savarankiškai, elektrovaros, kurias matuos įtampos jutiklis, atkeliauja automatiškai. GLX lentelę su suvestais metalų pavadinimais ir jų sukurtais elektrovaromis poroje su vario (Cu) bulvėje matote (10 a pav.). Dešinėje (10 b pav.) šie duomenys pavaizduoti grafike.



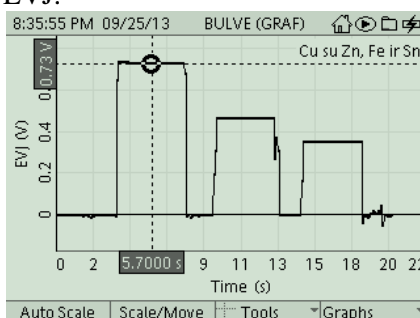
**8 a pav.** Vario (Cu) ir Cinko (Zn) elektrodai bulvėje sukūrė 0,72 V EVJ.



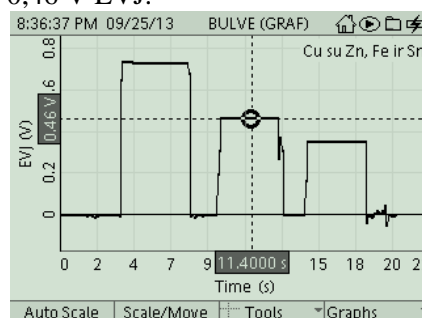
**8 b pav.** Vario (Cu) ir geležies (Fe) elektrodai bulvėje sukūrė 0,46 V EVJ.



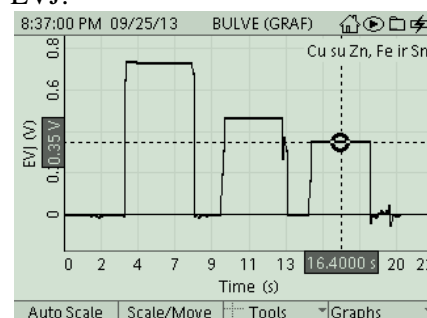
**8 c pav.** Vario (Cu) ir alavo(Sn) elektrodai bulvėje sukūrė 0,34 V EVJ.



**9 a pav.** Vario (Cu) ir Cinko (Zn) elektrodai bulvėje sukūrė 0,73 V EVJ.



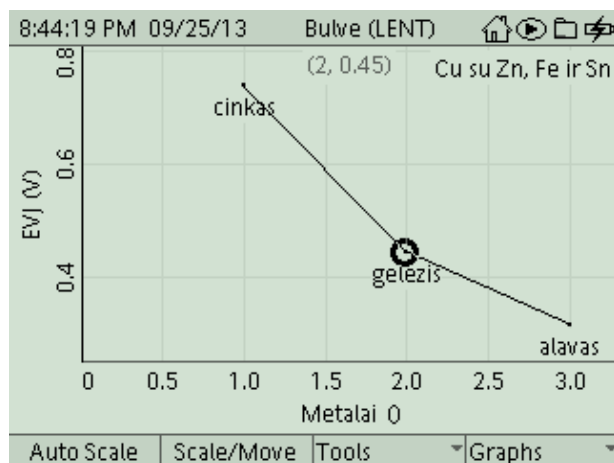
**9 b pav.** Vario (Cu) ir geležies (Fe) elektrodai bulvėje sukūrė 0,46 V EVJ.



**9 c pav.** Vario (Cu) ir alavo (Sn) elektrodai bulvėje sukūrė 0,35 V EVJ.

Cu su Zn, Fe ir Sn EVJ (V)		Metalai
1	0.74	cinkas
2	0.45	geležis
3	0.32	alavas
4		
5		
6		
7		
8		

**10 a pav.** Vario (Cu), poroje su cinku (Zn), geležimi (Fe) ir alavu (Sn) bulvėje (elektrolite) kuriamos elektrovaros. Matavimas atliktas GLX lentelės displejuje, savarankiškai suvedant metalų pavadinimus. EVJ vertės į pirmąją GLX lentelės skiltį ateina automatiškai. Varis į lentelę neįrašomas.



**10 b pav.** Tie patys rezultatai pavaizduoti grafiškai.

### III -oji eksperimento dalis. Sukurti geriausią, vartotojui tinkamą, galvaninį elementą. Išmatuoti jo elektrovarą ir vidinę varžą bei patikrinti jo veikimą.

#### Problemos:

- Kaip pasinaudoti metalų aktyvumo eile, norint sukonstruoti reikiamos E galvaninį elementą? Kaip jungti galvaninius elementus į bateriją, kad būtų gautas šaltinis su didesne E?
- Kaip priklauso baterijos vidaus varža nuo nuosekliai sujungtų GE skaičiaus?
- Kaip praktiškai palyginti įvairių galvaninių elementų vidaus varžas? Iš ko galima spręsti, kad srovės šaltinių su ta pačia E vidaus varžos skiriasi?
- Kokio dydžio E reikia, kad varlės raumuo trukteltų? Ar su turimomis priemonėmis galėtumėte tai patikrinti?

#### 1. Pasirengimas darbui:

*Sudarykite veiksmų planą.*

- 1.1. Pasirinkite elektros srovės imtuvą: juo gali būti žemos įtampos kaitinimo lemputė, šviesos diodas, varikliukas ir kt.
- 1.2. Apžiūrėkite užrašus ant pasirinkto elektros srovės imtuvo. Pavyzdžiui, kaitinimo lemputė: 1,5V, 0,22A. Arba šviesos diodai iš elektronikos rinkinio pažymėti: 57857 (žaliai švytintis) arba 57848 (raudonai švytintis). Ant jų užrašyta 20 mA, tai reiškia, kad .....
- 1.3. Numatykite, kokio srovės šaltinio reikėtų, kad užsidegtų lemputė ar diodas.
- 1.4. Numatykite, kaip pasigaminti reikiamą srovės šaltinį iš turimų vaisių ir daržovių bei metalinių elektrodų porų.
- 1.5. Pagaminkite ir išmatuokite jūsų pagaminto srovės šaltinio E ir vidaus varžą.
- 1.6. Patikrinkite, kaip veikia jūsų pasirinktasis srovės imtuvas.

#### 2. Matavimų procedūros

*Tarkime, mokiniai pasirinko kaitinimo lemputę (vartotojas), kelias citrinas ir cinko bei vario elektrodus srovės šaltiniui sukurti.*

- 2.1. Apžiūrėkite užrašą ant lemputės. Nurašykite, kokiai įtampai ir kokiam srovės stipriui ji apskaičiuota:  $U = \dots\dots\dots V$ ,  $I = \dots\dots\dots A$ .



- 2.2. *Problema:* ar užtektų vienos citrinos su vienu vario ir vienu cinko elektrodu, kad lemputė užsidegtų? Išmatuokite šio galvaninio elemento  $E$  (0,89 V) (1a pav.). (Palyginkite su antros eksperimento dalies rezultatu su citrina.)  
Išvada: Akivaizdu, kad šios įtampos yra permaža.
- 2.3. *Problema:* Jeigu nuosekliai sujungtumėte dvi tokias citrinas (1 b pav.). Kokia turėtų būti šių dviejų, nuosekliai sujungtų galvaninių elementų iš citrinų EVJ? Atsakymą patikrinkite eksperimentuodami. Ar eksperimentas patvirtino jūsų atsakymą?
- 2.4. Prijunkite 1,5 V; 0,22 A lemputę prie dviejų nuosekliai sujungtų citrinų su vario ir cinko elektrodais. Ar lemputė užsidegė? Kaip galvojate, kodėl? Juk jūsų šaltinio  $E$  daugiau negu 1,5 V.



**1 a pav.** Viena citrina su vario ir cinko elektrodais sukūrė 0,97 V elektrovarą. Kokio tikėtės rezultato, jeigu sujungsite dvi citrinas su vario ir cinko elektrodais nuosekliai?

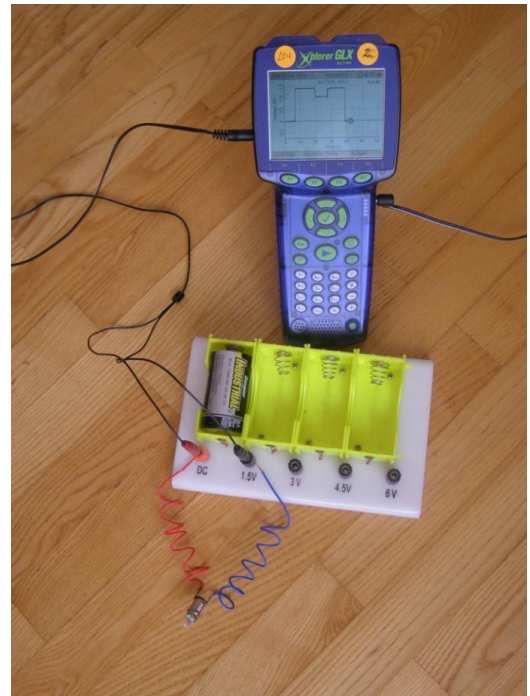


**1 b pav.** Dvi citrinos su vario ir cinko elektrodais sujungtos nuosekliai sukūrė 1,55 V elektrovarą. (Raudonas laidas prie vario elektrodo neprijungtas.) Kokio tikėtės rezultato, jeigu dabar prie jų prijungsite lemputę?





**1 c pav.** Prijungus 1,5 V; 0,22 A lemputę prie dviejų nuosekliai sujungtų citrinų su vario ir cinko elektrodais lemputė nedega, nors tokio šaltinio E daugiau negu 1,5 V. Voltmetras rodo beveik nulinį įtampos krytį ant lemputės. Kaip tai paaiškinti?



**1 d pav.** Tą pačią lemputę prijungus prie pramoninio 1,5 V galvaninio elemento lemputė šviečia, o voltmetras fiksuoja 1,03 V įtampos krytį ant jos.

- 2.5. Atsidarykite GLX grafinį displejų. Grafiniame displejuje spustelkite *Start*, užrašykite dviejų nuosekliai sujungtų citrinų E, prijunkite lemputę ir išmatuokite įtampos krytį ant lemputės, atjunkite vieną elektrodą ir spustelkite *Stop*. Gausite grafiką, kaip (2 a pav.).
- 2.6. Lemputę prijunkite prie pramoninio 1,5V GE.
- 2.7. Tą pačią matavimo procedūrą pakartokite su pramonių galvaniniu elementu. Grafiniame displejuje spustelkite *Start*, užregistruokite E, prijunkite lemputę, užregistruokite įtampos krytį ant lemputės, atjunkite lemputę ir vėl užregistruokite E. Spustelkite *Stop*. Gausite grafiką, kaip (3 a pav.).

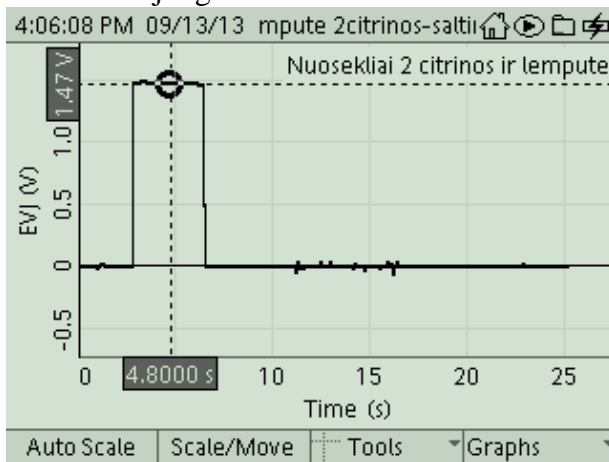
**Žemiau pateikti duomenys, užrašyti GLX grafiniame displejuje.**

### 3. *Eksperimento (III dalies) rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Atverk grafinį langą su matavimų rezultatais. Sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) iš įrankių (*Tools*) meniu, rask:
  - 3.1.1. dviejų nuosekliai sujungtų citrinų E (2 a pav.) įrašyk į III d. (1) lentelę;
  - 3.1.2. įtampos krytį ant lemputės (2 b pav.), t. y. išorinės grandinės dalies ( $U_{i\text{sor}} = IR$ , čia I – srovės stipris, R – lemputės varža);
  - 3.1.3. įtampos krytį šaltinio viduje,  $U_{\text{vid}}$  (2 c pav).  $U_{\text{vid}} = E - U_{i\text{sorinė}}$  ( $U_{\text{vid}} = Ir$ , čia I – srovės stipris, r – srovės šaltinio vidaus varža). Matavimų rezultatus įrašyk į III d. (1) lentelę.
- 3.2. Analogiškai surask pramoninio galvaninio elemento E,  $U_{i\text{sor}}$  ir  $U_{\text{vid}}$  ir rezultatus įrašyk į duomenų lentelę.
- 3.3. Pagal užrašą ant lemputės, apskaičiuok apytikslę lemputės kaitinimo siūlelio varžą R. Pavyzdžiui, užrašyta: 1,5 V; 0,22 A. ( $R = 1,5 \text{ V} / 0,22 \text{ A} = 6,8 \Omega$ )
- 3.4. Apskaičiuok srovės stiprį per lemputę grandinėje su pramoniniu galvaniniu elementu:  $I = U_{i\text{sorinė}} / R$  ( $I = 1,03 \text{ V} / 6,8 \Omega = 0,15 \text{ A}$ )

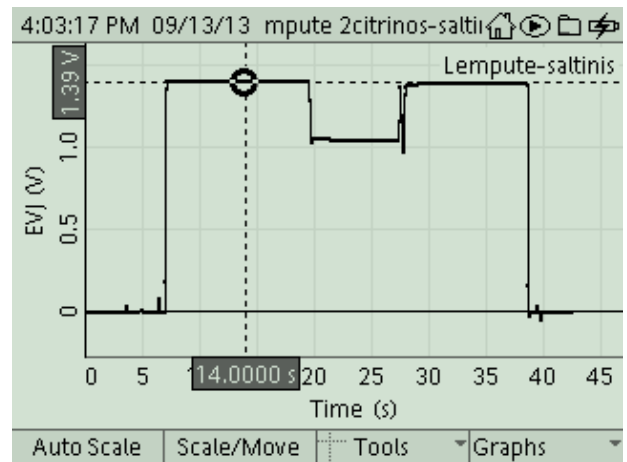
3.5. Apskaičiuok *pramoninio* galvaninio elemento vidaus varžą,  $r$ :  $r = U_{vid}/I$ . Mūsų atlikto eksperimento metu pramoninio elemento vidaus varža buvo: ( $r = 0,36 \text{ V}/0,15 \text{ A}$ ) =  $2,4 \Omega$ .

Tyrimo su lempute ir dviem nuosekliai sujungtom citrinom rezultatai

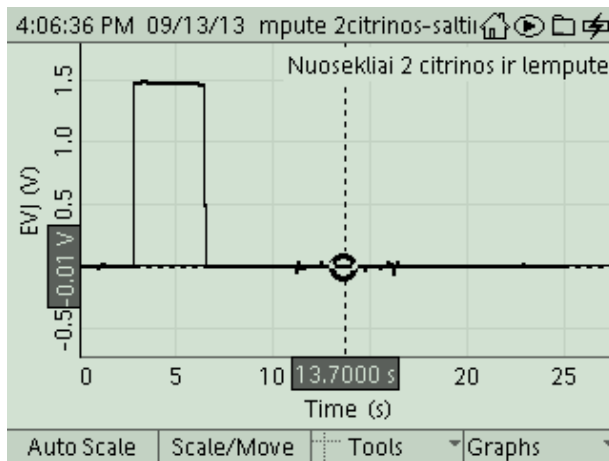


**2 a pav.** Dvi citrinos su vario ir cinko elektrodais sujungtos nuosekliai sukūrė 1,47 V elektrovarą.

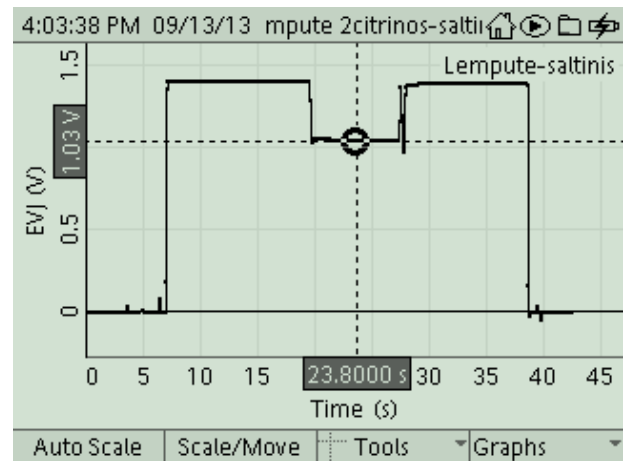
Tyrimo su lempute ir pramoniniu galvaniniu elementu rezultatai



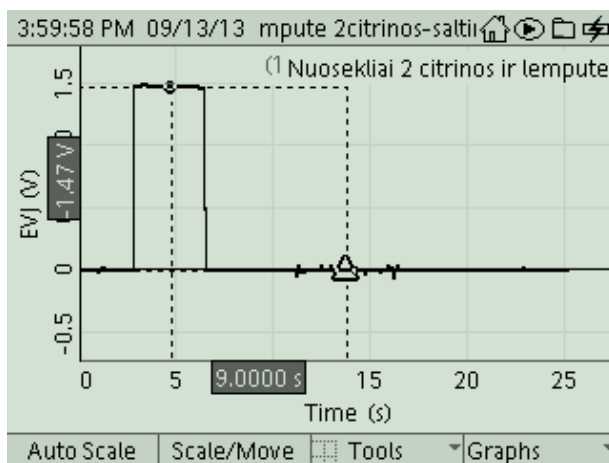
**3 a pav.** Pramoninio galvaninio elemento išmatuota  $E = 1,39 \text{ V}$ .



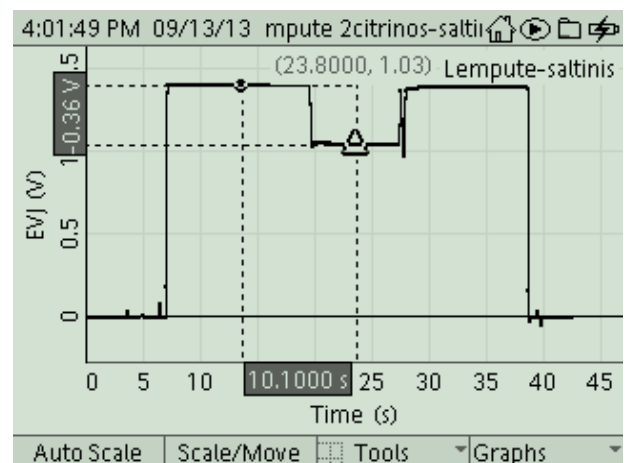
**2 b pav.** Įtampos kryptis  $U_{isor} = IR$  ant lemputės beveik lygus „0“. Vadinasi, kad visa įtampa krinta šaltinio viduje ( $U_{vid} = Ir \approx E$ ).



**3 b pav.**  $U_{isor} = IR$  ant lemputės 1,03 V.



**2 c pav.**  $E - U_{isorinė} = U_{vid} \approx E$



**3 c pav.** Skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) iš įrankių meniu (*F3*), randame įtampos kryptį šaltinio viduje:  $E - U_{isor} = U_{vid} = Ir$ .

### III d. 1 lentelė

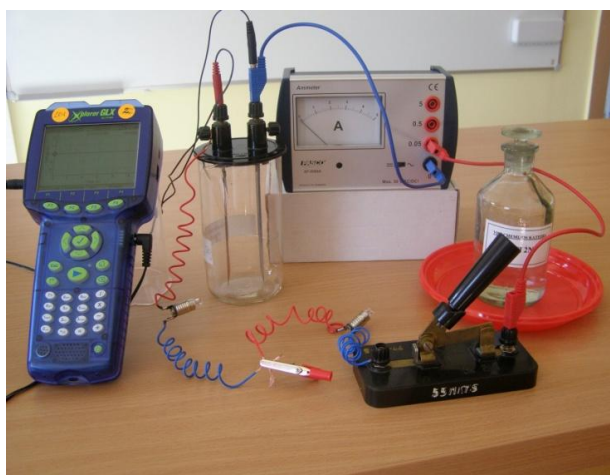
	Tyrimo su lempute ir dviem nuosekliai sujungtomis <i>citrinomis</i> rezultatai	Tyrimo su lempute ir <i>pramoniniu</i> galvaniniu elementu rezultatai
E, V	1,47	1,39
$U_{i\text{šor}}$ , V	0	1,03
$U_{\text{vid}}$ , V	1,47	0,36
R, $\Omega$	6,8	6,8
I, A	$\approx 0$	0,15
r, $\Omega$	Labai didelė. O kokia?	2,4

### Mokiniai padaro III dalies išvadas:

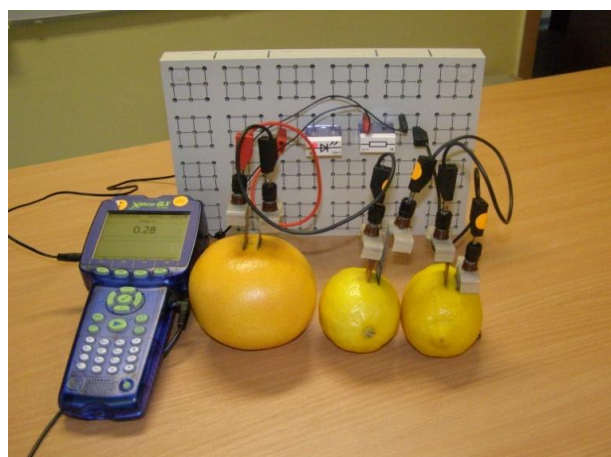
- Dirbančio GE potencialų skirtumas yra mažesnis už jo elektrovarą, ir šių dydžių skirtumas priklauso nuo išorine grandine tekančios srovės stiprio.
- Eksperimentas parodė, kad, kai srovės šaltinio (GE) vidinė varža yra labai didelė, palyginti su išorinės grandinės varža (elektros srovės imtuvo), grandine teka silpna srovė: 1,2 V, 0,22 A lemputė, prijungta prie dviejų nuosekliai sujungtų citrinų su cinko ir vario elektrodais (E – 1,8 V), neįsižiebia, o nuo 1,5 V cheminio elemento – įsižiebia.

### Klausimai ir užduotys

- Kaip srovės šaltinio vidaus varža lemė srovės stiprį grandinėje?
- Su kokiomis problemomis susidūrėte skaičiuodami srovės šaltinio iš dviejų nuosekliai sujungtų citrinų vidaus varžą? Kokia ji, palyginti su šio pramoninio galvaninio elemento vidaus varža?
- Pasiūlykite būdą, kaip sumažinti jūsų pagaminto srovės šaltinio vidaus varžą.
- Pasiūlykite būdą, kaip sukurti galvaninį elementą (bateriją), kurį prijungus, duotoji lemputė užsidegtų.
- Patikrinkite, ar elektrocheminio elemento kuriama E priklauso nuo elektrodų paviršiaus ploto, panardinimo gylio, atstumo tarp jų? Kas, jūsų manymu, priklauso nuo šių faktorių ir kaip eksperimentuojant tai patikrinti?



**4 pav.** Kol elektrolitas (HCl 1M) į cheminę stiklinę neįpiltas, nuosekliai sujungta grandine srovė neteka. Įpilus elektrolitą, GLX rodytų įtampą kryžį ant išorinės grandinės dalies, ampermetras – srovės stiprį grandinėje, tačiau kaitinimo lemputės nešviečia. Kodėl?



**5 pav.** Sujungus tris citrusinius vaisius su cinko ir vario elektrodais nuosekliai ir prijungus prie tokio srovės šaltinio raudoną šviesos diodą ir 1 k $\Omega$  varžą iš elektronikos rinkinio, diodas šviečia ryškiai.

### Pasiūlymai / Rekomendacijos mokytojui:

Mokiniai trečiąją eksperimento dalį gali atlikti nuosekliai jungdami GE iš 1 M druskos rūgšties ar vandeninio NaCl tirpalo. Matuoti E ir srovės stiprį grandinėje su viena ir dviem nuosekliai sujungtomis kaitinimo lemputėmis ir pagal Omo dėsnį uždarajai grandinei skaičiuoti sukurtų baterijų vidaus varžas (4 pav.).

### Mokiniai padaro išvadas:

- Tiek tyrime su HCl, tiek vaisiuose ir daržovėse, įsmeigus du skirtingų metalų elektrodus, vyko savaiminės oksidacijos-redukcijos reakcijos, kurių metu, persiskirsčius elektros krūviams, galvaniniuose elementuose buvo sukaupta potencinė energija.
- Tyrimas parodė, kad GE kuriama E priklauso nuo elektrodų prigimties: kuo labiau nutolę metalai metalų aktyvumo eilėje, tuo didesnė E kuriama. Mūsų atliktame eksperimente visais atvejais didžiausią E gavome su cinko (Zn) ir vario (Cu) elektrodų pora.
- Galvaninio elemento atveju elektronai išorine grandine juda iš aktyvesnio metalo pasyvesnio metalo kryptimi. Elektros srovės kryptis žymima priešingai.
- Tyrimas parodė, kad galvaninio elemento E priklauso nuo elektrolito prigimties: skirtingų vaisių ir daržovių pH yra skirtingas. E, sukurta įvairiuose vaisiuose ir daržovėse su ta pačia elektrodų pora, skiriasi.
- Prijungus prie GE elektros srovės imtuvą, voltmetru galima išmatuoti įtampos kryptį ant išorinės grandinės dalies (pvz., lemputės).
- Įtampos kryptis ant išorinės grandinės dalies yra mažesnis už GE elektrovarą. Dalis įtampos krinta GE viduje.
- Eksperimentas parodė, kad, kai srovės šaltinio (GE) vidinė varža yra labai didelė, palyginti su išorinės grandinės varža (elektros srovės imtuvo), grandine teka silpna srovė: 1,2 V 0,22A lemputė, prijungta prie dviejų nuosekliai sujungtų citrinų su cinko ir vario elektrodais ( E – 1,8 V), neišsižiebia, o nuo 1,5 V cheminio elemento – įsižiebia.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Kaip vadinamas elektrodas, prie kurio vyksta <i>oksidacija</i> ?	1. Elektrodas, prie kurio vyksta <i>oksidacija</i> , vadinamas <i>anodu</i> .
2. Kaip vadinamas elektrodas, prie kurio vyksta <i>redukcija</i> ?	2. <i>Katodu</i>
3. <i>Cinkas (Zn)</i> ar <i>varis (Cu)</i> lengviau praranda elektronus? Kodėl?	3. Cinkas ( <i>Zn</i> )
4. Užrašykite lygtį, pagal kurią metalinis cinkas atiduoda du elektronus ir keliauja į skystį.	4. Metalinis cinkas atiduoda du elektronus ir keliauja į skystį pagal reakciją: $\text{Zn (k)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$
5. Užrašykite lygtį, pagal kurią metalinis varis nusėda ant vario katodo.	5. Metalinis varis nusėda ant vario katodo pagal reakciją: $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu (k)}$
6. Kokia kryptimi juda elektronai išorine grandine?	6. Išorine grandine iš Zn elektrodo (anodo) laidais elektronai juda per elektros srovės imtuvą (lemputę ar kt.) į vario (Cu) elektrodą (katodą).



7. Kas tai yra elektrocheminis srovės šaltinis / galvaninis elementas (GE)?	7. Tai įrenginys, kurį sudaro du skirtingų metalų elektrodai panardinti į laidžią terpę. Dėl negrįžtamų cheminių reakcijų, vykstančių riboje tirpalas-kietas kūnas vyksta elektronų ar jonų kaupimasis ant elektrodų. Juose vyksta negrįžtamas cheminių ryšių energijos, sukauptos medžiagų sintezės metu, virsmas perskirstytų krūvių energija.
8. Ko reikia, norint sukurti Voltos tipo galvaninį elementą?	8. Du skirtingų metalų elektrodai ir elektrolitas.
9. Kaip apibūdinti procesą, kuris įvyksta cinko (Zn) ir vario (Cu) elektrodus panardinus į vandeninį druskos rūgšties tirpalą (HCl)?	9. Oksidacijos-redukcijos reakcija.
10. Kokios lygtys aprašo šį procesą?	10. $-Zn(k)   HCl(aq)   Cu(k)+$ $(-)A: \overset{0}{Zn}(k) - 2e^- \rightarrow Zn^+(aq)$ $(+)K: 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow \overset{0}{H_2}(d)$
11. Kam lygi galvaninio element E?	11. $E = \varphi_{katodo} - \varphi_{anodo}$
12. Kokie energijos virsmas vyksta prie galvaninio elemento prijungus elektros srovės imtuvą (pvz., lemputę)?	12. Potencinė energija, sukaupta galvaniniame elemente, virsta elektronų kryptingo judėjimo laiduose ir elektros srovės imtuve kinetine energija.
13. Kokiais fizikiniais dydžiais charakterizuojamas cheminis srovės šaltinis?	13. Elektrovara ir vidinė varža
14. Kas lemia galvaninio elemento kuriamą E?	14. Elektrodų elektrocheminių potencialų skirtumas.
15. Ką parodo srovės šaltinio E ir kokiais vienetais ji matuojama?	15. Parodo, kiek šaltinyje sukauptos perskirstytų krūvių potencinės energijos gali virsti kitų rūšių energija. $[E] = 1V = \frac{1J}{1C}$
16. Kaip ir kuo galima išmatuoti elektros srovės šaltinio / galvaninio elemento E?	16. Didelės varžos voltmetru
17. Kaip matuojant E suprasti, kuris galvaninio elemento polius yra teigiamas, kuris – neigiamas?	17. Pagal magnetoelektrinės sistemos voltmetro rodyklės pasisukimą arba pagal ženklą prieš elektrovaros vertę skaitmeninio įtampos matuoklio ekrane.
18. Kas yra oksidacijos reakcija?	18. Oksidacija – elektronų atidavimas.
19. Kas yra redukcijos reakcija?	19. Redukcija – elektronų prisijungimas.
20. Prie kurio metalo: $-Zn(k)   HCl(aq)   Cu(k)+$ galvaniniame elemente vyksta oksidacijos ir prie kurio – redukcijos reakcija? Užrašykite jas.	20. Oksidacijos reakcija prie cinko elektrodo, redukcijos prie vario elektrodo.
21. Atliekant tyrimus su vaisiais ir daržovėmis, ar visais atvejais cinko elektrodas buvo neigiamas, o vario teigiamas?	21. Mūsų atliktuose tyrimuose – taip.

22. Ar jūsų tyrimai parodė, kad galvaninio elemento kuriama $E$ priklauso nuo elektrolito prigimties? Atsakymą pagrįskite eksperimento duomenimis.	22. Taip.
23. Kaip mes suprantame, kas tai yra pH?	23. Techniškai, pH – tai yra vandenilio jonų koncentracija.
24. Koks pH įvertinimo intervalas?	24. pH įvertinimo intervalas yra nuo 0 iki 14, kur maži skaičiai reiškia didelį rūgštingumą.
25. Kokiame pH intervale terpė laikoma rūgščia, kokiame – šarminė? Koks pH laikomas neutralios terpės rodikliu?	25. Rūgščių tirpalų $pH < 7$ , šarminių $pH > 7$ , neutralių $pH = 7$ .
26. Ar tyrimai su vaisiais ir daržovėmis rodo ryšį tarp $E$ ir pH?	26. Taip.
27. Kokia dar yra svarbi srovės šaltinio charakteristika be $E$ ?	27. Vidinė varža
28. Kaip, prijungus lemputę prie srovės šaltinio, galima spręsti apie to šaltinio vidaus varžą?	28. Nors šaltinio $E$ ir pakankama, lemputė gali nedegti. Srovės stipri uždarajoje grandinėje lemia pilnutinė grandinės varža ( $R + r$ ).
29. Kas pakistų galvaniniame elemente suartinus elektrodus? Paėmus tų pačių medžiagų didesnio paviršiaus ploto elektrodus? Didesnės koncentracijos elektrolitą? Giliau panardinus elektrodus?	29. Galvaninio elemento vidaus varža. Dėl didesnės koncentracijos elektrolito gali pakisti ir $E$ .
30. Ar pakistų įtampos kryptis ant išorinės grandinės dalies (pvz., lemputės), suartinus elektrodus? Paėmus tų pačių medžiagų didesnio paviršiaus ploto elektrodus? Giliau panardinus elektrodus? Kas šiais atvejais pakinta galvaniniame elemente?	30. Taip, nes, sumažėjus vidinei varžai, pilnutinė varža irgi sumažėja. $E$ , kuri priklauso nuo elektrodų elektrocheminių potencialų skirtumo, nekinta, taigi srovės stipris $I = \frac{E}{R+r}$ turi padidėti ir kartu turi padidėti įtampos kryptis ant išorinės grandinės dalies varžos $R$ . $U_{išorinė} = IR$ .
31. Kas yra elektrolitas žalioje (nevirtoje) mėsoje?	31. Raumenyse, plazminėje membranoje yra $Ca^{2+}$ jonų atsargų? Šie jonai atsakingi už raumenų susitraukimus? (Mėšlungis dėl kalcio ir magnio jonų trūkumo)
32. Dėl ko negalima valgyti vaisių ir daržovių, į kuriuos buvo įsmeigti cinko (Zn) elektrodai?	32. Susidaro cinko jonai ( $Zn^{2+}$ ), kurie yra kenksmingi.



#### 4.5. FOTOSINTEZĖ (O<sub>2</sub> SLĖGIO MATAVIMO METODU)

##### Bendrosios ugdymo programos. Pagrindinis ugdymas.

Gamtamokslis ugdymas. 9–10 klasės.

2. Organizmų sandara ir funkcijos	
<b>Nuostata</b> Suvokiant organizmų sandaros ir funkcijų vienovę, gyvybės trapumą, gerbti gyvybę, jausti atsakomybę, saugoti savo ir kitų žmonių sveikatą.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.2. Paaikškinti fotosintezės, kvėpavimo <...> reikšmę gyvojoje gamtoje.	2.2.1. Apibūdinti fotosintezės ir kvėpavimo metu vykstančius energijos virsmus organizme. Susieti šiuos procesus su deguonies ir anglies dioksido apytaka gamtoje.

##### Bendrosios ugdymo programos:

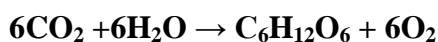
Vidurinis ugdymas. Gamtamokslis ugdymas. Integruotas gamtos mokslų kursas. 11–12 klasės. Bendrasis kursas. 11–12 klasės.

5. Organizmas	
<b>Nuostata</b> Suvokti ląstelę kaip mažiausią organizmo dalelę, kurioje vyksta gyvybiniai procesai.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Paaikškinti ląstelėse vykstančių procesų reikšmę gyvybinei organizmo veiklai.<...>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.2. Apibūdinti energijos ir medžiagų virsmus ląstelėje ir organizme.	5.2.3. Apibūdinti fotosintezę kaip augalų ląstelėse vykstantį procesą, kurio metu šviesos energija vartojama organinėms molekulėms sintetinti. 5.2.4. Susieti augalų fotosintezės procesą su gliukozės ir deguonies panaudojimu augalų ir gyvūnų ląstelėse.

##### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Svarbiausios cheminės reakcijos vyksta žaliuose medžių ir žolių lapuose mikroorganizmuose melsvadumbluose, kai į juos patenka saulės šviesa. Saulės apšviestame žaliame lape vyksta visai Žemės gyvybei būtinas procesas fotosintezė. Jo metu susidaro mums visiems reikalingos masto medžiagos ir deguonis. Lapai sugeria iš oro anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) dujas ir suskaido jo molekules į anglį ir deguonį. Tai vyksta chlorofilo molekulėse, kurios yra veikiamos saulės spindulių. Augalai iš žemės šaknimis siurbia vandenį ir mineralines medžiagas, kurie yra naudojami susidarant organinėms medžiagoms (baltymų, riebalų, angliavandenių molekulėms, t. y. mūsų ir gyvūnų maistui). Visame tame dalyvauja saulės spindulių energija. Čia svarbu ne tik pati energija, bet ir jos forma. Fotosintezė galima tik veikiant tam tikro spektro intervalo šviesai.

Šio eksperimento metu mokiniai tirs šviesos ir tamsos fotosintezės fazes. Tyrimo objektu bus pasirinktas vandens augalas – elodėja. Vandenyje yra ištirpusio oro. *Apšvietus* vandenyje panardintą elodėją, tam tikro intensyvumo šviesa, vyksta cheminė reakcija:



kurios metu, augalo sugertas anglies dioksidas reaguoja su vandeniu ir šios reakcijos metu susidaro gliukozė bei išskiria deguonis. Gliukozė yra kaupiama augaluose.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Į didelį mėgintuvėlį (ar kitą skaidrų indą) su vandeniu mokiniai panardins elodėją (ar kitą vandens augalą). Viena tyrimo dalis bus atliekama apšviečiant augalą balta šviesa, antroji – tamsoje. Mokiniai tirs dvi fotosintezės fazes: šviesos ir tamsos. Tyrimo metu registruos augalo apšviestumą (šviesos intensyvumą) ir slėgio kitimą virš vandens su vandens augalu paviršiaus bei stebės vandenyje vykstantį procesą.

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu, kaip struktūruotas tyrinėjimas.**

Šį darbą galima atlikti ir kaip **III lygmens tyrinėjimą**. Šiuo atveju papildomai mokiniai galėtų tirti procesą žalioje šviesoje bei esant skirtingiems šviesos intensyvumams.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Ko reikia, kad vyktų fotosintezė? Kaip suprasti, kad ji vyksta? Kokie jos rezultatai?

**Tyrimo hipotezė.** Vandenyje panardintą augalą apšvietus balta šviesa, augalas „sugeria“ anglies dioksidą ir išskiria deguonį, o jame, šviesos poveikyje, kaupiasi angliavandeniai.

**Eksperimento tikslas** – O<sub>2</sub> slėgio matavimo metodu įrodyti, kad vyksta fotosintezė. Išmatuoti dėl fotosintezės metu susidariusio deguonies oro slėgio padidėjimą virš vandens su vandens augalu paviršiaus. Tyrimą atlikti apšviečiant augalą tam tikro intensyvumo balta šviesa ir tamsoje. Gautą rezultatą palyginti ir padaryti išvadas.

### Laukiami rezultatai:

- Giliau supras fotosintezės reiškinių.
- Gebės susieti fotosintezės procesą su deguonies ir anglies dioksido apytaka gamtoje.
- Gebės naudoti įrangą šviesos intensyvumo ir slėgio matavimams.
- Gebės duomenis vaizduoti grafikais, atlikti grafinių duomenų lyginamąją analizę.
- Bus ugdomas supratimas, kodėl reikia saugoti žaliąją gamtą.

### Eksperimento priemonės:

- GLX, NOVA5000, SPAK'as ar grafinis duomenų kaupiklis;
- Slėgio, apšviestumo, temperatūros jutikliai (gali būti daugiafunkciniai);
- Vandens augalas (akvariuminė žolė – geriausia elodėja);
- Kaitinimo lempa (220V, 120W) su reflektoriumi (gali būti stalinė lempa);
- Žalias šviesos filtras;
- Didelis mėgintuvėlis su sandariu kamščiu (gali būti ir kitas indas);
- Stiklinė (apie 10 cm skersmens) su vandeniu;
- Matavimo ruletė arba ilga liniuotė;
- Kompiuteris (nebūtinai);
- Juodo polietileno skiautė indui apsupti;
- Popierinis rankšluostis;
- Lipni juostelė.

## Darbo eiga

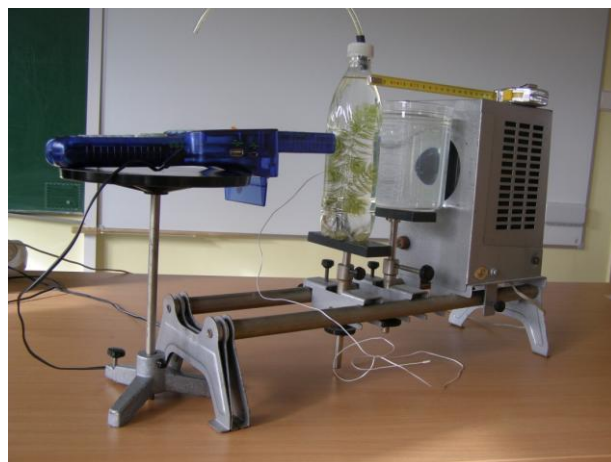
### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Atplėškite augalo šakelę tokio ilgio, kad, įmerkus į vandenį, jo viršūnėlė būtų apsemta.
- 1.2. Prie augalo pririškite sunkų krovinėli (gali būti kelios metalinės sąvaržėlės).
- 1.3. Į mėgintuvėlį pripilkite vandens ir panardinkite į jį augalą.
- 1.4. Mėgintuvėlį sandariai užkimškite kamščiu su skylė. Tarp vandens paviršiaus ir kamščio palikite nedidelį oro tarpą.
- 1.5. Prie GLX prijunkite slėgio, apšvietos ir temperatūros jutiklį.

- 1.6. Slėgio jutiklį vamzdeliu su greito prijungimo-atjungimo jungtimis sujunkite su indu, kuriame panardintas augalas (1 pav.).
- 1.7. Priešais indą su augalu pastatykite kaitinimo lempą su gaubtu, o tarp jų – cheminę (apie 10 cm skersmens) stiklinę, šilumai absorbuoti.
- 1.8. Už indo su augalu padėkite GLX'ą taip, kad apšviestumo jutiklis būtų ties šviesos srauto kritimo į augalą vieta (2 pav.).
- 1.9. Indą su augalu apgaubkite juoda plėvele.



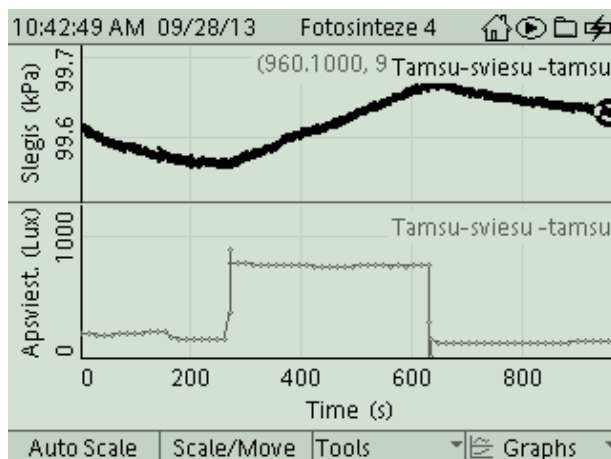
**1 pav.** GLX'as su apšvietos ir slėgio-temperatūros jutikliu. Į pastarojo temperatūros lizdą įjungtas greito reagavimo temperatūros jutiklis / zondas. Slėgio lizdas vamzdeliu su greito prijungimo-atjungimo gnybtu sujungtas su indu, kuriame vandenyje panardintas augalas. GLX'o skaitmeniniame displejuje vienu metu matome pradinį slėgį, apšvietimą ir temperatūrą.



**2 pav.** Už indo su augalu padėtas GLX'as taip, kad apšvietos jutiklis būtų ties šviesos srauto kritimo į augalą vieta.

## 2. *Matavimų procedūros*

- 2.1. Matavimą pradėkite tamsoje: spustelkite *Start*, kai augalas yra neapšviestas.
- 2.2. Po 3–5 minučių indą su augalu apšvieskite: nuimkite plėvelę ir įjunkite lempą. Stebėkite apšviestą augalą vandenyje ir besibrėžiantį grafiką GLX'o ar NOVOS ekrane.
- 2.3. Matavimą šviesoje tęskite 6–8 minutes.
- 2.4. Išjunkite lempą ir indą vėl apgaubkite juoda plėvele. Dar kelias minutes tęskite matavimą ir po to – spustelkite *Stop*. GLX ekrane gausite grafiką, panašų kaip 3 pav.



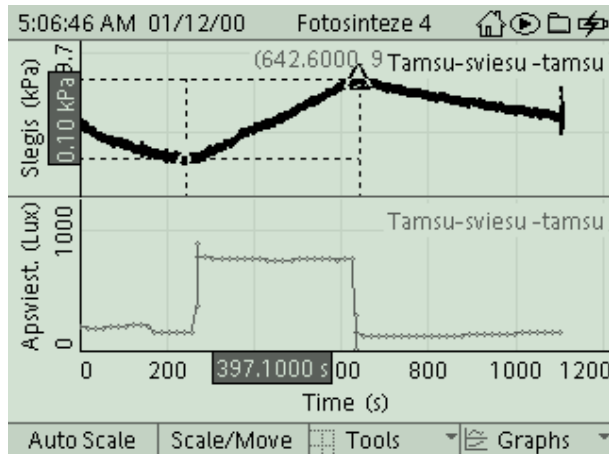
**3 pav.** Baigę matuoti, GLX ekrane matysite slėgio ir apšvietos kitimo grafiką, panašius, kaip šiame paveiksle. Atkreipkite dėmesį į tai, kad visiškai tamsos šio eksperimento metu nebuvo.

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė*

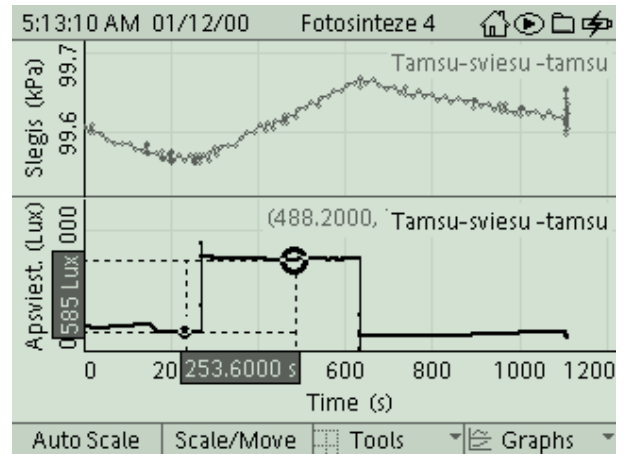
*Eksperimento rezultatus analizuokite lygindami slėgio ir apšviestumo grafiką bei atsakydami į klausimus:*

- Kaip kito slėgis, kai lempa buvo išjungta ir augalas apgaubtas juoda plėvele? Kaip manote, kodėl?
- Kaip kito slėgis lempą įjungus ir nuo augalo nuėmus juodą plėvelę (4 pav.)?

- Koks tuomet buvo augalo apšvieta? Ką matėte stebėdami apšviestą augalą? Kaip manote, kas galėtų būti kylančiuose burbuliukuose? Kaip patikrinti? Kaip vadinasi ši fotosintezės fazė?
- Kiek pakito augalo apšviestumas įjungus lempą, palyginti su pradiniu? (5 pav.) Ar galite teigti, kad jūsų tyrimo pradžioje buvo visiškai tamsu?
- Kiek laiko jūsų tyrime truko šviesos periodas / fazė? Koks procesas vyksta šviesos fazės metu? Kas gaminasi šio proceso metu?
- Ar galima teigti, kad per visą stebėjimo laiką kylančių burbuliukų skaičius kinto? Kaip tai dera su slėgio priklausomybės nuo laiko grafiku?
- Kaip kito slėgis vėl išjungus lempą ir augalą apgaubus juoda plėvele? Kaip manote, ar šiuo atveju galėtumėte stebėti kylančius burbuliukus?



**4 pav.** Įjungus lempą, apšviestumas staiga padidėja (apatinis grafikas), tačiau slėgis kyla palaipsniui (viršutinis grafikas). Analogišką reiškinį stebime ir išjungę lempą. Skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) randame, kiek padidėja slėgis įjungus lempą.



**5 pav.** Skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) randame, kiek padidėja apšviestumas įjungus lempą.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- Apšvietę vandenį panaardintą vandens augalą balta šviesa matome, kad pradeda formuotis nuo augalo iš vandens kylantys burbuliukai. Prietaisai fiksuoja oro slėgio virš vandens padidėjimą. Darome išvadą, kad slėgio padidėjimą sąlygoja fotosintezės metu susidaręs ir išsiskyręs deguonis.
- Tamsoje / Tamsos fazėje / slėgio padidėjimo neužfiksuota: vadinasi, tamsos fazėje augalas deguonies neišskiria.

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Kas tai yra fotosintezė?	1. Procesas, kuriam vykstant šviesos energija paverčiama chemine ryšių energija.
2. Ko reikia, kad vyktų fotosintezė?	2. Saulės šviesos, CO <sub>2</sub> , žalių augalų, vandens.
3. Kokias žinote fotosintezės fazes?	3. Šviesos ir tamsos fazės.
4. Kokie produktai susidaro šviesos fazėje (vykstant šviesinei reakcijai)?	4. Šviesos fazėje (šviesos energijos sugėrimo fazėje): Saulės šviesa E sunaudojama ATP ir NADPH sintetinti, skaidomas vanduo ir išskiriamas susidaręs deguonis.
5. Kokia reakcija vyksta fotosintezės metu?	5. $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{šviesa} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$ ,

6. Iš ko sprendėte, kad apšviestas augalas gamino deguonį? Kaip tai patikrinti?	6. Pradėjo kilti burbuliukai ir padidėjo slėgis. Tikrinama su rusenančia kalele. Ji turi užsidegti.
7. Kokius žinote būdus patikrinti, kad fotosintezės metu augalo lapuose kaupiasi krakmolas?	7. Atlikti krakmolo tyrimą jodo tirpalu.
8. Kokią įtaką turi šviesos intensyvumas fotosintezės greičiui?	8. Didėjant šviesos intensyvumui fotosintezės greitis didėja.
9. Kas tai yra šviesos intensyvumas (apšvieta (E)) ir kokiais vienetais jis matuojama?	9. $[E]=lx$ .
10. Ką šiame eksperimente reiktų padaryti, norint apšvietą sumažinti keturis kartus?	10. Atstumą du kartus padidinti.
11. Kurių matomos šviesos spektro sričių bangų energiją geriausiai sugeria augalai? Kokio tai ilgio šviesos bangos? Kokie jų dažniai?	11. Raudonų ir mėlynų ()
12. Ar vyktų fotosintezė augalą apšvietus infraraudonaisiais spinduliais? Ultravioletiniais?	12. Ne. Nesugertų CO <sub>2</sub> .
13. Kas atsitiktų su augmenija, jeigu Saulė nustotų švietusi?	13. Žūtų.
14. Šilumai absorbuoti pastatėte stiklinę su vandeniu. Kodėl vanduo yra geras šilumos sugerėjas?	14. Vandens didelė savitoji šiluma.

**Papildomos užduotys III tyrinėjimo lygmeniui:**

- Tyrimą atlikite esant bent trimis skirtingiems šviesos intensyvumams.
- Tyrimą atlikite žalioje šviesoje.

#### 4.6. GLIUKOZĖS IR FRUKTOZĖS OPTINIO AKTYVUMO TYRIMAS

##### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

<b>8. Gyvybės chemija</b>	
<b>Nuostata</b> Atsakingai elgtis su gyvąja ir negyvąja gamta, saugoti ją ir racionaliai naudoti jos išteklius.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Paašškinti biologiškai svarbių organinių medžiagų sandarą ir savybes.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
8.3. Paašškinti angliavandenių – gliukozės, fruktozės, sacharozės, krakmolo ir celiuliozės – susidarymą ir biologinę reikšmę.	8.3.5. Nurodyti, kad sacharozė yra gliukozės ir fruktozės junginys.
<b>9. Šiuolaikiniai tyrimo metodai</b>	
<b>Nuostata</b> Kūrybingai ir saugiai tyrinėti gamtos reiškinius.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Apibūdinti chemijoje taikomus tyrimo metodus.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
9.2. Apibūdinti medžiagų sandaros tyrimo metodus.	9.2.5. Pateikti pavyzdžių, kaip fizikiniai medžiagų tyrimo metodais taikomi praktikoje.

##### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Biologija. Bendrinis kursas. 11–12 klasės.

<b>1. Metodologiniai biologijos klausimai</b>	
<b>Nuostata</b> Įvairiais metodais tyrinėti biologinius reiškinius ir procesus.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinius metodus ir biologijos atradimų reikšmę.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
1.3. Taikyti matematikos ir informacijos paieškos žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti.	1.3.1. Tiksliai atlikti matavimus ir apibendrinti gautus rezultatus. Apskaičiuoti procentus, vidurkius, santykius. Užrašyti gautus rezultatus ir pavaizduoti juos naudojantis kompiuterinėmis technologijomis.
<b>2. Ląstelė – gyvybės pagrindas</b>	
<b>Nuostata</b> Suvokti ląstelę kaip mažiausią organizmo dalelę, kurioje vyksta gyvybiniai procesai.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Suprasti, kad visi organizmai sudaryti iš ląstelių, paašškinti ląstelėse vykstančių procesų reikšmę gyvybinei organizmo veiklai.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
2.1. Apibūdinti organinius junginius, įeinančius į ląstelių sudėtį.	2.1.1. Apibūdinti angliavandenius kaip energetines, atsargines ir statybines medžiagas ir pateikti šias funkcijas atliekančių angliavandenių pavyzdžių. 2.1.2. Atlikti įvairių augalinės kilmės maisto produktų tyrimus pasirinktai organinei medžiagai nustatyti.



## Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Biologija. Išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

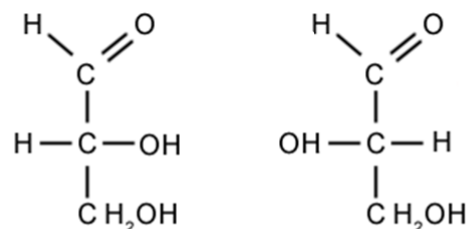
1. Metodologiniai biologijos klausimai	
<b>Nuostata</b> Įvairiais metodais tyrinėti biologinius reiškinius ir procesus.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinius metodus ir biologijos atradimų reikšmę.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.3. Taikyti matematikos ir informacijos paieškos žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir problemoms spręsti.	1.3.1. Tiksliai atlikti matavimus, apibendrinti ir pateikti gautus rezultatus. Apskaičiuoti procentus, vidurkius, santykius. Užrašyti gautus rezultatus, apdoroti juos statistiškai ir pavaizduoti naudojantis kompiuterinėmis technologijomis.
2. Ląstelė – gyvybės pagrindas	
<b>Nuostata</b> Suvokti ląstelę kaip mažiausią organizmo dalelę, kurioje vyksta gyvybiniai procesai.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Suprasti, kad visi organizmai sudaryti iš ląstelių, paaiškinti ląstelėse vykstančių procesų reikšmę gyvybinei organizmo veiklai.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.1. Apibūdinti organinius junginius, įeinančius į ląstelių sudėtį. Paaiškinti šių organinių junginių ir vandens reikšmę organizmo gyvybinėms funkcijoms.	2.1.1. Apibūdinti angliavandenius kaip energetines, atsargines ir statybines medžiagas ir pateikti šias funkcijas atliekančių angliavandenių pavyzdžių. Apibūdinti angliavandenių įvairovę (monosacharidai, disacharidai ir polisacharidai) ir susieti ją su jų funkcijomis. 2.1.2. Atlikti įvairių augalinės kilmės maisto produktų tyrimus pasirinktai organinei medžiagai nustatyti.

## LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Kai kurios medžiagos (cukrus, nikotinas, kvarcas) pasuka sklindančios tiesiai poliarizuotos šviesos poliarizacijos plokštumą. Tokios medžiagos vadinamos *optiškai aktyviosiomis*, o poliarizacijos plokštumos pasukimo reiškinys – *optiniu aktyvumu*. Optinį aktyvumą lemia medžiagos sandaros ir struktūros ypatumai. Vienų medžiagų optinis aktyvumas nepriklauso nuo medžiagos agregatinės būsenos. Tokių medžiagų optinį aktyvumą lemia molekulių struktūra, kurioje nėra simetrijos centro ir simetrijos plokštumos. Šiai grupei priklauso organinės medžiagos (pavyzdžiui, cukrus, kamparas), kurios turi anglies atomą, sujungtą su keturiais skirtingais (atomais ar radikalais) pakaitais, vadinamą chiraliniu. Kitos medžiagos yra optiškai aktyvios būdamos tik kristalinės būsenos (pavyzdžiui, kvarcas, valgomoji druska). Šių medžiagų optinį aktyvumą lemia kristalo sandaros asimetrija. Šioms medžiagoms lydantis ar tirpstant jų optinis aktyvumas išnyksta.

Gamtoje egzistuoja po dvi visų optiškai aktyvių medžiagų atmainas: *dešininio* sukimo, kurios poliarizacijos plokštumą suka į dešinę (pagal laikrodžio rodyklę) ir *kairinio* sukimo, kurios poliarizacijos plokštumą suka į kairę (prieš laikrodžio rodyklę). Šiuo metu naudojamos kelios chiralinių junginių nomenklatūros: D, L sistema ir R, S sistema. R, S sistemoje kiekvienas chiralinis atomas molekulėje įvardijamas kaip R ar S atskirai, t. y. tas atomas, kuris suka poliarizacijos plokštumą pagal laikrodžio rodyklę, vadinamas dešininio sukimo R centru, tas, kuris suka poliarizacijos plokštumą prieš laikrodžio rodyklę, kairinio sukimo S centru. D, L sistemoje chiralinį centrą turinčios molekulės lyginamos su mažiausios molekulės, turinčios chiralinį centrą – glicerolio aldehido enantiomerų, geometrine konfigūracija. Glicerolio aldehido enantiomeras, sukantis poliarizuotos šviesos plokštumą į dešinę, žymimas (+) ir vadinamas D-izomeru, o sukantis šviesos plokštumą į kairę optinis izomeras (-), vadinamas L-izomeru (1 pav.).

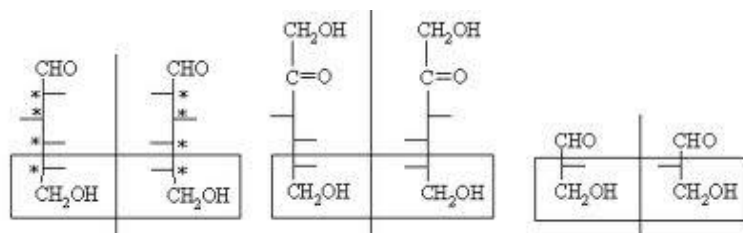
Dauguma monosacharidų turi kelis asimetrinius (chiralinius) anglies atomus. Monosacharidų konfigūracija nustatoma pagal radikalų išsidėstymą prie labiausiai nuo karbonilo nutolusio asimetrinio anglies atomo. D grupei priskiriami tie sacharidai, kuriuose prie paskutinio chiralinio atomo (toliausiai nutolusio nuo karbonilo grupės) hidroksigrupė yra toje pačioje pusėje kaip ir D-glicerolio aldehido, tai yra dešinėje pusėje (pvz., D- ir L-gliukozė, 2 pav.). To paties pavadinimo D- ir L-monosacharidai vadinami **enantiomerais**, jų molekulės yra viena kitos veidrodinis atvaizdas.



D-Glicerolio aldehidas L-Glicerolio aldehidas

**1 pav.** D-glicerolio aldehido ir L-glicerolio aldehido struktūrinės formulės.

Tokių veidrodinės simetrijos molekulių cheminės savybės nesiskiria, tačiau skiriasi geba sukti poliarizacijos plokštumą. Daugelis gyvojoje gamtoje randamų organinių molekulių (baltymai, polisacharidai, nukleorūgštys) yra chiralinės ir atitinkamuose organizmuose sutinkamos tik vienos simetrijos, t. y. pasuka šviesos poliarizacijos plokštumą kuria nors viena kryptimi. Realus dešinysis (+) ar kairysis (-) sukimo kampas priklauso nuo visų molekulėje esančių chiralinių centrų.



D(+)-gliukozė L(-)-gliukozė D(-)-fruktozė L(+)-fruktozė D(+)-glicerolis L(-)-glicerolis  
**2 pav.** Optiniu aktyvumu pasižyminčios molekulės. (\*) pažymėti gliukozės molekulės chiraliniai centrai.

Didelė dalis angliavandenių, žmogui ir kitiems gyviesiems organizmams reikalingų kaip pagrindinis energijos šaltinis, yra chiralinės molekulės. Kad organizmas galėtų pasisavinti cukrų, šis turi būti suskaidytas į fruktozę ir gliukozę. Maisto pramonėje dažnai naudojamas invertuotas cukrus (arba kitaip cukraus sirupas). Jis gaunamas skaidant sacharozę į gliukozės ir fruktozės mišinį. Invertuotame cukruje šių angliavandenių santykis yra 1:1, tačiau šis cukrus yra 1,3 karto saldesnis nei sacharozė ir 1,7 karto saldesnis nei gliukozė. Be to, padidintas fruktozės kiekis saldiklyje daro jį patrauklų cukriniu diabetu sergančiam pirkėjui. Fruktozė priskiriama lėtai tirpstantiems angliavandeniams. Organizme ji pirma paverčiama gliukoze ir tik po to panaudojama. Tai lėtina fruktozės patekimą į kraują. Invertuotas cukrus, kuriame fruktozė ir gliukozė pasiskirsčiusi tam tikru santykiu (toks pats santykis būdingas ir daugumai medaus rūšių) yra labai palanki glikogeno gamybai kepenyse. Glikogenas yra gliukozės atsargų šaltinis, teikiantis reikiamu momentu ląstelėms energiją.

Terminas „invertuotas“ cukrus yra kilęs iš cukraus sirupo koncentracijos nustatymo poliarimetrinio metodo. Sacharozės tirpalas suka šviesos poliarizacijos plokštumą į dešinę pusę (savitasis sūkis yra + 66,5°). Kai tirpalas yra suskaidomas į fruktozę (savitasis sūkis yra - 93°) ir gliukozę (savitasis sūkis yra + 52,6°), suminis poliarizacijos plokštumos sukimas pasikeičia (invertuojasi) iš teigiamo į neigiamą, t.y. pakinta iš + 66,5° į - 40,4°. Taigi, poliarimetru galima nustatyti gliukozės ir fruktozės santykį tirpale.

Invertuoto cukraus dažniausiai yra sirupuose, džemuose, šokoladų užpilduose, cigarečių apvaskaluose, taip pat jis naudojamas alkoholiniuose gėrimuose jų aromatinėms savybėms pagerinti. Invertuotas cukrus pramonėje gaunamas hidrolizuojant sacharozę, kaitinant arba naudojant citrinos bei askorbo rūgštis. Tas pats procesas vyksta ir gamtoje veikiant invertazės fermentui. Šis fermentas išsiskiria žmonių seilių liaukose, todėl valgydami maistą mes vieną iš pirmųjų skonių pajuntame saldumą. Taip pat invertazę naudoja bitės gamindamos medų iš nektaro. Todėl medaus savybės iš esmės yra panašios į invertuoto cukraus. Medus yra daug naudingesnis organizmui nei cukrus, nes jame yra vitaminų, baltymų, eterinių aliejų bei mineralinių medžiagų.

Pagal kilmę medus yra skirstomas į nektaro ir lipčiaus medų. Nektaras – skystas augalų liaukų sekretas, kurį bičių šeima per 5–6 dienas paverčia medumi. Lipčius – kai kurių vabzdžių

(dažniausiai amarų), mintančių augalų sultimis, išskiriamas skystis. Tai vertingas bičių produktas, turintis labai geras antibakterines ir antioksidacines savybes. Nors šis medus yra labai vertinamas Vakarų Europoje, tačiau dėl savo sudėties jis netinka bičių žiemos maistui, nes gali sukelti negalavimus avilio gyventojams.

Medus taip pat turi savybę sukurti poliarizuotą šviesą. Ši savybė priklauso nuo kiekviename meduje esančių angliavandenių. Poliarizacijos plokštumos sukimo kampas ir kryptis priklauso nuo fruktozės ir gliukozės koncentracijų santykio meduje. Nektaro medui būdingos neigiamos poliarizacijos plokštumos sukimo reikšmės, o lipčiaus medui – teigiamos. Pagal gliukozės ir fruktozės kiekį meduje taip pat galima nustatyti, iš kokių augalų medus sunėštas, ar greitai jis kristalizuosis (didesnis gliukozės kiekis lemia greitesnę kristalizaciją). Taip pat invertuoto cukraus kiekis yra vienas iš medaus natūralumo rodiklių. Dažniausiai Lietuvoje įvairių augalų meduje yra apie 34% gliukozės ir 40% fruktozės. Taigi, gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykio įvertinimas poliarimetru yra labai svarbus medaus savybių ir kilmės įvertinimo rodiklis.

Pirmasis optinio aktyvumo reiškinį kristale (kvarce) 1811 m. atrado prancūzų fizikas D. Arago, o pirmasis skysčių optinį aktyvumą stebėjo ir ištyrė prancūzų fizikas Ž. Bio. Jis nustatė tokį poliarizacijos plokštumos sukimo dėsnį: šviesos poliarizacijos plokštumos posūkio kampas  $\varphi$  yra tiesiog proporcingas optiškai aktyviojoje terpėje šviesos nueitam keliui  $d$ , t. y.:

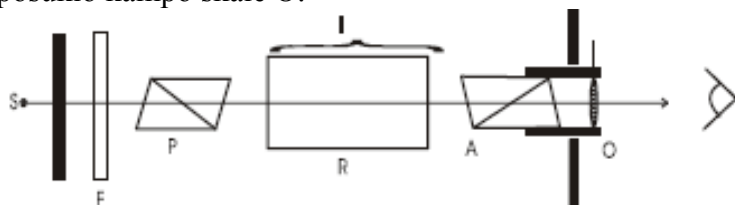
$$\varphi = \alpha d ; \quad (1)$$

čia  $\alpha$  vadinama *sukimo konstanta*. Tirpaluose poliarizacijos plokštumos posūkio kampas  $\varphi$  priklauso nuo šviesos nueito kelio tirpale  $d$  ir tirpalo masės koncentracijos, išreikštos g/ml,  $c_{w/v}$ :

$$\varphi = \alpha_0 c_{w/v} d , \quad (2)$$

čia  $\alpha_0$  - *savasis poliarizacijos plokštumos sukimo kampas*. Žinant formulę (2) ir išmatavus poliarizacijos plokštumos sukimo kampą, galima nustatyti tirpalo koncentraciją, jei tik žinomas medžiagos savasis poliarizacijos plokštumos sukimas. Savasis poliarizacijos plokštumos sukimas priklauso nuo ištirpintos medžiagos, tirpalo temperatūros ir poliarizuotos šviesos bangos ilgio. Šviesos bangos ilgiui mažėjant, savasis poliarizacijos plokštumos sukimas didėja atvirkščiai proporcingai bangos ilgio kvadratui. Pavyzdžiui, cukraus savasis sukimas  $\alpha_0 = 66,5^0 \text{ ml} / \text{g} \cdot \text{dm}$ , kai tirpalo temperatūra  $20^0\text{C}$  ir šviesos bangos ilgis  $0,5893 \mu\text{m}$  arba  $589,3 \text{ nm}$ .

Prietaisas, skirtas optiškai aktyvių medžiagų koncentracijai nustatyti, vadinamas *poliarimetru*, o pats koncentracijos nustatymo metodas – *poliarimetrija*. Poliarimetrijos metodas plačiai taikomas medicinoje, molekulinėje biologijoje, maisto pramonėje ir ten, kur reikia atpažinti optiškai aktyvias medžiagas ar nustatyti jų koncentraciją bandinyje. Paprasčiausio poliarimetro optinė schema pateikta 3 paveiksle. Šviesa iš šviesos šaltinio S eina per ekraną su diafragma, per optinį filtrą F, poliarizatorių P, kiuvetę su optiškai aktyvios medžiagos tirpalu R ir analizatorių (poliarizatorių) A, įtvirtintą laikiklyje su posūkio kampo skale O.



3 pav. Poliarimetro optinė schema

Kai kiuvetė tuščia ir poliarizatorius bei analizatorius sukryžminti, akimi matomas tamsus stebėjimo laukas. Kai kiuvetė pripildoma optiškai aktyvios medžiagos tirpalo, regimasis laukas nušvinta, kadangi poliarizacijos plokštuma pasisuka. Pasukę analizatorių tol, kol regėjimo laukas vėl užtams, posūkio kampo skalėje išmatuojame poliarizacijos plokštumos pasisukimo kampą. Vizualaus matavimo šiuo metu tikslumas nėra labai didelis, kadangi sunku tiksliai nustatyti, kada (tiksliai) regėjimo laukas visiškai užtamsa. Geresnis matavimo tikslumas pasiekiamas naudojant šviesai jautrius detektorius.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip struktūruotas tyrinėjimas. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę. Susipažįsta su poliarimetro veikimo principu ir jo naudojimu. Gėba paruošti fruktozės ir gliukozės tirpalus kalibravimo grafikui sudaryti ir kiekybiškai nustatyti jų koncentracijas nežinomos koncentracijos fruktozės, gliukozės ar medaus bandiniuose.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą NOVA ir apšvietos jutiklį.

Kadangi eksperimento rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskutuoti grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas gali būti atliekami grupelėmis po 3–5 mokinius. Taupant laiką, siūloma kiekvienai grupei tirti skirtingus bandinius, o darbo rezultatus aptarti ir apibendrinti bei suformuluoti išvadas kartu.

Šį laboratorinį darbą galima atlikti kaip IV lygmens tyrinėjimą. Jį galima siūlyti kaip baigiamąjį tiriamąjį darbą arba kaip projekcinį darbą suformuluojant tyrimo problemą.

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Kaip eksperimentiškai pagal poliarizacijos plokštumos posūkio kampą nustatyti gliukozės ir fruktozės koncentraciją.

**Eksperimento tikslas** – išmokyti nustatyti optiškai aktyvių tirpalų poliarizacijos plokštumos posūkio kampą ir išmatuoti gliukozės bei fruktozės tirpalų koncentraciją.

### Tyrimo hipotezės:

- Poliarizacijos plokštumos posūkio kampas priklauso nuo fruktozės ir gliukozės koncentracijos tirpale.
- Gliukozės ir fruktozės santykis skirtingo medaus bandiniuose skiriasi priklausomai nuo medaus kilmės ir kitų veiksnių.

### Laukiami rezultatai:

- Žinos poliarimetro veikimo principą.
- Išmoks surinkti šviesos poliarizacijos plokštumos posūkio kampo matavimo sistemą.
- Gėbės pasiruošti fruktozės ir gliukozės tirpalus kalibravimo grafikams sudaryti.
- Žinos, kad gliukozė ir fruktozė suka poliarizacijos plokštumą priešingomis kryptimis, ir sumaišius gliukozės ir fruktozės mėginius tam tikru santykiu poliarizacijos plokštuma nepasukama.
- Išmoks pagal poliarizacijos plokštumos posūkio kampą įvertinti gliukozės ir fruktozės santykį meduje.

## Eksperimento medžiagos ir priemonės:

- Kompiuterinė laboratorija Nova;
- Apšvietos jutiklis;
- 2 poliarizatoriai;
- Šviesos šaltinis;
- Optinis suolas;
- 20 cm pločio kiuvetė;
- Analizinės svarstyklės;
- 100 ml stiklinės;
- Matavimo cilindras;
- Gliukozė;
- Fruktozė;

- Distiliuotas vanduo;
- Medus.

### Darbo eiga:

#### Darbo uždutys:

1. Surinkti šviesos poliarizacijos plokštumos posūkio kampo matavimo schemą.
2. Išmatuoti 10, 20, 30 ir 40 % fruktozės tirpalų optinį aktyvumą:
  - nustatyti poliarizacijos plokštumos posūkio kampą;
  - grafiškai atvaizduoti poliarizacijos plokštumos posūkio kampo priklausomybę nuo mėginio koncentracijos.
3. Išmatuoti 10, 20, 30 ir 40 % gliukozės tirpalų optinį aktyvumą:
  - nustatyti poliarizacijos plokštumos posūkio kampą;
  - grafiškai atvaizduoti poliarizacijos plokštumos posūkio kampo priklausomybę nuo mėginio koncentracijos.
4. Išmatuoti nežinomos koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalų optinį aktyvumą:
  - atpažinti mėginį, nustatyti mėginio koncentraciją;
  - sumaišyti gliukozės ir fruktozės mėginius tokiu koncentracijų santykiu, kuriam esant poliarizacijos plokštuma nebūtų pasukama.
5. Teoriškai apskaičiuoti skirtingų koncentracijų gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos posūkio kampus. Teorinius rezultatus palyginti su eksperimentiniais.
6. Išmatuoti medaus mėginių optinį aktyvumą:
  - nustatyti poliarizacijos plokštumos posūkio kampą;
  - įvertinti gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykį medaus mėginyje;
  - įvertinti, interpretuoti medaus kokybę (natūralus medus; medus su cukraus priedu), taip pat medaus kilmę (žiedų; lipčiaus).

#### 1. Gliukozės ir fruktozės tirpalų gamyba

Tiesinei  $\varphi = f(c_{w/v})$  priklausomybei (2) ištirti pasigaminkite po 25 ml  $w(\%) = 10\%$ ,  $20\%$ ,  $30\%$  ir  $40\%$  D-gliukozės (toliau apraše – gliukozė) tirpalus. Procentinė koncentracija  $w$  parodo, kiek gramų ištirpusios gliukozės arba L-fruktozės (toliau apraše – fruktozė), t. y. tirpinio, yra šimte gramų tirpalo (tirpinio + tirpiklio):

$$w(\%) = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{m_{\text{tirpalo}}} \times 100\% = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{m_{\text{tirpinio}} + m_{\text{tirpiklio}}} \times 100\% \quad (3)$$

Gliukozės arba fruktozės tirpiklis – distiliuotas vanduo. 1 lentelėje pateikiama sausos (medžiagos) gliukozės arba fruktozės masė ir distiliuoto vandens tūris, reikalingas atitinkamam procentinės koncentracijos  $w$  tirpalui pagaminti.

**1 lentelė.** Gliukozės / fruktozės masė ir distiliuoto vandens tūris, reikalingas gliukozės / fruktozės tirpalams pagaminti

$w, \%$	Tirpinio (sausos medžiagos) masė g	Tirpiklio (distiliuoto vandens) tūris, ml
10	2,5	22,5
20	5	20
30	7,5	17,5
40	10	15



### 1.1. Gliukozės tirpalų gamyba:

- 1.1.1. Elektroninėmis svarstyklėmis ant svėrimo indelio pasverkite 2,5 g gliukozės ( $m_{\text{tirpinio}} = 2,5 \text{ g}$ );
- 1.1.2. Pasvertą gliukozę supilkite į 25 ml talpos stiklinę;
- 1.1.3. Matavimo cilindru pamatuokite 22,5 ml distiliuoto vandens ir įpilkite į stiklinę su gliukoze;
- 1.1.4. Stikline lazdele išmaišykite stiklinės turinį, kol gausite homogenišką, skaidrą gliukozės tirpalą;
- 1.1.5. Tokiu pat eiliškumu pagaminkite ir kitus 20 %, 30 % ir 40 % gliukozės tirpalus.

Fruktozės tirpalų gamyba atliekama analogiškai.

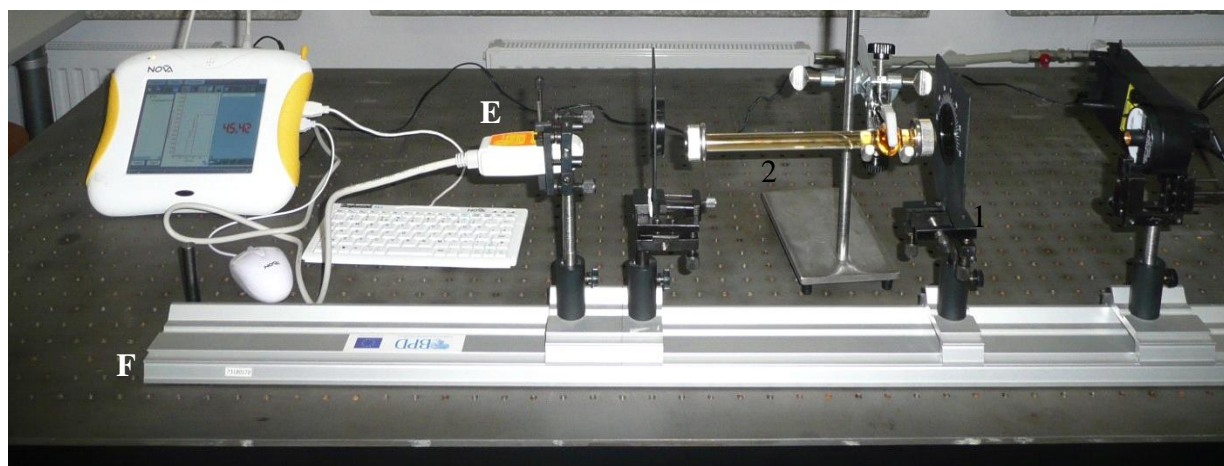
Teoriškai skaičiuodami skirtingų koncentracijų gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos posūkio kampus, formulėje (2) naudosite masės koncentraciją  $c_{w/v}$ :

$$c_{w/v} = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{V_{\text{tirpalo}}} = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{V_{\text{tirpinio}} + V_{\text{tirpiklio}}} \quad (4)$$

$V$  (tirpalo) – naujas tirpalo (tirpinio + tirpiklio) tūris. Procentinę aktyviosios medžiagos koncentraciją  $c$  perskaičiuokite į masinę tūrinę aktyviosios medžiagos koncentraciją  $c_{w/v}$  [g/ml] pagal formulę:

$$c_{w/v} = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{\frac{m_{\text{tirpinio}}}{\rho_{\text{tirpinio}}} + \frac{m_{\text{tirpiklio}}}{\rho_{\text{tirpiklio}}}} \quad (5)$$

čia grynos gliukozės ir fruktozės tankis  $\rho = 1,54 \text{ g/ml}$  ir  $1,6 \text{ g/ml}$  atitinkamai. Apskaičiuotas masės koncentracijos  $c_{w/v}$  vertes įrašykite į 2 lentelę. Grynų cheminių medžiagų tirpalų masės koncentracija atitinka jų tankį. 5 lygtį galima taikyti tik idealiųjų tirpalų atveju.



**4 pav.** Tirpalų optinio aktyvumo matavimo schema. A – šviesos šaltinis; B – poliarizatorius Nr.1; C – kiuvetė; D – poliarizatorius Nr.2; E – apšvietos jutiklis; F – optinis suolas; G – NOVA 5000 kompiuterinė laboratorija.



**2 lentelė.** Gliukozės ir fruktozės tirpalų masės koncentracijos vertės esant skirtingoms procentinėms koncentracijoms.

w, %	$c_{w/v}$ (fruktozės), g/ml	$c_{w/v}$ (gliukozės), g/ml
10	0,10	0,10
20	0,22	0,22
30	0,34	0,34
40	0,47	0,47

## 2. *Mėginių matavimas*

### 2.1. Aparatūros surinkimas ir testavimas (1 darbo užduotis).

2.1.1. Ant optinio suolo vienodame aukštyje įtvirtinkite 2 poliarizatorius, šviesos šaltinį ir apšvietos detektorių (Light Multi Range DT009-4) taip, kaip parodyta 4 paveiksle (jei neturite galimybės panaudoti optinį suolą, laboratorines priemones įtvirtinkite cheminiuose stovuose).


2.1.2. Šviesos šaltinį orientuokite taip, kad jo spindulys, praėjęs pro 1 ir 2 poliarizatorių tiksliai pataikytų į apšvietos detektoriaus fotodiodinį elementą. Kaip šviesos

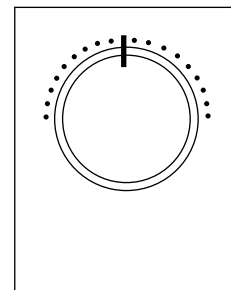



**5 pav.** Rekomenduojamas šviesos šaltinis.

šaltinį patartume naudoti raudonos spalvos lazerinę rodyklę (prezentacijų pagalbininką, 5 pav.). Tai mažų gabaritų lazerinis diodas su maitinimo šaltiniu, skleidžiantis siaurą šviesos pluoštą, kurį bus patogu sufokusuoti į apšvietos detektorių.

2.1.3. Apšvietos jutiklį prijunkite prie kompiuterinės multilaboratorijos „NOVA“. Multilaboratorijos įranga automatiškai atpažins jutiklį.

2.1.4. Multilaboratorijos aplinkoje spauskite  (rodyti metrinį eksperimento vaizdavimą). Kiuvetę užpildykite vandeniu, įjunkite šviesos šaltinį ir sukdami poliarizatorių Nr. 1 raskite didžiausio apšvietos intensyvumo padėtį. Užsirašykite foninės apšvietos vertę, išjungę šviesos šaltinį ir poliarizatorių Nr. 2 uždengę neperšviečiama plokštele.



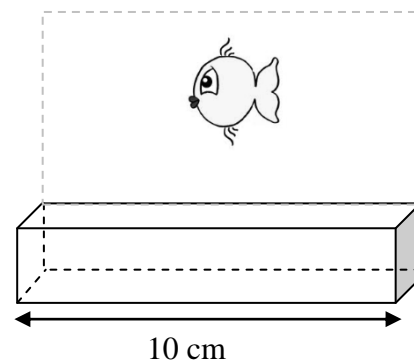
2.1.5. Įjunkite šviesos šaltinį. Spauskite  (pradėti eksperimentą) ir užsirašykite apšvietos rezultatus pateiktus duomenų atvaizdavimo lange.

**6 pav.** Poliarizatoriaus skalės nustatymas į pradinę padėtį

2.1.6. Priklausomai nuo gaunamų apšvietos rezultatų, apšvietos jutiklyje pasirinkite tinkantį apšvietos matavimo diapazoną, i) nuo 0 iki 600 lx; ii) nuo 0 iki 6000 lx; arba iii) nuo 0–150 000 lx.

2.1.7. Trumpam išjunkite šviesos šaltinį ir užregistruokite foninę kambario apšvietą.


2.1.8. Sureguliuokite poliarizatorius: nustatykite kiekvieno poliarizatoriaus skalę į pradinę padėtį (6 pav.) Pradinėje padėtyje poliarizatoriai Nr. 1 ir Nr. 2 gali būti orientuoti taip, kad jų pagrindinės plokštumos tarp savęs sudarys nedidelį (iki 10°) kampą.



**7 pav.** Poliarizacijos plokštumos posūkio kampo matavimo kiuvetė


2.1.9. Įjunkite šviesos šaltinį. Sukite poliarizatorių Nr. 1 tol, kol apšvietos detektoriaus rodmenys pasieks maksimalią vertę. Tokiu būdu poliarizatoriaus pagrindinė plokštuma bus orientuota lygiagrečiai šviesos šaltinio poliarizacijos plokštumos atžvilgiu.

2.1.10. Tarp poliarizatorių įtvirtinkite kiuvetę su mėginiu. Kiuvetė parenkama savarankiškai. Tai turėtų būti stiklinis laboratorinis indas lygiagrečiomis sienelėmis, atstumas tarp sienelių (optinio kelio ilgis) – ne mažesnis kaip 10 cm (7 pav.).

2.2. Į kiuvetę pripilkite vandens. Spauskite  (pradėti eksperimentą). Pasižymėkite apšvietos vertę, kai poliarizatoriaus Nr. 2 pasukimo kampas  $\beta = 0^\circ$ . Pasukimo kampas matuojamas pagal apskritą skalę ant poliarizatoriaus korpuso (6 pav). Poliarizatorių Nr. 2 pasukite  $5^\circ$  kampu ir užsirašykite naują apšvietos vertę. Toliau sukite poliarizatorių kas  $5^\circ$  ir į 3 lentelę surašykite visas apšvietos vertes bei jas atitinkančias kampų  $\beta$  vertes iki  $360^\circ$  pasukimo kampo.

**3 lentelė.** Apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo.

$\beta$		Apšvieta, lx							
$w$	0% (vanduo)	10%		20%		30%		40%	
		Gliukozė	Fruktozė	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.
0	1468	1288	910						
5	1708	1514	1000						
10	1994	1690	1069						
15	2220	1983	1128						
20	2406	2289	1166						
25	2618	2514	1186						
30	2759	2725	1195						
35	2871	2890	1182						
40	2946	3013	1153						
45	2998	3070	1109						
50	2990	3144	1053						
55	2924	3139	977						
60	2843	3075	889						
65	2700	2996	798						
70	2506	2881	716						
75	2328	2673	620						
80	2100	2455	500						
85	1875	2222	419						
90	1566	1944	307						
.....	.....								
.....	.....								
355	1218	1018	905						
360	1450	1274	980						

2.3. Į kiuvetę supilkite tiriamą mėginį. Spauskite . Pasižymėkite apšvietos vertę, kai poliarizatoriaus Nr. 2 pasukimo kampas  $\beta = 0^\circ$ . Poliarizatorių Nr. 2 sukite  $5^\circ$  intervalu tol, kol pasieksite  $360^\circ$  pasukimo kampą. Matavimų rezultatus pasižymėkite 3 lentelėje. Matavimai kartojami tol, kol išmatuojami visi gliukozės, fruktozės ir medaus mėginiai.

2.4. Atlikę visus reikiamus matavimus, tirpalus iš kiuvetės išpilkite ir sutvarkykite darbo

vieta.

2.5. Gautų duomenų analizę galite atlikti MS Exel aplinkoje, taip pat galite pabandyti panaudoti mokyklinės mokomąsias kompiuterines programas (pvz., „Dinaminė geometrija“, „MathematiX“, „Autograph“ ir kt.).

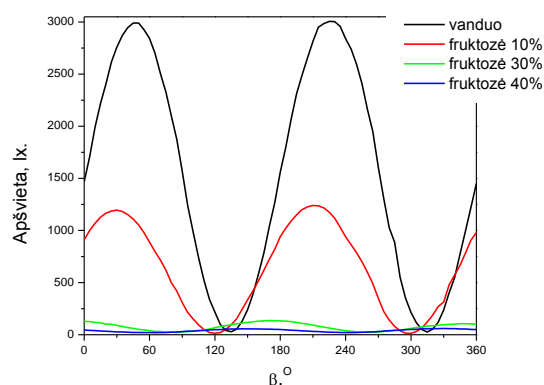
### 3. Rezultatų analizė

3.1. Fruktozės optinio aktyvumo tyrimas (2 darbo užduotis)

3.1.1. Pagal turimus duomenis nubrėžkite apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo grafiką (8 pav). Viename grafike atidėkite visų fruktozės mėginių duomenis.

3.1.2. 3 lentelės, kiekviename stulpelyje pasižymėkite maksimalią apšvietos vertę. Paaiškinkite, kodėl yra registruojamas apšvietos sumažėjimas didinant fruktozės koncentraciją mėginyje?

3.1.3. Prieš normavimą iš kiekvienos išmatuotos apšvietos vertės (3 lentelės atskiruose stulpeliuose) atimkite foninę apšvietą. Gautus rezultatus surašykite į naują lentelę (4 lentelė).



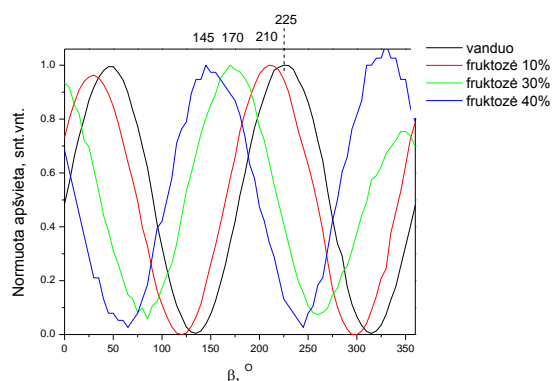
8 pav. Apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo, šviesai sklindant pro įvairių koncentracijų fruktozės tirpalus.

4 lentelė. Foninės apšvietos eliminavimas.

$\alpha$		Apšvieta, lx							
$\beta$	$w$	10%		20%		30%		40%	
	0% (vanduo)	Gliukozę	Fruktozę	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.
0	1368	1188	810						
5	1608	1414	900						
10	1894	1590	969						
15	2120	1883	1028						
20	2306	2189	1066						
25	2518	2414	1086						
30	2659	2625	1095						
35	2771	2790	1082						
40	2846	2913	1053						
45	2898	2970	1009						
50	2890	3044	953						
55	2824	3039	877						
60	2743	2975	789						
....	....	....	....						
360	1350	1174	880						

Iš 3 lentelėje pateiktų rezultatų buvo atimta 100 lx foninė (kambario) apšvieta, užregistruota išjungus šviesos šaltinį. Naudojant 10 % gliukozės arba fruktozės tirpalus, visi apšvietos matavimai buvo atlikti naudojant 0-6000 lx jutiklio jautrumo diapazoną.

3.1.4. Visus duomenis sunormuokite į vieną ties maksimalia apšvietos verte (9 pav). Tuo tikslu, 4 lentelės kiekviename atskirame duomenų



9 pav. Normuoti fruktozės mėginių apšvietos rezultatai.

stulpelyje esančias visas fruktozės apšvietos vertes padalykite iš to stulpelio maksimalios apšvietos vertės. Pvz., 4 lentelės „10% fruktozės“ stulpelyje visos pateiktos apšvietos vertės turi būti padalytos iš 1095 lx. Gautus rezultatus surašykite į naują lentelę (5 lentelė).

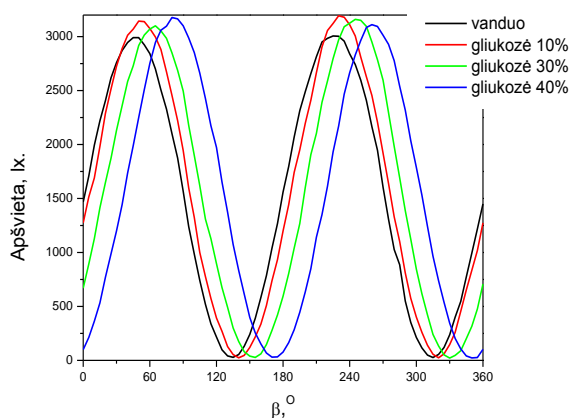
5 lentelė. Normuoti gliukozės ir fruktozės apšvietos rezultatai: apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo.

$\beta$		Apšvieta, lx							
		0% (vanduo)		10%		20%		30%	
$w$	$\beta$	Gliukoze	Fruktoze	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.
0	0,47205	0,39028	0,73973						
5	0,55487	0,46452	0,82192						
10	0,65355	0,52234	0,88493						
15	0,73154	0,61859	0,93881						
20	0,79572	0,71912	0,97352						
25	0,86888	0,79304	0,99178						
30	0,91753	0,86235	1						
35	0,95618	0,91656	0,98813						
40	0,98206	0,95696	0,96164						
45	1	0,97569	0,92146						
50	0,99724	1	0,87032						
55	0,97447	0,99836	0,80091						
60	0,94651	0,97733	0,72055						
....	....	....	....						
360	0,46584	0,38568	0,80365						

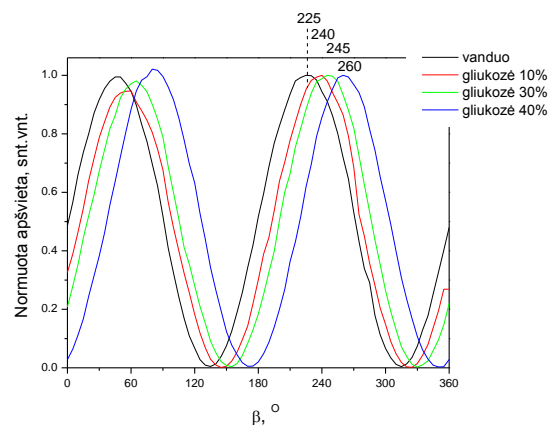
3.2. Gliukozės optinio aktyvumo tyrimas (3 darbo užduotis)

3.2.1. Pagal turimus duomenis nubrėžkite apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo grafiką (10 pav.). Viena grafike pateikite visų gliukozės mėginių duomenis.

3.2.2. 3 duomenų lentelės, kiekviename stulpelyje pasižymėkite maksimalią apšvietos vertę. Nustatykite, ar vyksta apšvietos sumažėjimas didinant gliukozės koncentraciją mėginyje?



**10 pav.** Apšvieta priklausomybė nuo polarizatoriaus pasukimo kampo, šviesai sklindant pro įvairių koncentracijų gliukozės tirpalus.



**11 pav.** Normuoti gliukozės mėginių apšvieta rezultatai.

3.2.3. Prieš normavimą iš kiekvienos išmatuotos apšvieta vertės (3 lentelės atskiruose stulpeliuose) atimkite foninę apšvietą. Papildykite 4 lentelę naujais duomenimis.

3.2.4. Visus duomenis sunormuokite į vienetą ties maksimalia apšvieta verte (11 pav.). Tuo tikslu, 4 lentelėje kiekviename atskirame duomenų stulpelyje esančias visas gliukozės apšvieta vertes padalykite iš to stulpelio maksimalios apšvieta vertės. Pvz., 4 lentelės „10% gliukozės“ stulpelyje visos pateiktos apšvieta vertės turi būti padalytos iš 3044 lx. Papildykite 5 lentelę naujais duomenimis.

### 3.3. Poliarizacijos plokštumos posūkio kampo nustatymas

3.3.1. Į 6 lentelę surašykite kampų  $\beta_n$  vertes atitinkančias maksimalias normuotas apšvieta vertes.

**6 lentelė.** Poliarizacijos plokštumos posūkio kampų rodmenys.

$w, \%$	$\beta_w^\circ$ (fruktozei)	$\beta_w^\circ$ (gliukozei)	$\varphi^\circ$ (fruktozei)		$\varphi^\circ$ (gliukozei)	
			<i>Eksperimentinė vertė</i>	<i>Teorinė vertė</i>	<i>Eksperimentinė vertė</i>	<i>Teorinė vertė</i>
0 (vanduo)	225	225	0	<b>0</b>	0	<b>0</b>
10	210	240	- 15	<b>-19,3</b>	15	<b>10,9</b>
20				<b>-40,2</b>		<b>22,6</b>
30	170	245	- 55	<b>-62,9</b>	20	<b>35,3</b>
40	145	260	- 80	<b>-87,5</b>	35	<b>48,9</b>

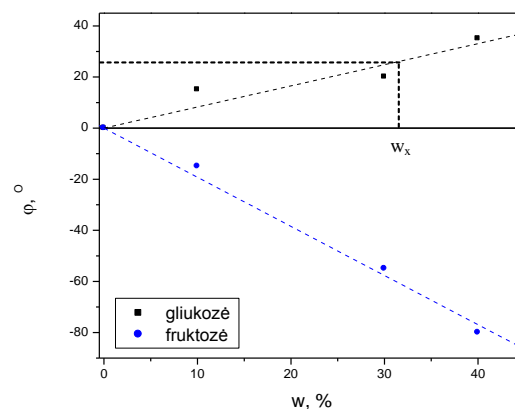
3.3.2. Iš normuotų eksperimentinių duomenų apskaičiuokite šviesos poliarizacijos plokštumos posūkio kampą  $\varphi$ , kuri sąlygoja atitinkama gliukozės arba fruktozės koncentracija tirpale:

$$\varphi = \beta_w - \beta_0; \quad (6)$$

čia  $\beta_0$  – kampas ties maksimalia normuota apšvieta verte vandeniui (225°, žr. 6 lentelę),  $\beta_w$  – kampas ties maksimalia normuota apšvieta verte gliukozei arba fruktozei (žr. 6 lentelę);  $w$  žymi procentinę jūsų tirto gliukozės arba fruktozės tirpalo koncentraciją,  $w = 10, 20, 30, 40 \%$ ;

3.3.3. Grafiškai pavaizduokite poliarizacijos plokštumos posūkio kampo  $\varphi$  priklausomybę nuo mėginio koncentracijos (12 pav.).

Gautus rezultatus aproksimuokite tiesės lygtimi  $\varphi = kw$ . Raskite tiesės polinkio koeficientą  $k$ .



12 pav. Poliarizacijos plokštumos posūkio kampo priklausomybė nuo tirpalo koncentracijos.

3.4. Nežinomos koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalų optinio aktyvumo tyrimai (4 darbo užduotis)

3.4.1. Optiškai aktyvaus mišinio koncentracijos nustatymas.

Duota:

- Tiriamasis mėginys, nežinomos koncentracijos.

Nustatykite:

- Mėginio koncentraciją;

Darbo eiga:

- Atlikite mėginio matavimus, aprašytus 2.3. darbo dalyje;
- Atlikite rezultatų normavimą, aprašytą 3.1.2. – 3.1.4. darbo dalyje.
- Nustatykite poliarizacijos plokštumos posūkio kampą,  $\varphi_x$ , (žr. 3.3. darbo dalį);
- Pagal gautą poliarizacijos plokštumos sukimą (kairinis arba dešininis sukimas) atpažinkite tiriamąjį mėginį: gliukozė ar fruktozė?
- Naudodamiesi turimu grafiku (9 pav.) bei jame pateiktų rezultatų tiesine aproksimacija, nustatykite nežinomojo tirpalo procentinę koncentraciją  $w_x$ .
- Naudodamiesi (2) formule, apskaičiuokite duoto nežinomo tirpalo masės koncentraciją, kai gliukozės  $\alpha_{583,9 \text{ nm}}^{20} = +52,6 [^\circ \text{ ml g}^{-1} \text{ cm}^{-1}]$ , fruktozės  $\alpha_{583,9 \text{ nm}}^{20} = -93 [^\circ \text{ ml g}^{-1} \text{ cm}^{-1}]$ . Šiame eksperimente naudotas optinio kelio ilgis  $d = 2 \text{ dm}$ .
- Apskaičiuokite duoto nežinomo tirpalo procentinę koncentraciją.

3.4.2. Gliukozės – fruktozės mišinio tyrimai

Duota:

- Žinomos koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalai (10 %, 20 %, 30 %, 40 %).

Nustatykite:

- gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykį mėginyje, kuriam esant poliarizacijos plokštuma nebus pasukama.

3.4.2.1. *Teoriniai skaičiavimai* padės pasirinkti pradines gliukozės ir fruktozės koncentracijas mišinių gamybai. Gliukozės ir fruktozės mišinio poliarizacijos plokštuma nebus pasukama kai:



$$\varphi_{Glu} = \varphi_{Fru} \quad (7)$$

ir

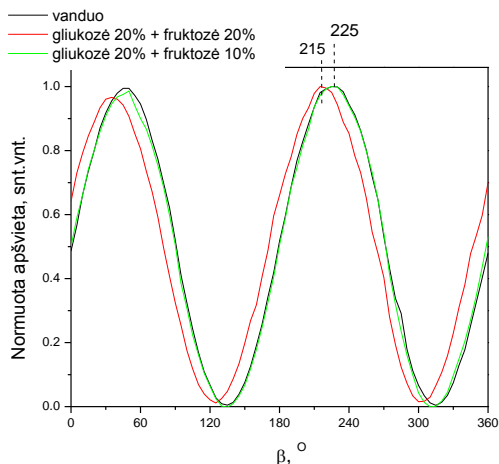
$$\alpha_{0Glu} C_{w/V Glu} d = \alpha_{0Fru} C_{w/V Fru} d \quad (8)$$

čia „Glu“ ir „Fru“ atitinkamai žymi gliukozę ir fruktozę. Tada fruktozės ir gliukozės masės koncentracijų santykis tenkinantis (7) sąlygą apytiksliai yra:

$$\frac{C_{w/V Fru}}{C_{w/V Glu}} = \frac{\alpha_{0Glu}}{\alpha_{0Fru}} \approx 1.76 \quad (9)$$

Darbo eiga:

- Vienodomis tūrio dalimis maišydami skirtingos procentinės koncentracijos  $w(\%) = 10\%$ ,  $20\%$ ,  $30\%$  ir  $40\%$  gliukozės ir fruktozės tirpalus pasigaminkite gliukozės-fruktozės mišinius.
- Atlikite gliukozės-fruktozės mišinio mėginio matavimus taip, kaip aprašyta 2.3. darbo dalyje;
- Atlikite rezultatų normavimą, kaip aprašyta 3.1.2. – 3.1.4. darbo dalyje.
- Nustatykite poliarizacijos plokštumos posūkio kampą,  $\varphi_x$ , (žr. 3.3. darbo dalį);
- Jei  $|\varphi_x - \varphi_0| > 5^\circ$ , pakeiskite atitinkamai gliukozės arba fruktozės koncentraciją mėginyje ir pakartokite poliarizacijos plokštumos posūkio kampo matavimus.
- Manykite, kad poliarizacijos plokštuma nebus pasukama, jei  $|\varphi_x - \varphi_0| \leq 5^\circ$ .



**13 pav.** Normuoti gliukozės-fruktozės mišinių apšvietos rezultatai.

Pvz., remdamiesi preliminariais teoriniais skaičiavimais, sumaišėme vienodą tūrį gliukozės ir fruktozės tirpalų ir pagaminome du mėginius. 1 mėginys:  $20\%$  gliukozės ir  $20\%$  fruktozės; 2 mėginys:  $20\%$  gliukozės ir  $10\%$  fruktozės. Pirmasis mėginys pasuko šviesos poliarizacijos plokštumą kampu  $\varphi_x - \varphi_0 = 215 - 225 = -10^\circ$  (13 pav.). Antrame mėginyje fruktozės koncentracija buvo mažesnė, o poliarizacijos plokštumos sukimas  $\varphi_x - \varphi_0 = 0^\circ$ , t. y. esant duotam gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykiui mišinys šviesos poliarizacijos plokštumos nepasuks.

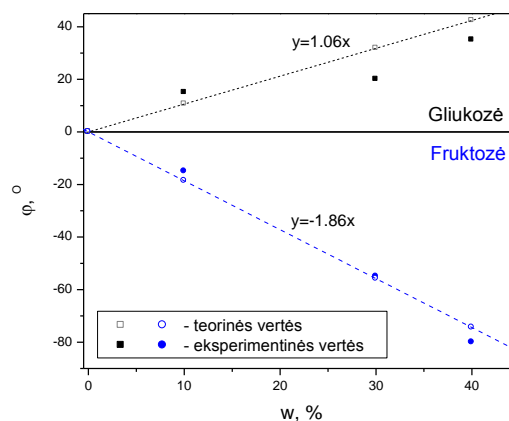
### 3.5. Gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos posūkio kampo teorinis skaičiavimas (5 darbo užduotis)

Naudodamiesi (2) ir (5) formulėmis, teoriškai apskaičiuokite kampą, kuriuo poliarizacijos plokštumą pasuks duotos procentinės koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalai. Gautus gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos posūkio kampų skaičiavimo rezultatus surašykite į 6 lentelę (stulpeliuose „teorinės vertės“) ir nubraižykite kalibravimo grafikus. Gautus rezultatus aproksimuokite tiesės lygtimi  $\varphi_t = kc$ . Raskite tiesės polinkio konstantą  $k$ . (14 pav.). Palyginkite eksperimentinius rezultatus su teoriniais skaičiavimais ir paaiškinkite galimas eksperimentinių rezultatų nuokrypio nuo teorinių skaičiavimų priežastis.

### 3.6. Medaus optinio aktyvumo tyrimas (6 darbo užduotis).

Duota:

- keli skirtingų rūšių medaus mėginiai, pvz., miško, natūralių pievų, kultūrinių augalų (rapsų, grikių), lipčiaus; po 10 g kiekvienam mėginiui;
- distiliuotas vanduo;



Nustatykite:

**14 pav.** Teorinių ir eksperimentinių  $\phi$  verčių

- Šviesos poliarizacijos palyginimas. plokštumos posūkio kampą medaus mėginyje;
- Įvertinkite gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykį medaus mėginyje;
- Įvertinkite, interpretuokite medaus kokybę (natūralus medus; medus su cukraus priedu), taip pat medaus kilmę (žiedų; lipčiaus).

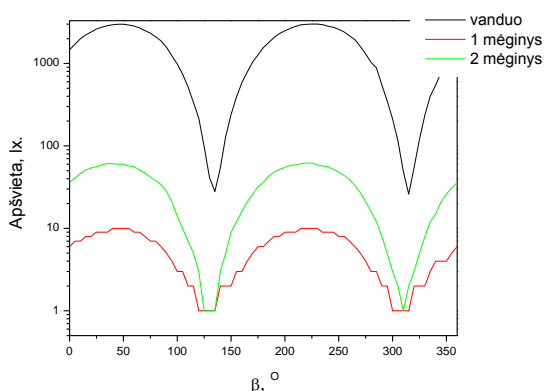
#### 3.6.1. Medaus tirpalų gamyba

- Ištirpinę 7,5 g medaus 30 g distiliuoto vandens pasigaminkite  $w = 20\%$  procentinės koncentracijos medaus tirpalą (analogiškų tirpalų gamyba aprašyta 1.1.1. – 1.1.4. darbo dalyje).

#### 3.6.2. Darbo stendo derinimas

Medus yra stipriai šviesą sklaidanti terpė, todėl patikrinkite, ar jūsų pasigaminti medaus mėginiai yra optiškai pralaidūs. Šviesos spindulys, praėjęs pro 1 ir 2 poliarizatorių ir kiuvetę su medumi, turi patekti į apšvietos detektoriaus fotodiodinį elementą. Jei per visą optinio kelio ilgį šviesa bus stipriai sklaidoma, kiuvetę praėjęs lazerio spindulys išsifokusuos ir į apšvietos detektorius nepateks. Tokiu atveju mažinkite medaus koncentraciją mėginyje skieddami vandeniu tol, kol apšvietos detektorius gebės užregistruoti lazerio signalą. Iš (2) formulės akivaizdu, kad, mažėjant medaus koncentracijai mėginyje, taip pat mažėja ir poliarizacijos plokštumos posūkio kampo vertė. Todėl eksperimento metu stenkitės išlaikyti kuo didesnę pradinę medaus mėginio procentinę koncentraciją bei maksimalią detektoriaus apšvietą.

15 paveiksle pateikta apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo, šviesai sklindant pro du skirtingus medaus mėginius. Dėl šviesos sklaidos medaus mėginyje Nr. 1 kiuvetę praėjęs spindulys negalėjo patekti į apšvietos detektorius, todėl, siekiant užregistruoti signalą, pradinė medaus mėginio Nr.1 koncentracija buvo sumažinta nuo 20% iki 10%, mėginį praskiedžiant distiliuotu vandeniu. Kaip matyti iš 15 pav., skirtingų rūšių medaus mėginių pralaidumas šviesai gali skirtis 10 kartų ir daugiau.

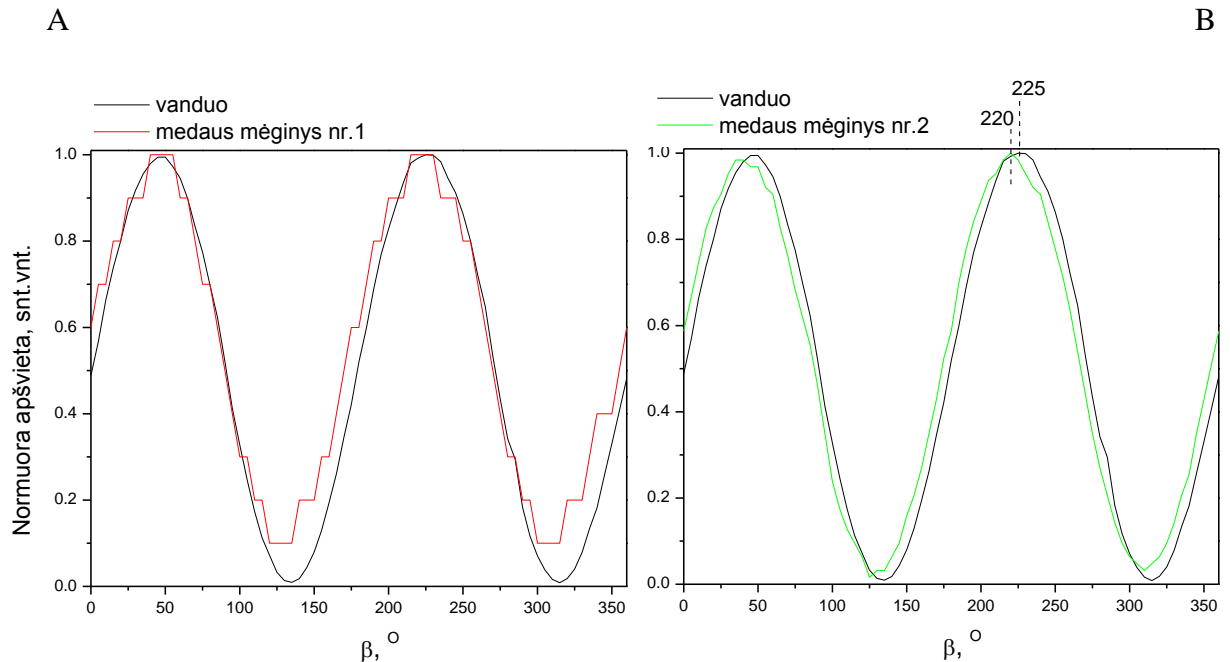


**15 pav.** Apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo, šviesai sklindant pro skirtingų rūšių medaus mėginius

Darbo eiga:

- Šviesai sklindant pro medaus mėginį, atlikite apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo matavimus (žr. 2.3. darbo dalies aprašą).

- Eksperimento rezultatus pavaizduokite grafiškai (15 pav.). Esant dideliems apšvietos skirtumams tarp mėginių, y ašyje naudokite logaritminę skalę.
- Atlikite rezultatų normavimą (žr. 3.1.2. – 3.1.4. darbo dalies aprašą).
- Eksperimento rezultatus pavaizduokite grafiškai (16 pav.).
- Nustatykite poliarizacijos plokštumos posūkio kampą  $\varphi_x$ , (žr. 3.3. darbo dalies aprašą);
- Pagal šviesos poliarizacijos plokštumos posūkio kampą įvertinkite gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykį medaus mėginyje bei medaus kokybę.



**16 pav.** Normuoti skirtingų rūšių medaus mėginių apšvietos rezultatai. A) tirštas pradinės konsistencijos medaus mėginys; po skiedimo mėginys pasižymi didele šviesos sklaida; B) skystas pradinės konsistencijos medaus mėginys.

Šviesos, praėjusios medaus mėginį Nr. 1, poliarizacijos plokštumos pasukimo kampą nustatyti sunku, kadangi užregistruotos apšvietos vertės (15 pav.) buvo artimos detektoriaus triukšmo lygiui (3 lx, matuojant 0–600 lx diapazone). Todėl 16 a paveiksle apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo duomenų tikslumas mažas.

Tačiau, kaip matyti iš 16 b paveikslo medaus mėginys Nr. 2 pasuko šviesos poliarizacijos plokštumą kampu  $\varphi_x - \varphi_0 = 220 - 225 = -5^\circ$ . Gautas neigiamas poliarizacijos plokštumos posūkio kampas parodo, kad medaus mėginyje Nr. 2 yra daugiau fruktozės negu gliukozės. Taip pat neigiamu poliarizacijos plokštumos posūkio kampu pasižymi augalų žiedų medus.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- kokia yra apšvietos priklausomybė nuo poliarizacijos pasukimo kampo;
- apie apšvietos priklausomybę nuo fruktozės ir gliukozės koncentracijos mėginyje;
- apie poliarizacijos plokštumos posūkio kampo  $\varphi$  priklausomybę nuo mėginio koncentracijos;
- kaip galima apskaičiuoti nežinomo tirpalo procentinę koncentraciją naudojantis poliarimetro parodymais;
- kodėl tiriamųjų mėginių eksperimentinės poliarizacijos plokštumos posūkio kampo vertės skyrėsi / nesiskyrė nuo teorinių;
- apie tirtų medaus mėginių kilmę ir gliukozės bei fruktozės koncentracijų santykį juose.

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Kokie junginiai yra optiniai izomerai?	1. Optiniai izomerai yra tokie junginiai, kurių molekulės yra asimetrinės, t. y. neturi simetrijos elementų.
2. Kokia savybe skiriasi enantiomerai?	2. Enantiomerai skirtingomis kryptimis suka poliarizacijos plokštumą prieš arba pagal laikrodžio rodyklę.
3. Kaip vadinamas prietaisas, skirtas tirpalų optinio aktyvumo tyrimams?	3. Prietaisas, skirtas optiškai aktyvių medžiagų koncentracijai nustatyti, vadinamas poliarimetru.
4. Kiek reikės paimti vandens ir cukraus, norint paruošti 20 % 100 ml tirpalo.	4. Cukraus reikės pasverti 20 g ir jį ištirpinti 80 ml distiliuoto vandens.
5. Matematiškai parodykite koku kampu pasuks poliarizacijos plokštumą invertuotas cukrus po sacharozės hidrolizės, jeigu gliukozės savitasis sukis yra $+52,5^\circ$ , o fruktozės $-92,0^\circ$ ?	5. Invertuotame cukruje gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykis yra 1:1. Taigi, atsakymas yra jų savitųjų sūkių suma: $52,5^\circ + (-92,0^\circ) = -39,5^\circ$ .
6. Kokią įtaką tyrimui turi kiuvetės ilgis?	6. Ž. Bio nustatė dėsnį: šviesos poliarizacijos plokštumos posūkio kampas $\varphi$ yra tiesiog proporcingas optiškai aktyviojoje terpėje šviesos nueitam keliui $d$ , t. y. $\varphi = \alpha d$ . Taigi, kuo ilgesnis šviesos nueitas kelias, tuo poliarimetras fiksuoja didesnes poliarizacijos plokštumos sukimo vertes. Vadinasi, ilgėjant šviesos nueitam keliui galima statistiškai patikimai nustatyti optiškai mažesnes medžiagos koncentracijas.
7. Kaip yra sunormuojami poliarimetro duomenys ties maksimalia apšvietos verte?	7. Visos mėginio apšvietos vertės yra padalijamos iš maksimalios apšvietos vertės.
8. Į kurią pusę suks poliarizacijos plokštumą medus, kuriame yra padidinta fruktozės koncentracija?	8. Tokio medaus bandinys suks poliarizacijos plokštumą į kairę (prieš laikrodžio rodyklę), nes savitasis fruktozės sukis yra $-92,0^\circ$ .
9. Ar galima pagal medaus poliarizacijos plokštumos sukimo kampo vertę daryti prielaidą apie jo kristalizacijos greitį? Jei taip, tai kokią?	9. Taip, nes optiškai aktyvi medžiaga gliukozė greitina kristalizaciją. Kuo sukimo kampas teigiamesnis, tuo labiau tikėtina, kad medus greičiau kristalizuosis, nes jame yra daugiau gliukozės.

## 4.7. SMĖLIO IR VANDENS SAVITŪJŲ ŠILUMŲ PALYGINIMAS

### Bendrosios ugdymo programos. Gamtamokslis ugdymas

Vidurinis ugdymas. Gamtamokslis ugdymas. Integruotas gamtos mokslų kursas. 11–12 klasės. Bendrasis kursas. 11–12 klasės.

4. Medžiagų savybės ir kitimai	
<p><b>Nuostata</b> Suvokti vandeniniuose tirpaluose vykstančius procesus. Suvokti chemines reakcijas.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apibūdinti procesus, vykstančius &lt;...&gt;.</li> <li>• &lt;...&gt;</li> </ul>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.1. <...>	4.1.1. Apibūdinti vandens molekulės sandarą ir poliškumą. Paaikškinti vandenilinio ryšio tarp vandens molekulių susidarymą ir įtaką fizikinėms vandens savybėms.

8. Energija ir fizikiniai procesai	
<p><b>Nuostata</b> Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.</p> <p><b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti gamtos mokslų žinias analizuojant gamtos reiškinius.</p>	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
8.2. Taikyti energijos tvermės dėsnį įvairių fizikinių energijos virsmų atveju.	<p>8.2.1. Nusakyti temperatūrą kaip vidinės kūno energijos matą.</p> <p>8.2.3. Apibūdinti vidinę energiją ir jos kitimo būdus (&lt;...&gt;, šilumos kiekis).</p> <p>8.2.4. Formuluoti energijos tvermės dėsnį, nusakyti jo fundamentalumą ir visuotinumą.</p>

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Ar medžiaga greitai įkaista ar atvėsta, jei lyginame su kita medžiaga jos aplinkoje, priklauso nuo medžiagos savitosios šilumos. Savitoji šiluma yra medžiagos savybė, kuri priklauso nuo medžiagos molekulių struktūros ir fazės. Medžiagos, turinčios stiprią tarpmolekulinę trauką, turi didesnę savitąją šilumą ir joms reikia daugiau energijos, norint pakelti jų temperatūrą.

Vandeniui būdinga stipri tarpmolekulinė trauka (vandeniliniai ryšiai), kurie suteikia jam didelę savitąją šilumą. Kad nutrūktų, vandeniliniai ryšiai turi absorbuoti daug energijos.

Vandenilinis ryšys susidaro tarp vandenilio atomų, sudarančių kovalentinį polinį ryšį su kitu atomu, ir kitos medžiagos polinės molekulės, turinčios bent vieną laisvą elektronų porą, nedalyvaujančią jokiuose cheminiuose ryšiuose.

Kūno savitoji šiluma yra toks šilumos kiekis, kurį reikia suteikti 1 kg medžiagos, kad jos temperatūra pakiltų 1 K. Jos matavimo vienetas yra  $\frac{J}{kg \cdot K}$ . Dažnai savitoji savitoji šiluma yra išreiškiama naudojant Celsijaus skalę ir matuojama  $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$ , o patogumo dėlei, kartais matuojama  $\frac{J}{g \cdot K}$  arba  $\frac{J}{g \cdot ^\circ C}$ .

Vandens savitoji šiluma,  $4,186 \frac{J}{g \cdot ^\circ C}$ , yra dažnai laikoma kaip savitas matas / vienetas, *kalorija*

Vandens savitoji šiluma yra viena iš didžiausių tarp kitų medžiagų. Skystam vandeniui reikia daugiau šiluminės energijos, norint pakelti jo temperatūrą lyginant beveik su bet kuria kita medžiaga. Skystas vanduo taip pat gali atiduoti daugiau šiluminės energijos, negu daugelis kitų medžiagų, kad jo temperatūra nukristų.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Šio laboratorinio darbo metu mokiniai palygins smėlio ir vandens savitąją šilumą, kaip sausumos ir jūros modelį šilumos požiūru. Rezultatai padeda paaiškinti smėlio ir vandens skirtingo šilimo ir vėsimo poveikį klimatui. Šio tyrimo metu mokiniai:

- Suras smėlio ir vandens šilimo ir vėsimo greičių / spartų santykį.
- Suras smėlio savitąją šilumą ir palygins ją su vandens savitąja šiluma.
- Padarys išvadas apie tai, kaip skirtingos smėlio ir vandens savitosios šilumos lemia globalinius orus ir klimatą.

*Laiko sąnaudos:*

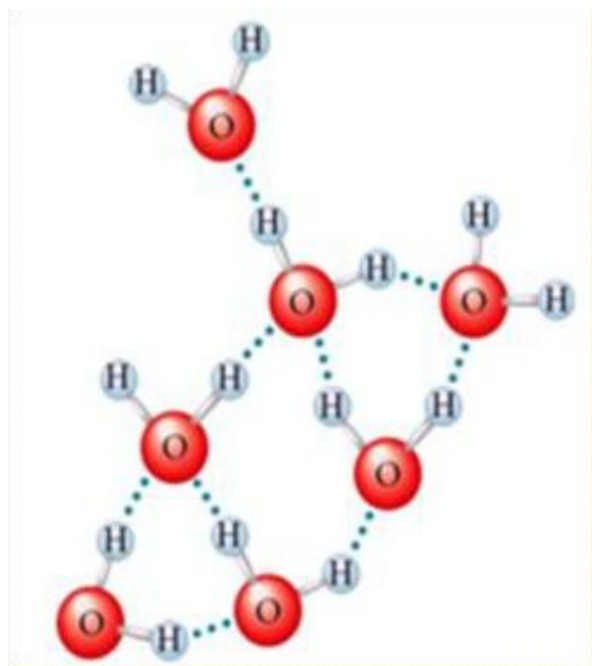
Pasirengimas darbui 10 min.

Laboratorinis darbas 75 minutės.

Tai dviejų dalių darbas:

I-oji darbo dalis skirta ištirti, ar vienodai (kiek reikia laiko) sušyla ir atvėsta tomis pačiomis sąlygomis smėlis ir vanduo. Mokiniai gauna smėlio ir vandens šilimo ir vėsimo grafikus. Iš jų randa smėlio ir vandens šilimo bei vėsimo greičių santykius.

II-oji eksperimento dalis skirta smėlio savitajai šilumai rasti ir jai palyginti su vandens savitąja šiluma.



**1 pav.** Cheminiai ryšiai vandens molekulėje: du vandenilio atomai sudaro kovalentinius polinius ryšius su deguonimi. Vandenilinis ryšys susidaro tarp vandens molekulių: viena H<sub>2</sub>O molekulė susijusi su kitomis 4 molekulėmis.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo

#### Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip vandens ir smėlio šilimo ir vėsimo greitis priklauso nuo jų savitosios šilumos?

**Tyrimo hipotezė.** Vienodai vandens ir smėlio masei įkaitinti iki tos pačios temperatūros reikės skirtingos energijos: vandeniui didesnės, smėliui – mažesnės.

#### **Eksperimento tikslai:**

- Rasti smėlio ir vandens šilimo ir vėsimo greičius ir apskaičiuoti jų santykius.
- Rasti smėlio savitąją šilumą ir palyginti ją su vandens savitąja šiluma.
- Padaryti išvadas, kokią įtaką skirtingos smėlio ir vandens savitosios šilumos daro klimatui?

#### **Laukiami rezultatai:**

- Giliau supras medžiagų savitąją šilumą.
- Giliau supras tarpmolekulinių ryšių įtaką ne tik cheminėms, bet ir fizikinėms medžiagų savybėms.
- Gebės suprasti ir skirti įvairius šilumos perdavimo būdus.
- Atskleis vandenilinio ryšio įtaką medžiagų fizikinėms savybėms (savitajai šilumai).



- Gebės naudotis šiuolaikine duomenų surinkimo, saugojimo ir atvaizdavimo įranga, gebės naudotis ja analizuodami duomenis.
- Gebės tinkamai parengti laboratorinio darbo ataskaitą, ją pristatyti diskusijai ir argumentuotai ginti savo nuomonę.

**! Eksperimentuodami laikykitės *Saugaus darbo* taisyklių:**

- Nuogomis rankomis nelieskite karštų objektų;
- Saugokite elektros kabelius, kad jie nesusiliestų su elektrine virykle ar kitais karštais objektais.

**Eksperimento priemonės:**

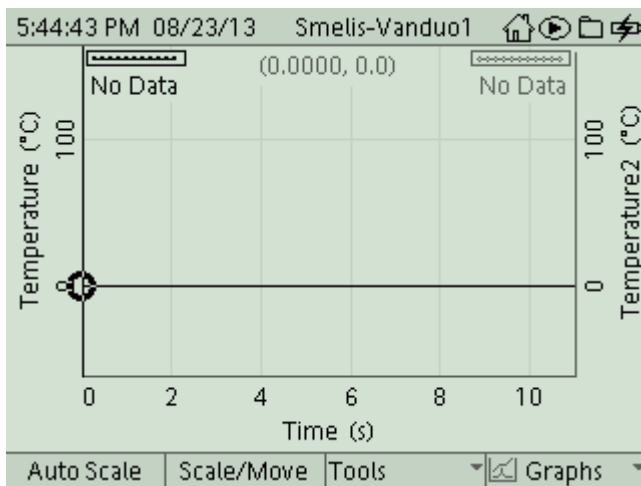
I-ajai eksperimento daliai	II-ajai eksperimento daliai
1. Elektroninės svarstyklės (vienos visai klasei) arba jėgos jutikliai; <ul style="list-style-type: none"> <li>• Duomenų surinkimo ir kaupimo sistema (GLX);</li> <li>• Temperatūros jutikliai arba greito reagavimo temperatūros zondai – 2 vnt.;</li> <li>• Cheminės stiklinės (2), 250 ml.;</li> <li>• Kaitinimo lempa (150 W);</li> <li>• Vanduo 200 ml (arba daugiau);</li> <li>• Smėlis 200 g(arba daugiau).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vanduo, 500 ml;</li> <li>• Cheminė stiklinė, 500 ml.(gali būti ir kitas analogiškas indas);</li> <li>• Stovas su reikmenimis ir gnybtais.</li> <li>• Kaitinamas padėklas (elektrinė plytelė);</li> <li>• Stiklinis mėgintuvėlis, 18*250 mm, didelis;</li> <li>• Kalorimetras arba suneriami izoliuoti puodeliai (2 vnt.) ir dangtelis;</li> <li>• Žnyplės;</li> <li>• Lazdelė maišymui;</li> <li>• Apsauginiai akiniai arba saugos stiklai.</li> </ul>

**Darbo eiga:**

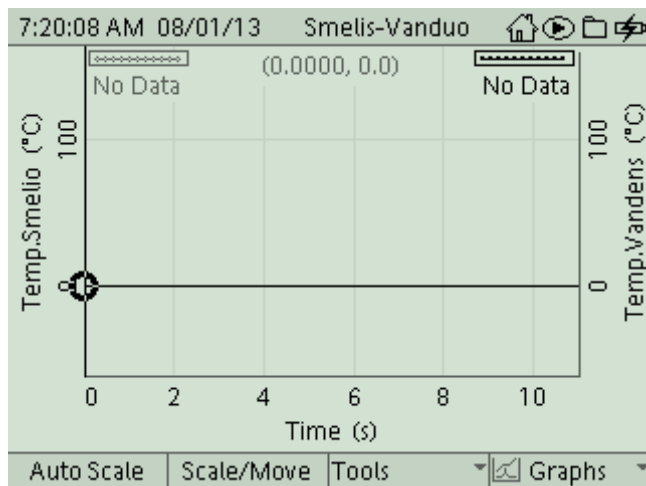
**I – oji eksperimento dalis. Smėlio ir vandens šilimo–vėsinimo spartos / greičio radimas.**

**1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Du temperatūros jutiklius (zondus) įjunkite į šoninius GLX'o temperatūros lizdus.
- 1.2. Atverkite GLX grafinį displejų: *Home*→*Graph (F1)* →*Graphs (F4)* →*Two Measurements (4)* →*OK*. Atsivers koordinačių ašys, kaip 2 pav. Jutiklis, kurį įjungsite pirmą, grafike atsiras kaip „Temperature (°C)“, antrasis – kaip „Temperature2 (°C)“. Turėkite tai galvoje ir nepamirškite, kuris matuos smėlio, o kuris matuos vandens temperatūrą. Norėdami, galite abiejų matavimų temperatūros ašis pervadinti, kaip 2 a pav.
- 1.3. Jėgos jutiklį įjunkite į pirmąjį GLX jutiklių lizdą. Juo rasite smėlio svorį (jeigu neturite svarstyklių).
- 1.4. Surinkite įrenginį, kaip 3 pav. Lempą stove pritvirtinkite 25–35 cm atstumu nuo indų paviršiaus.

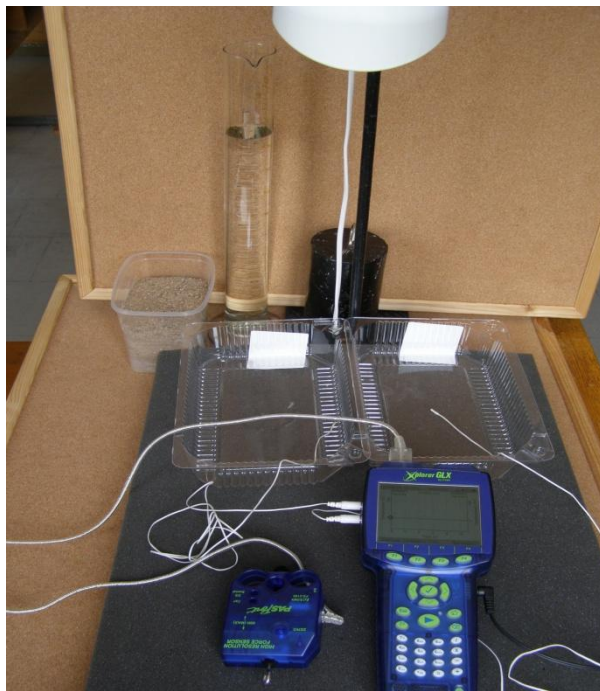


**2 pav.** Jutiklis, kurį įjungsitė pirmą, grafike atsiras kaip „Temperature (°C)“, antrasis – kaip „Temperature2 (°C)“.



**2 a pav.** Temperatūrų ašys „Temperature1“ ir „Temperature2“ pavadintos, atitinkamai: „Temp.Smėlio“ ir „Temp.Vandens“.

- 1.5. Jėgos jutiklį įjunkite į pirmąjį GLX jutiklių lizdą. Juo rasite smėlio svorį (jeigu neturite svarstyklių).
  - 1.6. Surinkite įrenginį, kaip 3 pav. Lempą stove pritvirtinkite 25–35 cm atstumu nuo indų paviršiaus.
  - 1.7. Įjunkite lempą ir po ja suraskite padėtis, kuriose abu jutikliai fiksuos vienodą temperatūrą.
  - 1.8. Svarstyklėmis (\*galima ir jėgos jutikliu) atsverkite vienodą smėlio ir vandens masę ir supilkite į indus. (Jeigu turite matavimo cilindrą, vandens masę galite nustatyti pagal vandens tūrį.)
  - 1.9. Vienodu atstumu nuo smėlio ir vandens paviršiaus panerkite temperatūros zondu galiukus. Jie turi būti ne giliau kaip 5 cm nuo paviršiaus.
  - 1.10. Kaitinimo lempą pastatykite taip, kad vienodai kaitintų abu indus.
- \*Jėgos jutikliu rasite svorį niutonais. Pagal formulę:  $m=P/g$  apskaičiuokite masę.



**3 pav.** Du temperatūros jutikliai / zondai įjungti į šoninius GLX'o temperatūros lizdus (T1 ir T2). Vieno galiukas dedamas į indą su smėliu, antrojo – į indą su vandeniu. Jėgos jutiklis įjungtas į viršutinį GLX'o lizdą.

**1 kl.** Kaip manai, kuri medžiaga išils greičiau – vanduo ar smėlis? Savo numatymą paaiškink.

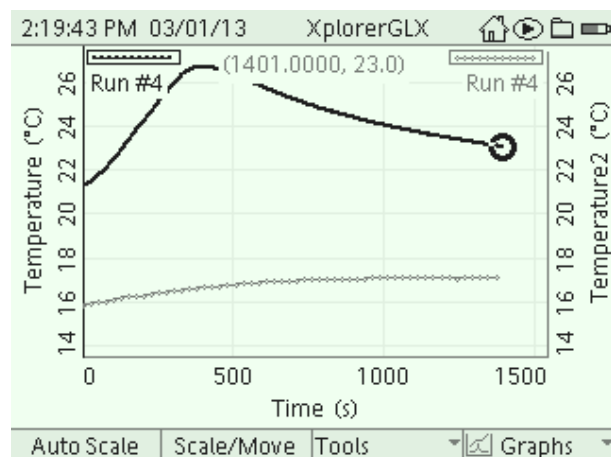
(Hipotezė) Aš manau, kad smėlis greičiau sušils negu vanduo. Patirtis rodo, kad saulės atokaitoje smėlis visuomet karštesnis negu vanduo.

**2 kl.** Kodėl yra svarbu vienodai kaitinti abu indus?

Vienodai kaitinti abu indus yra svarbu tam, kad eliminuotume nevienodo kaitinimo faktorių, kaip kintamąjį.

## 2. Matavimų procedūros:

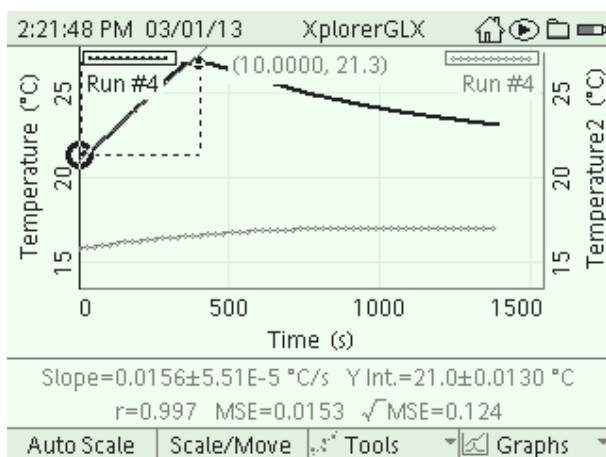
- 2.1. Spustelkite *Start* ir pradėkite rinkti duomenis. Po 30 sekundžių įjunkite kaitinimo lempą. Tęskite matavimą. Stebėkite besibrėžiančius grafikus. Jei vaizdas ekrane mažas, spustelkite *F1 / Auto Scale*.
- 2.2. Po 15 minučių išjunkite lempą ir nusukite į šalį. Tęskite duomenų rinkimą, kai smėlis ir vanduo vėsta.
- 2.3. Duomenis rinkite dar apie 15 minučių ir tuomet baikite rinkti duomenis, paspausdami *Stop*.
- 2.4. GLX grafiniame displejuje matysite grafikus, panašius kaip 4 pav. Viršutinis grafikas rodo I-ojo temperatūros jutiklio matuojamą temperatūrą „Temperature (°C)“ – mūsų atveju smėlio. Apatinis grafikas rodo II-ojo temperatūros jutiklio matuojamą temperatūrą „Temperature2 (°C)“ – vandens.



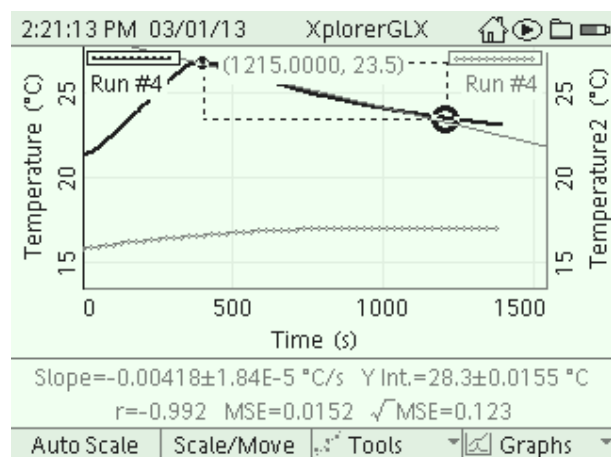
**4 pav.** Dviejų medžiagų: smėlio (viršutinis) ir vandens (apatinis), šilimo ir vėsimo grafikai GLX grafiniame displejuje

## 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

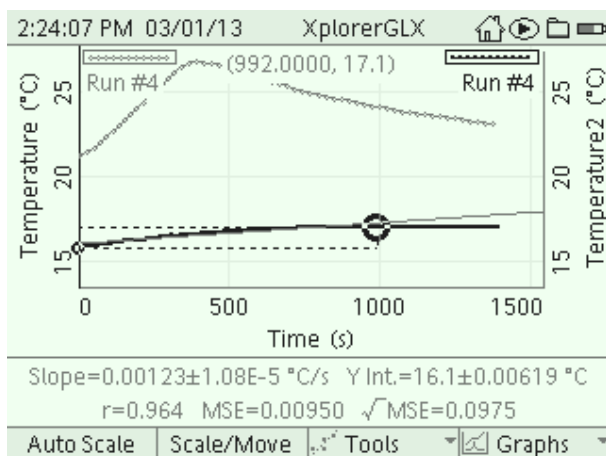
- 3.1. Smėlio ir vandens šilimo ir vėsimo spartos (greičio) radimas:
  - 3.1.1. Iš įrankių (*Tools*) meniu pasirinkite skirtumo įrankį (*Delta Tool*) ir smėlio grafike pasirinkite sritį, kurioje jis šilo.
  - 3.1.2. Eksperimentinius smėlio šilimo (temperatūros kitimo laikui bėgant) taškus aproksimuokite tiese: iš įrankių (*Tools*) meniu pasirinkite, *Linear Fit* ir patvirtinkite pasirinkimą. Užrašę po grafikais matysite smėlio šilimo spartą (4 a pav.).
  - 3.1.3. Pasirinkite smėlio vėsimo sritį ir analogiškai raskite smėlio vėsimo spartą (4 b pav.).
  - 3.1.4. Aukščiau aprašytą duomenų analizės procedūrą pakartokite ieškodami vandens šilimo ir vėsimo spartos (4 c pav.).



**4 a pav.** Smėlio šilimo sparta:  $v(\dot{\text{š}})_{\text{smėlio}} = 0,0156 \pm 5,51E-5 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ .



**4 b pav.** Smėlio vėsimo sparta:  $v(v)_{\text{smėlio}} = 0,00418 \pm 1,84E-5 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ .



**4 c pav.** Vandens šilimo sparta:  $v(\dot{s})_{\text{vandens}} = 0,00123 \pm 1,08E-5 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ .

3.2. Smėlio ir vandens šilimo ir aušimo spartų (greičių) santykio radimas:

3.2.1. Apskaičiuokite smėlio ir vandens *šilimo* spartų / greičių santykį,  $N_{\text{šilimo}}$

$$N_{\text{šilimo}} = v(\dot{s})_{\text{smėlio}} / v(\dot{s})_{\text{vandens}} = 0.0156 \text{ } ^\circ\text{C/s} / 0.00123 \text{ } ^\circ\text{C/s} = 12.68$$

3.2.2. Apskaičiuokite smėlio ir vandens *vėsimo* spartų / greičių santykį:

$$N_{\text{vėsiimo}} = v(v)_{\text{smėlio}} / v(v)_{\text{vandens}} = 0.00418 / \dots\dots\dots$$

Šilimo spartų / greičių santykis yra:  $N_{\text{šilimo}} = 12,8$

Vėsimo spartų/greičių santykis yra:  $N_{\text{vėsiimo}} =$

Remdamiesi tyrimo duomenimis padarykite išvadas ir atsakykite į klausimus.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- Lygindami smėlio ir vandens šilimo ir vėsimo spartas / greičius, padarykite išvadą, kurios medžiagos *šilimo* sparta yra didesnė, kurios mažesnė? **Smėlio didesnė, vandens – mažesnė.** Kurios medžiagos *vėsimo* sparta yra didesnė, kurios mažesnė? **Smėlio didesnė, vandens – mažesnė.**
- Palyginę šilimo ir vėsimo spartų (greičių) santykius smėliui ir vandeniui, padarykite išvadą, ką šie santykiai galėtų byloti / sakyti apie smėlio savitąją šilumą lyginant su vandens savitąja šiluma? **Šis santykis man pasako, kad smėlis X kartų sušyla greičiau negu vanduo ir N kartų atvėsta greičiau negu vanduo. Vadinasi, tai pačiai vandens masei per tą patį laiką, sušildyti tiek pat laipsnių reikia daugiau energijos negu smėlio. Galime daryti išvadą, kad vandens savitoji šiluma, palyginti su smėlio, yra didesnė. Ką tai pasako apie tarpmolekulinius ryšius šiose medžiagose? (Ar smėlį galima pavadinti gryna chemine medžiaga?)**

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Ką reiškia tiesės krypties koeficientas smėlio (arba vandens) šilimo grafike?	1. Šilimo spartą (greitį).
2. Ką reiškia tiesės krypties koeficientas smėlio (arba vandens) vėsimo grafike?	2. Vėsimo spartą (greitį).
3. Kas šiame tyrime buvo nepriklausomas kintamasis ir kas buvo priklausomas kintamasis? Kokį faktorių laikėte pastoviu?	3. Nepriklausomas kintamasis buvo kaitinimo laikas / trukmė. Priklausomas kintamasis buvo temperatūros pokytis medžiagos viduje.
4. Kaip įvardytumėte šilumos perdavimo būdą iš įkaitusios lempos smėliui ir vandeniui šiame tyrime?	4. Šiluminis spinduliavimas

## II – oji eksperimento dalis. Smėlio savitoji šiluma

### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Įjungiamas arbatinys. Jame šyla vanduo visoms tyrimą atliksiančioms grupėms.
- 1.2. Kiekviena mokinių grupė pasveria apie 40–50 g smėlio. (Bendromis visai klasei svarstyklėmis arba kiekviena grupė atskirai, naudojasi jėgos jutikliu.) Smėlio masę  $m_{smelio}$  įrašo ataskaitos lapo lentelėje.
- 1.3. Į mėgintuvėlį įpila maždaug pusę viso smėlio, įdeda temperatūros jutiklį taip, kad galiukas būtų ties smėlio viduriu mėgintuvėlio sienelių atžvilgiu ir atsargiai suberia visą likusį smėlį.
- 1.4. Mėgintuvėlis su smėliu ir temperatūros jutikliu (zondų) įtvirtinamas stovė.
- 1.5. Vėl įjungiamos svarstyklės, pasirenkami masės matavimo vienetai (g). Vidinis kalorimetro indas pastatomas ant svarstyklių. Svarstyklės nunulinamos.
- 1.6. Atsargiai, kad nebūtų aplietos svarstyklės, į vidinį kalorimetro indą pilamas kambario temperatūros vanduo, stebint svarstyklių rodmenis. Įpilama 60–70 g. Įpilto į kalorimetrą vandens masė  $m_{vandens}$  įrašoma ataskaitos lapo lentelėje.
- 1.7. Į vandenį kalorimetre panardinamas antrasis temperatūros jutiklis (zondas).
- 1.8. Į cheminę stiklinę ar kitą indą pripilama iš bendro arbatinio karšto vandens. Indas pastatomas ant kaitintuvo (5 pav.).



**5 pav.** Mėgintuvėlis su smėliu kaitinamas karštame vandenyje. Vienas temperatūros zondas mėgintuvėlyje su smėliu, antrasis – kalorimetre su kambario temperatūros vandeniu.

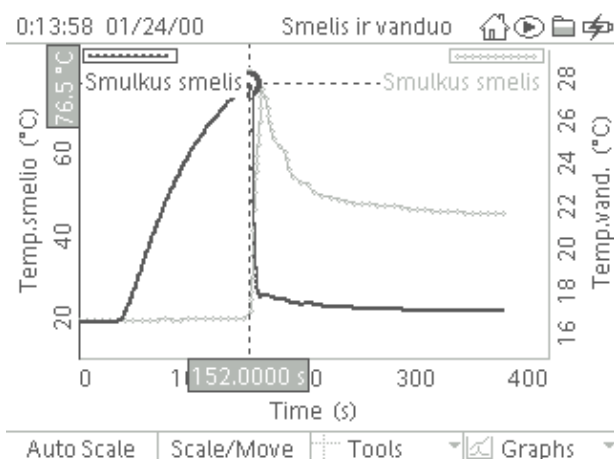
- 1.9. Panardinkite mėgintuvėlį su smėliu į indą su karštu vandeniu taip, kad smėlis mėgintuvėlyje būtų žemiau vandens lygio. Leiskite smėliui įkaisti. Tai truks maždaug 5–6 minutes.

### 2. *Matavimų procedūros*

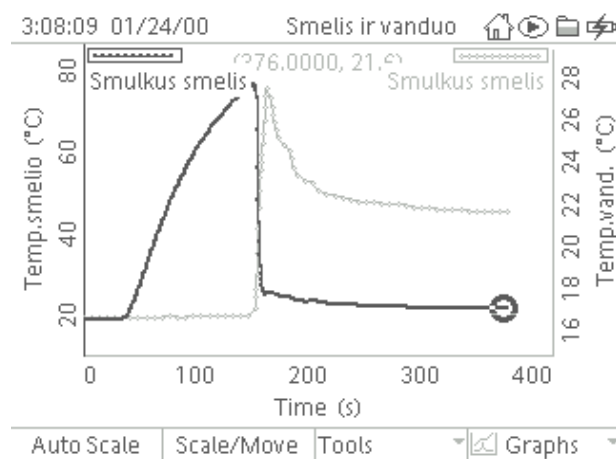
- 2.1. Spustelėkite *Start* ir pradėkite rinkti duomenis. Leiskite smėliui įkaisti. Tai truks maždaug 5–6 minutes. Žnyplėmis sugriebkite mėgintuvėlį su įkaitusiu smėliu ir suberkite jį į kalorimetrą su kambario temperatūros vandeniu. Kartu turi įkristi ir temperatūros zondas. Kalorimetrą lengvai pasukiokite.
- 2.2. Po 5–6 minučių spustelėkite *Stop* ir baikite matuoti.



2.3. Kad parodytumėte visą matavimą, padidinkite grafiką spustelėdami *F1 / Auto Scale*. GLX ekrane matysite grafikus, kaip 6 a pav., (6 b pav.).



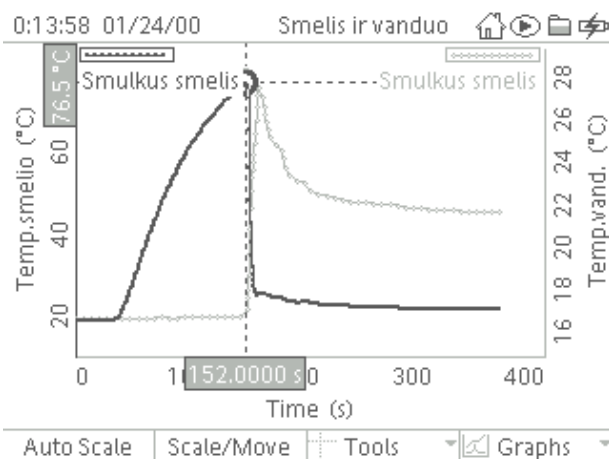
**6 a pav.** Smėliui įkaitus (mūsų atveju iki 76,5°C po 152 s nuo tyrimo pradžios), įkaitintas smėlis suberiamas į kalorimetre esantį vandenį. Sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) smėlio temperatūros grafike (tamsesnysis grafikas) pažymėta aukščiausia įkaitusio smėlio temperatūra. Šviesesnysis grafikas rodo kalorimetre esančio vandens temperatūros kitimo eigą.



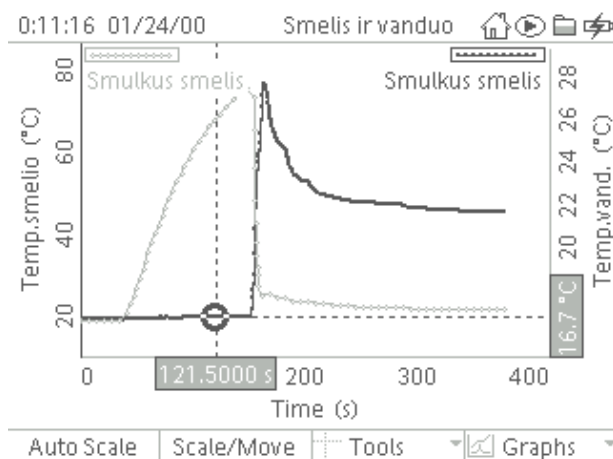
**6 b pav.** Matavimas tęsiamas tol, kol kalorimetre su smėlio ir vandens mišiniu nusistovi temperatūra. Temperatūrai nusistovėjus, baigiamas matavimas. Tamsesnis grafikas – smėlio temperatūros kitimo grafikas, šviesesnis – vandens.

### 3. *Ekspimento rezultatai ir jų analizė:*

3.1. Pradinę vandens, įkaitinto smėlio bei nusistovėjusią smėlio–vandens mišinio temperatūrą raskite pasinaudoję sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) iš įrankių (*Tools*) meniu. Žr. 7 pav. a, b ir 8 pav. a, b.

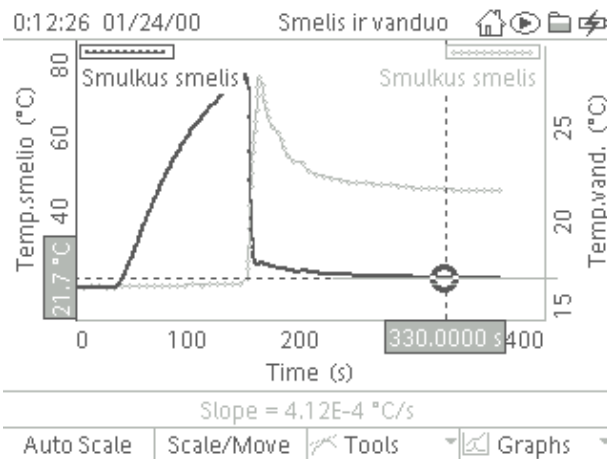


**7 a pav.** Smėlio temperatūros kitimo grafike sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) pažymima ir rekoduojama didžiausia pradinė smėlio temperatūra,  $T_{s(\text{pradinė})}$ . Ją matome kairėje, patamsintame stačiakampyje prie „y“ ašies. Mūsų atveju  $T_{s(\text{pradinė})} = 76,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

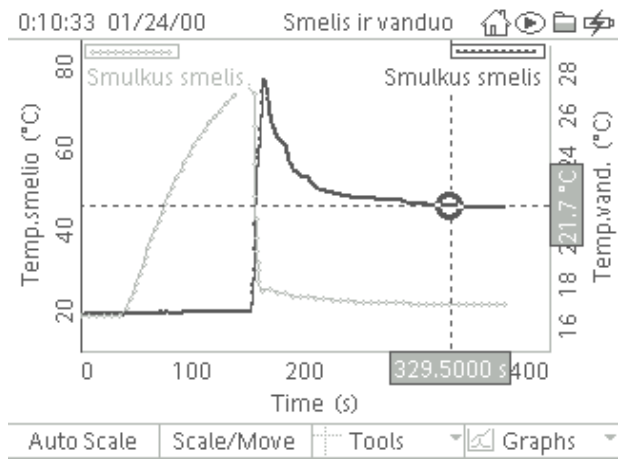


**8 a pav.** Vandens temperatūros kitimo grafike sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) pažymima ir rekoduojama pradinė vandens temperatūra,  $T_{v(\text{pradinė})}$ . Ją matome dešinėje, patamsintame stačiakampyje prie „y“ ašies. Mūsų atveju  $T_{v(\text{pradinė})} = 16,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .





**7 b pav.** Smėlio temperatūros kitimo grafike sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) pažymima ir rekoduojama galutinė smėlio temperatūra,  $T_{s(\text{galutinė})}$ . Ją matome kairėje, patamsintame stačiakampyje prie „y“ ašies. Mūsų atveju  $T_{s(\text{galutinė})} = 21,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ .



**8 b pav.** Vandens temperatūros kitimo grafike sumaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) pažymima ir rekoduojama galutinė vandens temperatūra,  $T_{v(\text{galutinė})}$ . Ją matome dešinėje, patamsintame stačiakampyje prie „y“ ašies. Mūsų atveju  $T_{v(\text{galutinė})} = 21,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

3.2. Iš grafikų gautas vertes surašykite į lentelę ir raskite smėlio savitąją šilumą

	Masė $m$ (g)	$T_{\text{pradinė}}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_{\text{galutinė}}$ ( $^\circ\text{C}$ )	$\Delta T$ ( $^\circ\text{C}$ )	Šiluminė energija $Q$ gauta arba atiduota (J)	Savitoji šiluma $c$ ( $\text{J}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$ )
Vanduo	70,0	16,6	21,7	5,1	1492,36	4,18
Smėlis	40,0	76,2	21,7	-54,5	1492,36	0,68

Medžiagos šilumos kiekio pokytis skaičiuojamas  $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ .

$Q$  – visos energijos kiekio pokytis

$m$  – masė

$c$  – savitoji šiluma

$\Delta T$  – temperatūros pokytis

3.3. Pagal formulę:  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  raskite vandens energijos pokytį ( $Q_v$ ). Parodykite, kaip skaičiavote.

3.4. Remdamiesi tuo, kad smėlio energijos ( $Q_s$ ) pokytis turi būti lygus vandens energijos pokyčiui  $Q_v$  (nes visa energija gaunama iš auštančio smėlio sunaudojama vandeniui sušildyti), apskaičiuokite smėlio savitąją šilumą  $c_{\text{smėlio}}$ .

Smėlio savitoji šiluma:

$$c_{\text{smėlio}} = Q_{\text{smėlio}} / m_{\text{smėlio}} \Delta T_{\text{smėlio}}$$

Bet:

$$Q_{\text{smėlio}} = Q_{\text{vandens}}$$

$$\text{Taigi, } c_{\text{smėlio}} = Q_{\text{vandens}} / m_{\text{smėlio}} \Delta T_{\text{smėlio}} = 1492,26 \text{ J} / (40)(54,5) [ \text{J/g } ^\circ\text{C} ]$$

$$c_{\text{smėlio}} = 0,68 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$$

Smėlio savitąją šilumą perskačiuokite SI sistemos vienetais

$$c_{\text{smėlio}} = 680 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^\circ\text{C}}$$

- 3.5. Naudodamiesi savo tyrimo duomenimis raskite, vandens ir smėlio savitųjų šilumų santykį N:

$$N = c_{\text{Vandens}} / c_{\text{Smėlio}} = 4,18/0,68 \approx 6,15 \text{ (karto)}$$

Tyrimą atliekant su mūsų smėliu gavome, kad vandens savitoji šiluma daugiau nei 6 kartus didesnė už smėlio savitąją šilumą.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- Remdamiesi gautais tyrimo duomenimis, padarykite išvadą, kiek kartų skiriasi vandens ir smėlio savitosios šilumos. Tyrimą atlikdami su smėliu gavome, kad smėlio savitoji šiluma daugiau nei 6 kartus mažesnė už vandens savitąją šilumą.
- Teigdami, kad duomenys, gauti tiriant smėlį, apskritai tinka ir sausumai, nustatykite, kaip smėlio savitoji šiluma, palyginti su vandens savitąja šiluma, turi įtaką skirtingam sausumos ir vandens įšilimui? Remdamasis gautais tyrimo duomenimis, aš galiu teigti, kad smėlis sušyla greičiau negu vanduo ir atvėsta greičiau negu vanduo. Didelė vandens savitoji šiluma palaiko pastovią temperatūrą / apsaugo nuo svyravimų labiau negu sausumos.
- Nustatykite, kaip gana dideli vandens telkiniai daro įtaką orams? Pateikite pavyzdžių. Oras arti didelių vandens telkinių turi tendenciją būti pastovesnis palyginti su sausuma. Prie jūros esantys plotai pasižymi šaltesnėmis vasaromis ir šiltesnėmis žiemomis negu sausumos slėniai (plg. Klaipėda, Vilnius).
- Nustatykite ar, skirtingi orai daro įtaką augmenijai ir gyvūnijai? Pateikite pavyzdžių.

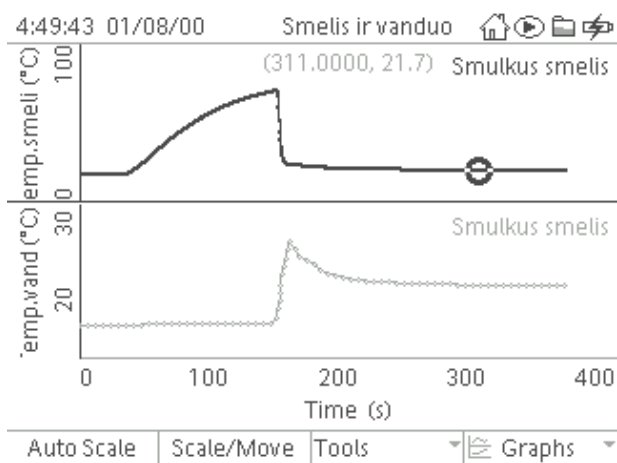
#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite medžiagos savitąją šilumą?	1. Tai šilumos kiekis, kurio reikia medžiagos masės vieneto temperatūrai pakelti vienu laipsniu.
2. Kaip apskaičiuojamas šilumos kiekis, kurio reikia kūnui sušildyti?	2. $Q = cm \Delta T$
3. Kaip energijos tvermės dėsnį taikėte šio tyrimo metu?	3. Šilumos kiekį, kurį atidavė įkaitęs smėlis, sulyginome su šilumos kiekiu, kurį gavo kalorimetre esantis vanduo.
4. Teigdamas, kad duomenys, gauti tiriant smėlį, apskritai tinka ir visai sausumai, atsakyk, kaip smėlio savitoji šiluma, palyginti su vandens savitąja šiluma, įtakoja skirtingą sausumos ir vandens įšilimą?	4. Remdamasis savo gautais tyrimo duomenimis, aš galiu teigti, kad smėlis sušyla greičiau negu vanduo ir atvėsta greičiau negu vanduo. Didelė vandens savitoji šiluma apsaugo jo temperatūrą nuo fluktacijų / svyravimų labiau negu sausumos.
5. Paašškink, kaip pakankamai dideli vandens kiekiai lemia orus? Pateik pavyzdžių.	5. <i>Atsakymas:</i> Oras arti didelių vandens telkinių turi tendenciją būti labiau pastovus lyginant su sausuma. Pavyzdys yra toks, kad prie jūros esantys plotai pasižymi šaltesnėmis vasaromis ir šiltesnėmis žiemomis negu sausumos slėniai.

6. Jeigu vanduo turi labai didelę savitąją šilumą, kuris iš žemiau pateiktų atsakymų yra teisingas? a) Vanduo staiga / labai greitai atvėsta b) Vanduo išlieka šiltas gana ilgą laiko tarpą c) Oras, aplinkoje netoli vandens, nakties metu yra šiltesnis, negu oras sausumos aplinkoje. d) Reikia daug energijos vandeniui sušildyti	6. b, c, d
7. Kurioms medžiagoms, su didele ar su maža savitąja šiluma reikia daugiau šilumos, kad vienodai pakelti 1 g (1 kg) temperatūrą?	7. Medžiagoms su didele savitąja šiluma reikia daugiau šilumos, kad g (1 kg) temperatūrą pakeltumei tiek pat, kaip ir medžiagoms, su maža savitąja šiluma.
8. Vandens savitoji šiluma yra didelė, nes...	8. Vanduo turi stiprius cheminius ryšius, specifinius vandenilinio tipo ryšius tarp molekulių.
9. Išvardinkite cheminius ryšius, kuriais elementų atomai jungiasi tarpusavyje.	9. Elementų atomai tarpusavyje jungiasi trijų tipų cheminiais ryšiais: <ul style="list-style-type: none"> <li>• joniniu,</li> <li>• kovalentiniu (skirstoma į kovalentinį polinį ir kovalentinį nepolinį),</li> <li>• metališkuoju.</li> </ul>
10. Apibūdinkite <b>vandenilinį</b> ryšį.	10. <b>Vandenilinis ryšys</b> susidaro tarp vienos molekulės vandenilio atomo, turinčio dalinį teigiamą krūvį ir kitos molekulės atomo, turinčio laisvąją elektronų porą.
11. Kokias medžiagų fizikines savybes sąlygoja vandenilinis ryšys?	11. Aukštą virimo temperatūrą, didelę kondensacijos šilumą, didelę paviršiaus įtempį
12. Didelė vandens savitoji šiluma lyginant su sausumos / smėlio, sąlygoja	12. Mažus vandenynų temperatūros svyravimus lyginant su sausumos; Priekrančių klimatas turi mažesnius temperatūros svyravimus lyginant su sausumos klimatu; Dideli gryno vandens kiekiai lieka skystoje būsenoje, oro temperatūrai nukritus žemiau 0 °C.

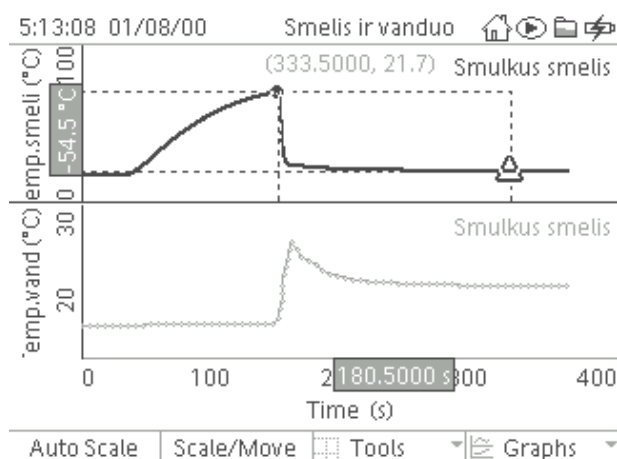
### **Rekomendacijos mokytojui**

Duomenis galite vaizduoti dviem grafikais ir atlikti jų analizę (Žr. 9 pav., 9 a pav., 9 b pav., 9 c pav., 9 d pav.).

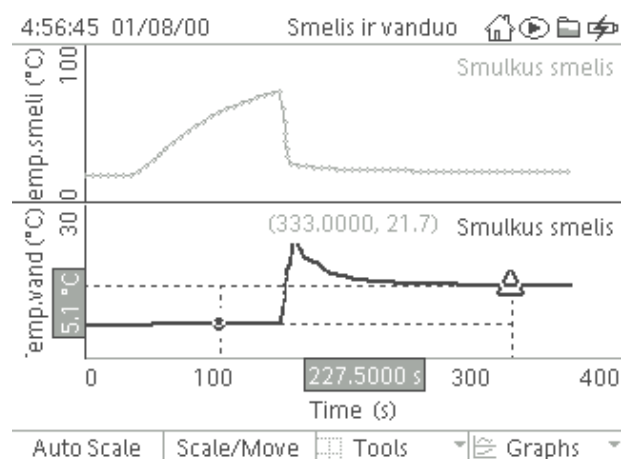


**9 pav.** Viršutinis grafikas didelę smėlio temperatūros kitimo, apatinis grafikas vaizduoja procesą kalorimetre su kambario temperatūros vandeniu iki suberiant įkaitintą smėlį ir subėrus. Nusistovėjus mišinio temperatūrai (mūsų atveju  $21,7^{\circ}\text{C}$ ), baigiamas matavimas.

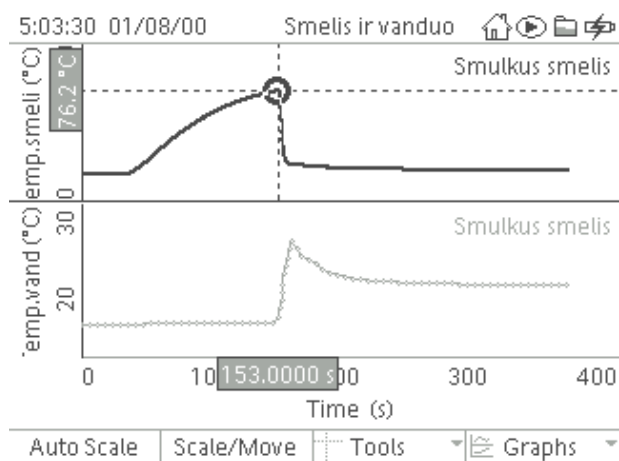
Duomenis analizuoti galite pasinaudodami *Delta Tool* arba *Smart tool* įrankiu iš įrankių (*Tools*) meniu.



**9 a pav.** Skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) randamas įkaitinto smėlio temperatūros pokytis, supylus jį į kalorimetre esantį vandenį. Jį matome patamsintame stačiakampyje prie „y“ ašies (viršutinis grafikas).  $\Delta T_{\text{Smėlio}} = -54,5^{\circ}\text{C}$ .



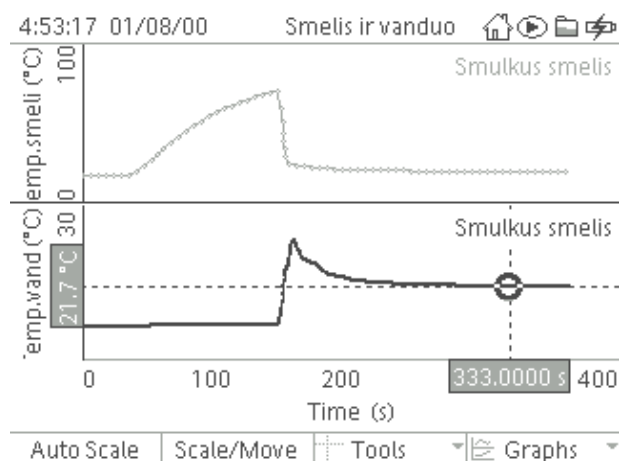
**9 b pav.** Vandens temperatūros pokytis  $\Delta T_{\text{Vandens}} = 5,1^{\circ}\text{C}$  randamas įrankiu (*Delta Tool*).



**9 c pav.** Norėdami pamatyti iki kokios temperatūros buvo įkaitintas smėlis ir iki kokios atvėso, supylus jį į kambario temperatūros vandenį, pasinaudikite sumaniuoju įrankiu (*Smart tool*) iš įrankių (*Tools*) meniu.

Smėlio „ $T_{\text{Max}}$ “ = 76,2 °C

Smėlio „ $T_{\text{Min}}$ “ = 21,7 °C



**9 d pav.** Vandens pradinė ir nusistovėjusi temperatūra, po to, kai į jį buvo subertas smėlis, randami iš apatinio (vandens) grafiko (*Smart tool*) įrankiu.

Vandens „ $T_{\text{Min}}$ “ = 16,6 °C.

Vandens „ $T_{\text{Max}}$ “ = 21,7 °C.

#### 4.8. SPEKTROSKOPINIS CHLOROFILO NUSTATYMAS AUGALŲ EKSTRAKTUOSE

##### **Bendrosios programos:**

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

<b>9. Šiuolaikiniai tyrimo metodai</b>	
<b>Nuostata</b> Kūrybingai ir saugiai tyrinėti gamtos reiškinius.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Apibūdinti chemijoje taikomus tyrimo metodus.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
9.1. Taikyti įgytas žinias apie medžiagos koncentraciją tirpale, siejant su koncentracijos reiškimo būdais.	9.1.2. Paašškinti, kaip tirpalo spalvos intensyvumas susijęs su medžiagos koncentracija ir tirpalo sluoksnio storium.
9.2. Apibūdinti medžiagų sandaros tyrimo metodus.	9.2.5. Pateikti pavyzdžių, kaip fizikiniai medžiagų tyrimo metodai taikomi praktikoje.

##### **Bendrosios programos:**

Vidurinis ugdymas. Biologija. Bendrinis kursas. 11–12 klasės.

<b>1. Metodologiniai biologijos klausimai</b>	
<b>Nuostata</b> Įvairiais metodais tyrinėti biologinius reiškinius ir procesus.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinius metodus ir biologijos atradimų reikšmę.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
1.3. Taikyti matematikos ir informacijos paieškos žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti.	1.3.1. Tiksliai atlikti matavimus ir apibendrinti gautus rezultatus. Apskaičiuoti procentus, vidurkius, santykius. Užrašyti gautus rezultatus ir pavaizduoti juos naudojantis kompiuterinėmis technologijomis.
<b>2. Ląstelė – gyvybės pagrindas</b>	
<b>Nuostata</b> Suvokti ląstelę kaip mažiausią organizmo dalelę, kurioje vyksta gyvybiniai procesai.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Suprasti, kad visi organizmai sudaryti iš ląstelių, paašškinti ląstelėse vykstančių procesų reikšmę gyvybinei organizmo veiklai.	
<b>Gebėjimai</b>	<b>Žinios ir supratimas</b>
2.1. Apibūdinti organinius junginius, įeinančius į ląstelių sudėtį. 2.5. Apibūdinti energijos ir medžiagų virsmus ląstelėje ir organizme.	2.1.2. Atlikti įvairių augalinės kilmės maisto produktų tyrimus pasirinktai organinei medžiagai nustatyti. 2.5.4. Apibūdinti fotosintezę kaip augalų ląstelėse vykstantį procesą, kurio metu šviesos energija vartojama organinėms molekulėms sintetinti.



## Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Biologija. Išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

### 1. Metodologiniai biologijos klausimai

#### Nuostata

Įvairiais metodais tyrinėti biologinius reiškinius ir procesus.

#### Esminis gebėjimas

Analizuoti mokslinius metodus ir biologijos atradimų reikšmę.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.3. Taikyti matematikos ir informacijos paieškos žinias ir gebėjimus tyrimų rezultatams apdoroti ir problemoms spręsti.	1.3.1. Tiksliai atlikti matavimus, apibendrinti ir pateikti gautus rezultatus. Apskaičiuoti procentus, vidurkius, santykius. Užrašyti gautus rezultatus, apdoroti juos statistiškai ir pavaizduoti naudojantis kompiuterinėmis technologijomis.

### 2. Ląstelė – gyvybės pagrindas

#### Nuostata

Suvokti ląstelę kaip mažiausią organizmo dalelę, kurioje vyksta gyvybiniai procesai.

#### Esminis gebėjimas

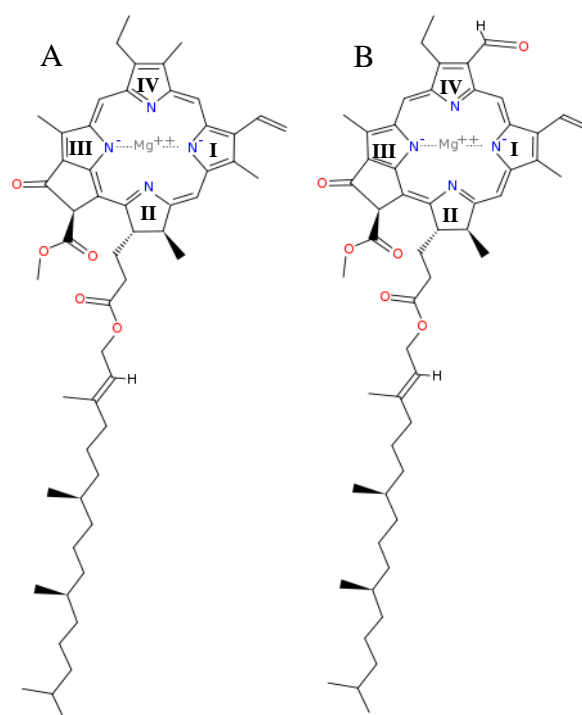
Suprasti, kad visi organizmai sudaryti iš ląstelių, paaiškinti ląstelėse vykstančių procesų reikšmę gyvybinei organizmo veiklai.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
2.1. Apibūdinti organinius junginius, įeinančius į ląstelių sudėtį. Paaiškinti šių organinių junginių ir vandens reikšmę organizmo gyvybinėms funkcijoms. 2.5. Paaiškinti energijos ir medžiagų virsmus ląstelėje ir organizme.	2.1.2. Atlikti įvairių augalinės kilmės maisto produktų tyrimus pasirinktai organinei medžiagai nustatyti. 2.5.7. Apibūdinti fotosintezę kaip augalų ląstelėse vykstančią procesą, kurio metu šviesos energija vartojama organinėms molekulėms sintetinti.

## LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Chlorofilas yra žalias pigmentas, randamas augalų ir dumblių chloroplastuose bei cianobakterijose. Fotosintezės metu chlorofilas sugeria saulės spindulių energiją ir paverčia ją chemine energija. Tokiu būdu iš anglies dioksido ir vandens gaminami angliavandeniliai, pvz., cukrus. Kaip šalutinis produktas, sukuriama deguonis. Augalų lapuose yra dviejų tipų chlorofilo: chlorofilas *a*  $C_{55}H_{72}MgN_4O_5$  (žaliai melsvo atspalvio), kurio struktūrinė formulė parodyta 1 a paveiksle, ir chlorofilas *b*  $C_{55}H_{70}MgN_4O_6$  (žaliai gelsvo atspalvio), kurio struktūrinė formulė parodyta 1 b paveiksle.

Nors chlorofilų struktūra yra labai sudėtinga, vis dėlto nesunku pastebėti, kad pagrindinis jų struktūrinis vienetas yra pirolas. Tarpusavyje sujungti keturi pirolų žiedai (I, II, III, IV) ir magnio atomas sudaro kiekvienos chlorofilo molekulės branduolį – porfirino



1 pav. Chlorofilo *a* (A) ir chlorofilo *b* (B) struktūrinės formulės.

žiedą.

Pagrindinis biologiniu požiūriu yra chlorofilas *a*, kurio turi visi fotosintezę vykstantys organizmai, o pagalbinio chlorofilo *b* augaluose yra 3–5 kartus mažiau.

Chlorofilo molekulės geriausiai sugeria mėlyną ( $\lambda = 400\text{--}470\text{ nm}$ ) bei raudoną ( $\lambda = 620\text{--}700\text{ nm}$ ) šviesą (2 pav.). Žalios šviesos chlorofilas nesugeria, todėl augalai mums atrodo žali.

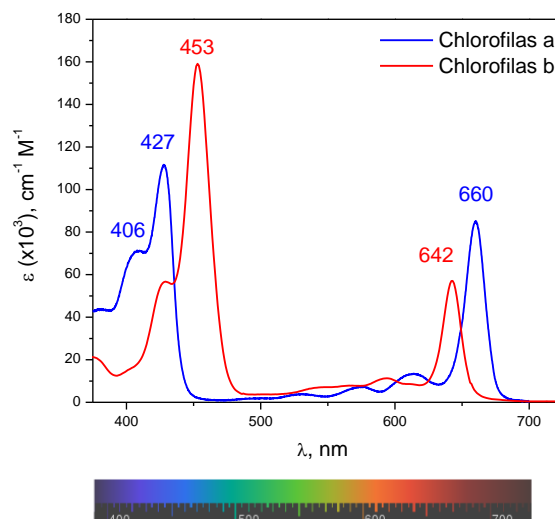
Iš sugerties spektrų galima kokybiškai nustatyti, kurio tipo chlorofilas vyrauja augale. Raudonuosius spindulius šiek tiek intensyviau sugeria chlorofilas *a*, mėlynuosius – chlorofilas *b*. Mėlynojoje spektro srityje chlorofilų sugerties spektrai persikloja su kitų augalinių pigmentų, pvz., karotenoidų, sugerties spektru, todėl chlorofilų *a* ir *b* atskyrimui patogiau naudoti raudonąją spektro sritį. Kaip matyti iš 2 paveiksle pateiktų spektrų, dietileteryje ištirpinto chlorofilo *a* sugerties maksimumas raudonojoje spektro srityje yra ties 660 nm, o chlorofilo *b* – ties 642 nm.

Chlorofilas vandenyje netirpsta, o veikiamas šarmais ar rūgštimis greitai suyra, todėl chlorofilo išskyrimui iš augalų geriausia naudoti organinius tirpiklius, pvz., acetoną, metanolį, etanolį, dietilerį, chloroformą (trichlormetaną). Priklausomai nuo naudojamo tirpiklio, keičiasi chlorofilo *a* ir *b* sugerties juostų maksimumų padėtys ( $\lambda_{\text{max}}$ ) bei moliniai sugerties koeficientai, kai  $\lambda_{\text{max}}$  (1 lentelė).

**1 lentelė.** Tirpiklio įtaka chlorofilo *a* ir *b* sugerčiai ilgabangėje spektrinėje srityje.

Tirpiklis	Chlorofilas <i>a</i> ,			Chlorofilas <i>b</i>		
	$\lambda_{\text{max}1}$ nm	$\varepsilon \times 10^{-3}, \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$		$\lambda_{\text{max}2}$ nm	$\varepsilon \times 10^{-3}, \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$	
Metanolis	665	$\varepsilon_{665} = 71,4$	$\varepsilon_{652} = 31,7$	652	$\varepsilon_{652} = 38,6$	$\varepsilon_{665} = 20,2$
Dietileris	660	$\varepsilon_{660} = 85,3$	$\varepsilon_{642} = 14,8$	642	$\varepsilon_{642} = 57,0$	$\varepsilon_{660} = 5,1$
Acetonas	663	$\varepsilon_{663} = 73,3$	$\varepsilon_{645} = 15,0$	645	$\varepsilon_{645} = 41,4$	$\varepsilon_{663} = 8,4$

Chlorofilui augalų lapų ekstraktuose nustatyti naudojamas fizikinis metodas – sugerties spektroskopija. Šviesai sklindant nevysiškai skaidria medžiaga, mažėja jos intensyvumas ir keičiasi spektrinė sudėtis. Jei visų bangos ilgių šviesa sugerama vienodai, tai tokia sugertis vadinama *paprastąja*. Paprastoji sugertis nekeičia šviesos spektrinės sudėties, tačiau keičia jos intensyvumą, kuris, sklindant medžiaga, palaispsniui mažėja. Jei skirtingo bangos ilgio šviesa sugerama skirtingai, tada sugertis vadinama *atrankiąja*. Atrankioji sugertis keičia šviesos spektrinę sudėtį. Taip yra todėl, kad medžiagos atomai ir molekulės nevienodai sugeria skirtingo bangos ilgio šviesą. Dėl atrankiosios sugerties balta šviesa, praėjusi per medžiagos sluoksnį, tampa spalvota. Ištyrę per medžiagą praėjusios šviesos spektrinę sudėtį, galime nustatyti, kokie atomai ir molekulės sudaro medžiagą, kokie procesai vyksta medžiagoje. Toks tyrimo metodas vadinamas *optine spektroskopija*.



**2 pav.** Chlorofilo *a* ir chlorofilo *b* tirpalų dietileteryje sugerties spektrai.  $\varepsilon$  – molinis sugerties koeficientas, parodantis chlorofilo molekulės gebėjimą sugerti skirtingų bangos ilgių ( $\lambda$ ) šviesą. Paveikslo apačioje pateiktas elektromagnetinių bangų spalvų spektras.

Pagrindinį šviesos sugertį aprašantį dėsnį 1729 m. eksperimentiškai nustatė prancūzų mokslininkas P. Būgeras, o teoriškai 1760 m. pagrindė vokiečių mokslininkas J. Lambertas. Pagal šį dėsnį šviesos intensyvumo sumažėjimas, perėjus jai per be galo ploną medžiagos sluoksnį, yra tiesiog proporcingas to sluoksnio storiui ir kritusios į šį sluoksnį šviesos intensyvumui. Kai medžiagos sluoksnio storis  $l$  nėra be galo plonas, tada pagal Būgero ir Lamberto dėsnį praėjusios per medžiagos sluoksnį šviesos intensyvumas yra:

$$I = I_0 e^{-K_\lambda l}; \quad (1)$$

čia  $I$  yra praėjusios per medžiagą šviesos intensyvumas, kai kritusios šviesos intensyvumas buvo  $I_0$ ,  $e$  yra natūrinio logaritmo pagrindas,  $\lambda$  – šviesos bangos ilgis. Proporciningumo koeficientas  $K_\lambda$  yra vadinamas *monochromatiniu sugerties koeficientu*. Jo matavimo vienetas  $m^{-1}$  arba  $cm^{-1}$ .  $K_\lambda$  priklauso nuo šviesos bangos ilgio, medžiagos sudėties ir sugeriančių šviesą atomų ir molekulių koncentracijos. Kadangi šis koeficientas priklauso nuo šviesos bangos ilgio, skirtingų bangos ilgių šviesa sugeriama nevienodai. Grafiškai pateikiama ši priklausomybė vadinama sugerties spektru, kuris suteikia informaciją apie medžiagos sandarą ir būseną.

Mokslininkas A. Beras 1852 m. tyrinėdamas šviesos sugertį tirpaluose pastebėjo, kad silpnųjų elektrolitų tirpalų monochromatinės šviesos sugerties koeficientas yra tiesiog proporcingas tirpalo koncentracijai:

$$K_\lambda = k_\lambda \cdot c; \quad (2)$$

čia  $c$  yra tirpalo koncentracija,  $k_\lambda$  – *molekulinis sugerties koeficientas*. Sujungę formules (1) ir (2), gauname jungtinį Būgero, Lamberto ir Bero dėsnį:

$$I = I_0 e^{-K_\lambda \cdot c \cdot l}; \quad (3)$$

Sugerties koeficientas  $K_\lambda$  nustatomas iš formulės (1), išmatavus medžiagos sluoksnio storį  $l$  ir per medžiagą praėjusios ir kritusios šviesos intensyvumų santykį, vadinamą medžiagos sluoksnio *pralaidumo faktoriumi*:

$$T_\lambda = \frac{I}{I_0} = e^{-K_\lambda \cdot l}. \quad (4)$$

Dažniausiai pralaidumo faktorius išreiškiamas procentais. Atvirkščio dydžio pralaidumo faktoriumi dešimtainis logaritmas yra vadinamas medžiagos sluoksnio *optiniu tankiu*:

$$A_\lambda = \lg \frac{1}{T_\lambda} = 0,4343 \cdot K_\lambda \cdot l. \quad (5)$$

Matyti, kad optinis tankis yra tiesiog proporcingas sugerties koeficientui.

5 lygtį yra nepatogu naudoti kokybiniais koncentracijos skaičiavimams, todėl, atlikę matematinius pertvarkymus ir koncentracijos matavimo vienetais pasirinkę mol/l (M), gausime lygtį optiniam tankiui  $A$  skaičiuoti:

$$\lg \frac{1}{T_\lambda} = -\lg T = \varepsilon \cdot c \cdot l = A; \quad (6)$$

čia  $\varepsilon$  – molinis sugerties koeficientas [ $l / (\text{mol} \cdot \text{cm})$ ] arba [ $M^{-1} \text{cm}^{-1}$ ].

Optinis tankis yra adityvus dydis: dviejų tirpalų mišinio optinis tankis lygus kiekvieno tirpalo optinių tankių sumai:

$$A_{1+2} = A_1 + A_2. \quad (7)$$

Kadangi chlorofilų sugerties spektrai skiriasi savo forma ir sugerties maksimumų padėtimis, naudojant (6) ir (7) formules galima kiekybiškai nustatyti chlorofilo  $a$  ir chlorofilo  $b$  koncentracijas

augalų lapų ekstraktuose. Įvertinę chlorofilų mišinio optinį tankį  $A$  ties dviem skirtingais bangų ilgiais  $\lambda_1$  ir  $\lambda_2$ , galime užrašyti lygčių sistemą:

$$A_{\lambda_1} = \varepsilon_{1,\lambda_1} \cdot c_1 \cdot l + \varepsilon_{2,\lambda_1} \cdot c_2 \cdot l, \quad (8)$$

$$A_{\lambda_2} = \varepsilon_{1,\lambda_2} \cdot c_1 \cdot l + \varepsilon_{2,\lambda_2} \cdot c_2 \cdot l.$$

Išsprendę lygčių sistemą (8), sudarome lygtis (9 ir 10) tirpalo sudėtyje esančių komponentų koncentracijų  $c_1$  ir  $c_2$  skaičiavimui.

$$c_1 = \frac{A_{\lambda_1} - \varepsilon_{2,\lambda_1} \cdot c_2 \cdot l}{\varepsilon_{1,\lambda_1} \cdot l} \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{A_{\lambda_1} \cdot \frac{\varepsilon_{1,\lambda_2}}{\varepsilon_{1,\lambda_1}} - A_{\lambda_2}}{\frac{\varepsilon_{1,\lambda_2} \cdot \varepsilon_{2,\lambda_1}}{\varepsilon_{1,\lambda_1}} \cdot l - \varepsilon_{2,\lambda_2} \cdot l} \quad (10)$$

Norėdami užtikrinti didesnę tikslumą  $\lambda_1$  ir  $\lambda_2$  turėtume parinkti tokius, kuriems esant chlorofilų  $a$  ir  $b$  mišinį sudarančių molekulių sugertis skirtųsi labiausiai.

Kitaip, paprasčiau chlorofilo koncentraciją  $c$  [ $\mu\text{g/ml}$ ] galima apskaičiuoti naudojantis Lichtentaler ir Wellburn formulėmis, pateiktomis 2 lentelėje:

**2 lentelė.** Formulės, naudojamos chlorofilo  $a$  ir chlorofilo  $b$  koncentracijoms skaičiuoti.

Tirpiklis	Chlorofilas $a$	Chlorofilas $b$
Metanolis	$c_a = 15,65 A_{666} - 7,340 A_{653} \quad (11)$	$c_b = 27,05 A_{653} - 11,21 A_{666} \quad (12)$
Dietileris	$c_a = 10,05 A_{662} - 0,766 A_{644} \quad (13)$	$c_b = 16,37 A_{644} - 3,140 A_{662} \quad (14)$
Acetonas	$c_a = 11,75 A_{662} - 2,350 A_{645} \quad (15)$	$c_b = 18,61 A_{645} - 3,960 A_{662} \quad (16)$

Prietaisas, skirtas šviesos spektrams registruoti, vadinamas *spektrometru*. Standartinio spektrometro, skirto pralaidumo spektrams tirti, optinė schema pavaizduota 3 paveiksle. Pagrindiniai tokio spektrometro komponentai yra šie: plataus spektro šviesos šaltinis, monochromatorius, kiuvetė su tiriamu tirpalu ir šviesos intensyvumo detektorius. Monochromatorius yra skirtas iš plataus šviesos šaltinio spektro išskirti reikiamo bangos ilgio šviesą, kuri per galinį plyšį nukreipiama į tiriamą bandinį. Pagrindinis monochromatoriaus elementas yra prizmė arba difrakcinė gardelė, kuri išskleidžia baltą šviesą į spektrą. Sukant prizmę (difrakcinę gardelę) galima į išėjimo plyšį nukreipti reikiamo bangos ilgio baltos šviesos spektro dalį. Krintančios į kiuvetę ir praėjusios per kiuvetę šviesos intensyvumas, kurio vertė rodoma prietaiso ekrane arba su prietaisu sujungtame kompiuteryje, registruojamas detektoriumi. 3 paveiksle parodytu spektrometru kiekvienu laiko momentu registruojamas tik vieno bangos ilgio šviesos intensyvumas. Norint užregistruoti visą praėjusios šviesos spektrą, reikia keisti iš monochromatoriaus išeinančios šviesos bangos ilgį ir atlikti matavimus iš eilės keletui bangos ilgių. Spektrometruose, kuriuose detektorius yra fotodiodų liniuotė, visas spektras registruojamas iš karto, kadangi į detektoriaus atskirus elementus patenka tiriamos šviesos spektro skirtingo bangos ilgio šviesa. Spektrometro su diodų liniuote optinė schema pavaizduota 4 paveiksle.

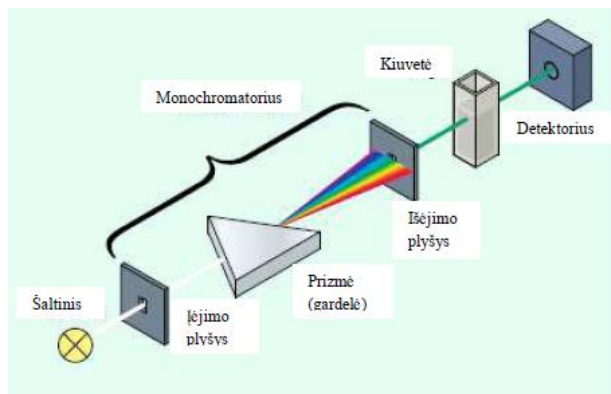
## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip struktūruotas tyrinėjimas. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai susipažįsta su spektroskopo veikimo principu ir jo naudojimu, geba paruošti augalinės žaliavos ekstraktą bei spektroskopu gali eksperimentiškai nustatyti chlorofilo kiekį augaluose, patikrina suformuluotą hipotezę.

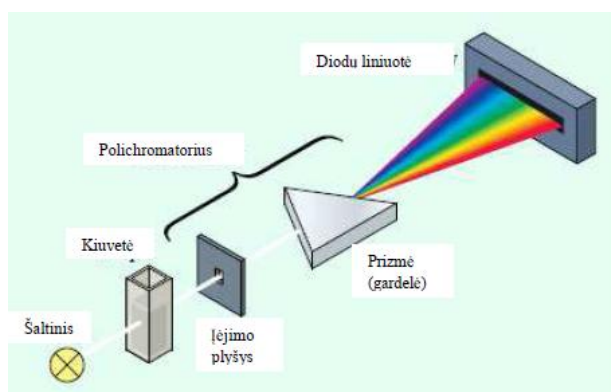
Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą Explorer GLX bei spektroskopą, kuriuo nustatoma chlorofilo koncentracija augaluose.

Kadangi eksperimento rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas gali būti atliekami grupelėmis po 3–5 mokinius. Siūloma kiekvienai grupei tirti skirtingus augalus, o darbo rezultatus aptarti ir apibendrinti bei suformuluoti išvadas kartu.

Šį laboratorinį darbą galima atlikti kaip IV lygmens tyrinėjimą. Jį galima siūlyti kaip baigiamąjį tiriamąjį darbą arba kaip projekcinį darbą suformuluojant tyrimo problemą.



3 pav. Standartinio spektrometro optinė schema.



4 pav. Spektrometro su diodų liniuote optinė schema

## EKSPERIMENTAS

**Tyrimo problema.** Naudojant sugerties spektroskopijos metodiką atlikti augalų ekstraktų kiekybinę ir kokybinę spektrometrinę analizę.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti chlorofilo (*a* ir *b*) koncentraciją augalų ekstraktuose.

### Tyrimo hipotezės:

- Chlorofilo koncentracija skirtinguose augalų ekstraktuose yra nevienoda.
- Chlorofilo koncentracija tos pačios rūšies augalo ekstraktuose, kai augalas žalias ir kai sudžiūvęs / pageltęs / nuvytęs, yra nevienoda.
- Kuo lapas žalesnis, tuo jame daugiau chlorofilo.
- Chlorofilo koncentracija tos pačios rūšies augalo ekstraktuose priklauso nuo augalo auginimo sąlygų (apšvietimo, laistymo, tręšimo, oro temperatūros ir kt.).

### Laukiami rezultatai:

- Žinos spektrometro veikimo principą.
- Supras sugerties spektroskopijos metodiką.
- Išmoks spektrometrinį chlorofilo koncentracijos nustatymo augalų ekstraktuose metodą;
- Gebės pasiruošti augalų ekstraktus.
- Sužinos, kurie augalai turi daugiausia chlorofilo.
- Žinos chlorofilo naudą gamtoje.



### **Eksperto medžiagos ir priemonės:**

- Xplorer GLX;
- UV-VIS spektrofotometras „Ocean Optics Red Tide USB 650“;
- 1 cm optinio kelio ilgio kiuretės (jei dirbama su acetoniniais augalų ekstraktais naudojamos stiklinės kiuretės, jei su etanoliniais – plastikinės);
- Žali augalai;
- Smulkintuvas arba peilis;
- Analizinės svarstyklės
- 70% etanolio tirpalas;
- Grūstuvė;
- 25 ml stiklinės ar kiti indai tirpalui laikyti (jei dirbama su acetoniniais augalų ekstraktais naudojami stikliniai indai, jei su etanoliniais – plastikiniai);
- Matavimo cilindras;
- Piltuvėliai;
- Filtravimo popierius;
- Maistinė plėvelė arba *parafilmas*.

### **Darbo eiga:**

#### **1. Chlorofilo mėginių paruošimas.**

- 1.1. Įsigyti žalių augalų / surinkti žalius augalus, kuriuos tirsime. Tai gali būti medžių lapai ar spygliai, kambarinių gėlių lapai, džiovinti lapai, arbatžolės ir pan.
- 1.2. Augalų masę susmulkinti smulkintuvu ar smulkiai supjaustyti peiliu.
- 1.3. Pasverti 2 g smulkintos augalų masės (5 pav.).



**5 pav.** Susmulkinti džiovinti augalai.

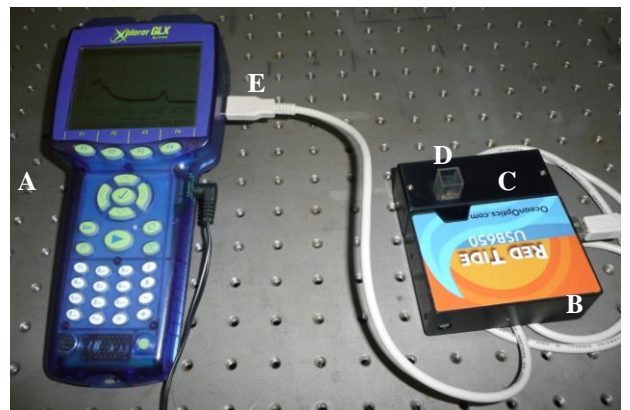


**6 pav.** Tirpalo filtravimas.

- 1.4. Mėginį perkelti į grūstuvę ir dar kartą sutrinti, kol pasidarys vienalytė žalia masė. Kad lengviau susitrintų, galima naudoti švarų smėlį (5–10 % mėginio tūrio).
- 1.5. Mėginį supilti į 25 ml stiklinę, kurioje bandinį ekstrahuosime 70 % etanolium. Galima naudoti ir kitus tirpiklius. Naudojant acetoną, reikia imti stiklinį indą, nes acetonas tirpdo kai kuriuos plastikus.




- 1.6. Matavimo cilindru pamatuoti 20 ml etanolio ir jį pilti į stiklinę ant susmulkintos augalinės žaliavos.
- 1.7. Supurtyti ir palaikyti vieną parą (kartais papurtant), kad etanolis ekstrahuotų (ištrauktų) chlorofilą iš augalinės žaliavos.
- 1.8. Po paros atliekamas filtravimas, t. y. augalinė žaliava atskiriama nuo tirpalo. Filtravimui paruošiama kita stiklinė, į kurią įstatomas piltuvėlis su filtriniu popieriumi (6 pav.), sudrėkintu ekstrahavimui naudotu tirpikliu. Į paruoštą filtravimui stiklinę su piltuvėliu pilamas tirpalas su augaline žaliava. Norint darbą pagreitinti, stiklinę su ekstrahuojama augaline žaliava galima laikyti 3 val. inde su vandeniu, kurio temperatūra yra 40 °C.
- 1.9. Gautą skaidrų tirpalą praskiesti 5 kartus etanoliu: į kitą indą įpilti 1 ml tirpalo ir 4 ml acetono. Skiesti reikia tiek, kad spektrometru pamatuoto optinio tankio *A* vertės būtų tarp 0,1 ir 1,2. Kuo žalesnė tirpalo spalva, tuo daugiau reikia skiesti. Tirpalą skiedžiant 10 kartų, pilama 1 ml tirpalo ir 9 ml tirpiklio (etanolio): 10 ml / 1 ml = 10 kartų. Skiedžiant 20 kartų, sumaišomas 1 ml tirpalo ir 19 ml tirpiklio: 20 ml / 1 ml = 20 kartų. Skiedžiant 7 kartus, maišoma 1 ml tirpalo ir 6 ml tirpiklio: 7 ml / 1 ml = 7 kartai. Taupant reagentus, tirpalo ir tirpiklio tūrį galima sumažinti 2 kartus, skiedimas išlieka toks pat, pvz., skiedžiant 20 kartų, maišoma 0,5 ml tirpalo ir 9,5 ml tirpiklio: 10 ml / 0,5 ml = 20 kartų.

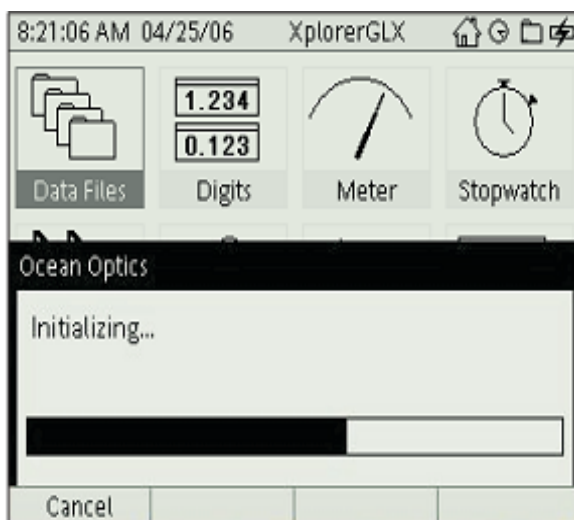


7 pav. Sugerties spektro matavimo aparatūros schema. A) Xplorer GLX; B) spektrometras Ocean Optics Red Tide USB 650; C) integruotas šviesos šaltinis; D) plastikinė kuivetė; E) USB laidas spektrometro prijungimui prie GLX.

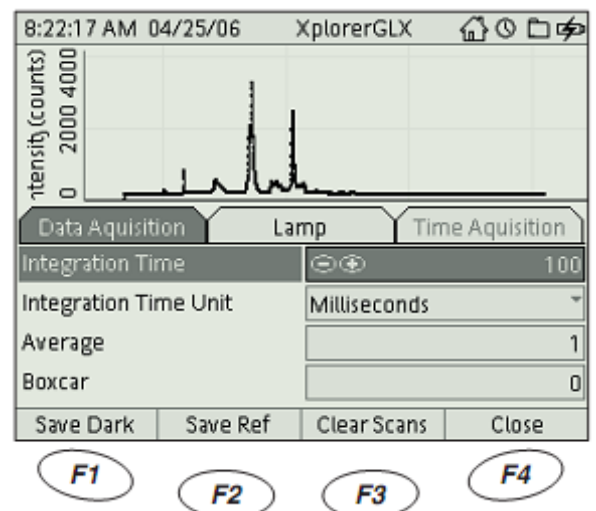
## 2. Aparatūros sujungimas ir testavimas

2.1. Sujunkite aparatūrą, kaip

pavaizduota 7 paveiksle: įjunkite GLX paspausdami  mygtuką prietaiso dešinėje, apačioje. USB laidu prijunkite spektrometrą prie GLX. Prijunkite maitinimo bloką, kai GLX programa aptinka Ocean Optics spektrometrą.



8 pav. Spektrometro instaliavimo langas.



9 pav. Spektrometro *Analysis Configuration* režimas.

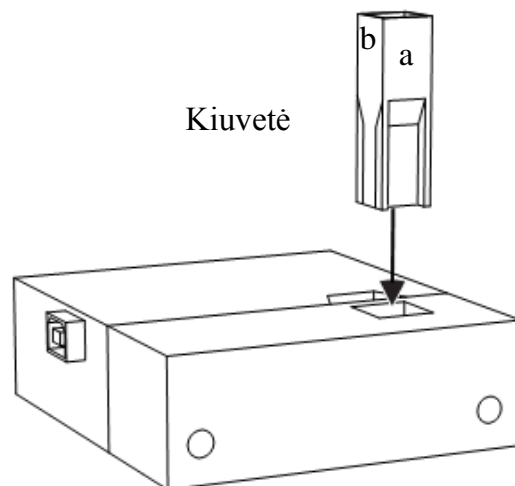
2.2. GLX reikalauja specialios licencijos darbui su Ocean Optics spektrometru. Pirmą kartą įdiegus licenziją, jos įdiegti kiekvieną kartą dirbant su spektrometru nereikia.

Licenzija, įrašyta USB atmintinėje, pateikiama kartu su spektrometru. Licenzijos įdiegimas: USB atmintinę, kurioje įrašytas licenzijos failas, prijunkite prie GLX; ekrane pasirodys užrašas „There is 1 license available for 'Ocean Optics Spectrometer.

Would you like to add a license to this GLX?“. Sutikdami spauskite **F1**. Ekrane atsiras žinutė: „Successfully added license for Ocean Optics Spectrometer“. Dar kartą paspauskite **F1**.

Prijungus spektrometrą, išsižiebia šviesos šaltinis ir atsiranda instaliavimo langas (*Ocean Optics Initializing...*) (8 pav.). GLX spektrometrą atpažįsta automatiškai. Po kelių sekundžių spektrometras paruoštas darbui.



- 2.3. GLX ekrane atsiranda spektrometro *Analysis Configuration* režimas (9 pav.).
- 2.4. Paspauskite varnelę (✓) kai pažymėta *Integration time* ir nustatykite 15 ms. Paspaudus varnelę dar kartą, reikšmė užfiksuojama.
- 2.5. Paspauskite varnelę kai pažymėta *Average*, ir nustatykite 5.
- 2.6. Rodykle į dešinę (→) nueikite į lempa (*Lamp*).
- 2.7. Varnele nustatykite, kad pirmose dviejose eilutėse parodytos lempos būtų įjungtos (*ON*).
- 2.8. Į spektroskopo angą įdėkite juodą kiuvetę ir paspauskite mygtuką *F1* (*Save dark*) (Pav. 9).
- 2.9. Įpilkite į matavimo kiuvetę 1 ml tirpiklio (70 % etanolio). Reikia pilti tokio tirpiklio, kuriuo buvo užpilta augalinė žaliava.
- 2.10. Išimkite juodą kiuvetę ir įdėkite kiuvetę su etanoliumi. Kiuvetę reikia dėti taip, kad skaidri sienelė būtų atkreipta į lempą (Pav. 10). Šiuo atveju šviesos kelio ilgis 1 yra lygus 1 cm. Jei kiuvetę įdėtumėte plokštuma a atgręžta į lempą, l bus lygus 0.5 cm. Atitinkamai gautą optinio tankio vertę reikės padauginti iš 2.
- 2.11. Paspauskite *F2* (*Save ref*) (Pav. 9).
- 2.12. Paspauskite *F4* (*Close*) ir uždarysite langą.
- 2.13. Paspaudus *F4*, atsirado *Time acquisition* langas.
- 2.14. Mygtukais *F1* ir *F2* sukalibravote spektroskopą. Jei matavimų metu signalo nėra ar iškilo kita problema, spauskite **F3** (*Clear Scan*) kad viską išvalytumėte. Kalibruokite iš naujo.
- 2.15. Darbo metu norėdami dar kartą patekti į spektrometro *Analysis Configuration* režimą: Spauskite **SI** + **F1**, atsiras „Grafinio atvaizdavimo“ langas. Spauskite **F3** atidaryti Įrankiai (*Tools*) meniu. Naudodami rodyklinius klavišus eikite žemyn ir pasirinkite *Spectrum Analysis Config* ir spauskite varnelę (✓).



10 pav. Kiuvetės padėtis spektrometre.

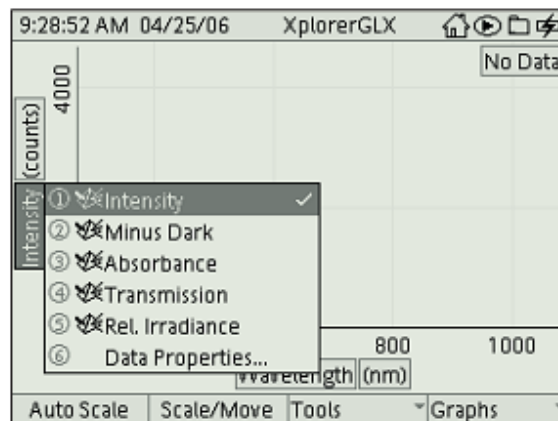
### 3. Mėginių spektro matavimas

- 3.1. Paspaudus *F4*, automatiškai atsiranda *Graph screen* atvaizdavimo langas. Tai pagrindinis jūsų darbo langas, kuriame galėsite matuoti tirpalų sugerties ir pralaidumo spektrus.
- 3.2. Du kartus paspauskite varnelę (✓) ir rodyklių pagalba nustatykite, kad y ašyje rodytų absorbciją (*Absorbance*) (Pav. 11).



- 3.3. Spauskite , ir bus matuojamas spektras.
- 3.4. Dar kartą spauskite , kad sustabdytumėte matavimą.
- 3.5. Norėdami išdidinti dominančią spektro dalį (400–700 nm), spauskite *F2* (*Scale/Move*).

Rodyklėmis  spektrą išdidinkite.

- 3.6. Norėdami reikiamą spektro dalį pastumti į ekrano vidurį, antrą kartą spauskite *F2* ir rodyklėmis spektrą pastumkite, kur reikia.
- 3.7. Paspauskite *F3* (*Tools*) ir išsirinkę *Smart tools*, spauskite varnelę



11 pav. Matavimų režimo grafinis langas.

-  Atsiras rutuliukas, rodantis *x* ir *y* vertes. Rodyklėmis  nueikite ant dominančio spektro smailės (tarkime, 660 nm), ir ekrane matysite optinio tankio vertę (šiuo atveju chlorofilo A absorbcija).
- 3.8. Rodyklėmis nueikite ant kitos smailės (tarkime, 550 nm) ir taip pat matysite absorbcijos vertę (šiuo atveju chlorofilo B absorbcija).
- 3.9. Vertes surašykite į lentelę (3 lentelė).
- 3.10. Išmatuota sugertis *A* (matuojama optinio tankio vienetais) turi neviršyti 1.2. Jei yra daugiau, mėginį reikia skiesti. Tarkime, gavome kad *A* yra 3. Mėginį reikės skiesti 3 kartus: paimti 1 dalį turimo mėginio ir į jį įpilti 2 dalis tirpiklio (etanolio).

3 lentelė. Matavimų duomenys.

Augalai	Skiedimas [kartais]	Sugerties spektro maksimumai, [nm]		A (660–665 nm), [opt.t.vn t.]	A (642–652 nm), [opt.t.vn t.]	Chlorofilo koncentracija, µg/ml	
		400–500 nm srityje	600–700 nm srityje			<i>a</i>	<i>b</i>
Klevas	100	406; 429; 452	660	0,146	0,148	3,58	1,43
Beržas	100	408	662	0,071	0,056	1,55	0,48
Eglė	100	406; 429; 452	660	0,162	0,023	0,69	0,18
Liepa	100	406; 429; 452	659	0,343	0,106	2,53	1,03
Dracena	100	406; 429; 452	660	0,252	0,075	1,72	0,75
Pipirmėtė	100	429; 452	668				
Ugniažolė	100	406; 429; 452	660	0,133	0,011	0,22	0,13
Melisa	100	429; 452	667				

Duomenys kokybinei mišinio analizei.

Duomenys kiekybinei mišinio analizei.

- 3.11. Pagal 2 lentelėje pateiktas formules raskite chlorofilo *a* ir *b* koncentracijas. Jei naudojote etanolį, naudokite formules su metanolium:

Tirpiklis	Chlorofilas <i>a</i>	Chlorofilas <i>b</i>
Metanolis	$c_a = 15,65 A_{666} - 7,340 A_{653}$ (11)	$c_b = 27,05 A_{653} - 11,21 A_{666}$ (12)

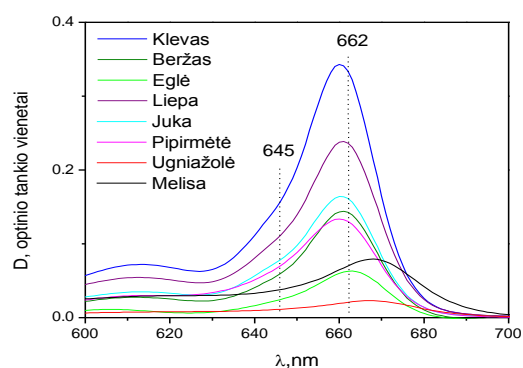
3.12. Gautas chlorofilo koncentracijos vertes dauginkite iš skiedimų skaičiaus. Gavote chlorofilo A ir B koncentracijas.

#### 4. *Rezultatų analizė*

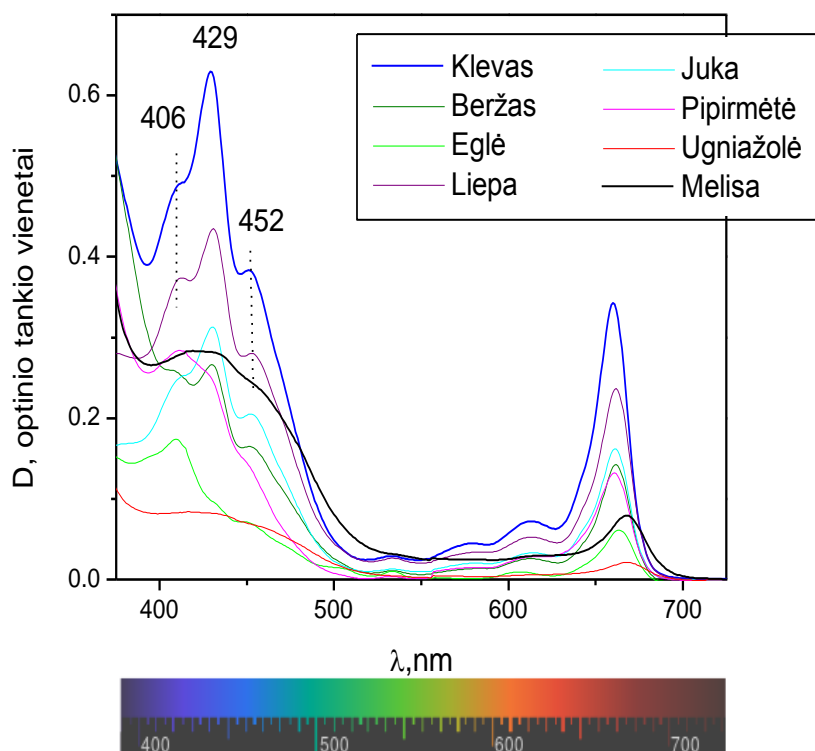
Augalų ekstraktų spektrai pasižymėjo plačiomis sugerties juostomis mėlynojoje ir raudonojoje spektrinėje srityje. Visų ištirtų augalų ekstraktų spektruose galima išskirti sugerties juostas būdingas chlorofilui *a* ir chlorofilui *b*. Chlorofilas *a* ir chlorofilas *b* intensyviausiai sugėrė šviesos spindulius mėlynojoje spektrinėje srityje, sugerties maksimumai lokalizuoti ties 429 nm ir 452 nm (12 pav.).

Mėlynojoje ir UV (200–500 nm) spektrinėje srityje esanti chlorofilų sugertis persikloja su kitų augaluose esančių pigmentų, pvz., karotinoidų, taip pat baltymų, kai kurių vitaminų sugertimi. Tai apsunkina spektrinių duomenų interpretavimą, todėl toliau darbe tirsime augalų ekstraktų sugertį tik raudonojoje spektrinėje srityje (13 pav.). Priklausomai nuo panaudoto tirpiklio, chlorofilo *a* ir chlorofilo *b* koncentracijoms nustatyti reikia pritaikyti 11–16 formules.

Iš sugerties spektrų nustatėme, kad daugumos tirtų mėginių sugerties spektro maksimumas yra ties  $660 \pm 2$  nm. Tai reiškia, kad minėtuose augaluose yra žymiai daugiau chlorofilo *a* nei chlorofilo *b*, kurio sugerties maksimumas yra ties 642 nm.



12 pav. Augalų ekstraktų sugerties spektrai.



13 pav. Chlorofilo *a* ir *b* koncentracijos nustatymas iš augalų ekstraktų sugerties spektrų.

Iš sugerties spektrų įvertinome augalų ekstraktų optinio tankio vertes ties 662 ir 645 nm. Kadangi pipirmėtės ir melisos sugerties maksimumas buvo ties 667–668 nm, todėl šių duomenų kiekybinei chlorofilų mišinio analizei nenaudojome. Priklausomai nuo panaudoto tirpiklio, chlorofilo koncentracijos skaičiavimams galima naudoti 1 lentelėje pateiktas  $\lambda_{\max 1}$ , ir  $\lambda_{\max 2}$  vertes bei jas atitinkančius  $\epsilon$  duomenis.

Nustatėme, kad daugiausiai chlorofilo *a* ir *b* buvo klevo mėginyje.

#### Mokiniai padaro išvadas:

- kurie tirti augalai turi daugiausia chlorofilo, o kurie mažiausia;
- kaip priklauso chlorofilo kiekis nuo augalo augimo sąlygų?

#### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kodėl lapas žalias?	1. Augalų lapuose esantis chlorofilas geriausiai sugeria mėlyną bei raudoną šviesą. Žalią šviesą chlorofilas atspindi, atspindėta šviesa patenka į mūsų akis, todėl augalai mums atrodo žali.
2. Kodėl rudenį lapai keičia spalvą?	2. Rudenį, kai pažemėja aplinkos temperatūra, sulėtėja chlorofilo sintezė, o vėliau jis visai nesintetinamas ir lapuose išnyksta. Tada pamatome kitus pigmentus – karotenoidus, kurie lapams suteikia geltoną – oranžinę spalvas. Karotenoidai lape buvo visą laiką, tačiau chlorofilui būdinga žalia spalva juos užgožė, ir jų nesimatė. Tuo tarpu raudoną – purpurinę spalvą lemia kiti pigmentai – antocianinai, kurie pradedami sintetinti tik atėjus rudeniiui.
3. Kodėl morka yra geltona, o braškė – raudona?	3. Morkose, moliūguose ir kituose oranžinės spalvos augaluose vyrauja pigmentas karotenoidas, kuris suteikia būdingą oranžinę spalvą, braškėse, pomidoruose pagrindinis pigmentas yra raudoną spalvą lemiantis antocianinas.
4. Nuo ko priklauso chlorofilo kiekis augale?	4. Chlorofilo kiekis augale priklauso tiek nuo augalo rūšies, tiek nuo aplinkos sąlygų. Tos pačios rūšies augalas, kai jo augimo aplinkos sąlygos (temperatūra, vandens, trąšų ar šviesos kiekis) skiriasi, turės skirtingą kiekį chlorofilo arba skirtingą chlorofilo <i>a</i> ir <i>b</i> kiekių santykį.
5. Kas galėjo lemti chlorofilo koncentracijos nustatymą eksperimento metu?	5. Eksperimento metu chlorofilo kiekį labiausiai galėjo įtakoti chlorofilo ekstrakcija. Jei augalas buvo nepilnai susmulkintas arba per trumpai palaikytas acetone, ne visas chlorofilas pateko į tirpalą. Jei pamatuotas optinis tankis yra daugiau nei 1,2, tai taip pat duos didesnes paklaidas.
6. Ar gyvūnams augalai taip pat žali?	6. Ne. Žalia spalva yra ne augalų savybė, o mūsų smegenų savybė suvokti elektromagnetines bangas. Todėl vieni gyvūnai pasaulį mato nespalvotą, kiti dar mato raudoną spalvą ir panašiai.
7. Ar gyvūnai gali turėti chlorofilo?	7. Taip. Nors dažniausiai gyvūnai chlorofilo neturi, tačiau yra išimčių. Kai kurie jūriniai šliužai, besimaitinantys dumbliais, sudaro simbiozę su dumblių plastidėmis. Kai šliužai praryja dumblius, visą dumblių turinį suvirškina, išskyrus chloroplastus,

	<p>kurie turi chlorofilo, ir laikinai gamina deguonį. Šis reiškinys vadinamas kleptoplastija (angl. <i>kleptoplasty</i>) ir simbiozė gali trukti nuo kelių dienų iki kelių mėnesių. Pavyzdžiui, kai šliužas <i>Elysia chlorotica</i> praryja dumblių <i>Vaucheria litorea</i>, simbiozė trunka iki 10 mėnesių, ir jos metu gaminamas deguonis.</p>
--	--



## 4.9. TRANSPIRACIJA

### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Biologija. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

4. Medžiagų apykaita ir pernaša	
<b>Nuostata</b> Suvokiant įvairių organizmų prisitaikymo unikalumą, saugoti gyvybę.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Apibūdinti organizmų dujų apykaitą ir medžiagų pernašą.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
4.3. Paaiškinti, kaip įvairūs augalo organai – šaknis, stiebas ir lapas – prisitaikę medžiagų pernašai.	4.3.3. Atliekant transpiracijos tyrimą išsiaiškinti lapo paviršiaus ploto ir aplinkos sąlygų, pavyzdžiui, temperatūros, vėjo ar drėgmės, įtaką augalų vandens pernašai. 4.3.1. Susieti augaluose vykstančią dujų ir vandens pernašą su fotosinteze.

### Bendrosios programos:

Vidurinis ugdymas. Fizika. Bendrasis ir išplėstinis kursas. 11–12 klasės.

3. Makrosistemų fizika	
<b>Nuostata</b> Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti makrosistemose vykstančius procesus apibūdinančius dėsnius analizuojant buityje ir technikoje matomus reiškinius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
3.3. Palyginti dujų ir garų savybes.<...> oro drėgmę.	3.3.4. Nusakyti oro drėgmės reikšmę žmogui ir jo aplinkai.

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Transpiracija yra vandens garinimas pro lapo žioteles. Garindami vandenį augalai naudoja Saulės energiją. Garinamas vanduo vėsina lapų paviršių ir padeda augalo stiebui nenutrūkstama srove judėti ištirpusioms medžiagoms. Skirtingi augalai turi skirtingus vandens indus ir skirtingai garina vandenį. Transpiracijai įtakos turi aplinkos veiksniai: šviesos stiprumas, oro judėjimas ir drėgmė, paros laikas.

Moksleiviai sumontuos įrenginį, kaip (1 pav.). Augalui siurbiant vandenį ir garinant jį per lapus, vandens kiekis mėgintuvėlyje mažės, oro tūris didės. Jeigu sistema bus sumontuota sandariai, oro slėgis turi kristi.

### LABORATORINIO DARBO METODIKA

Moksleiviai tyrimui atlikti pasirinks vieną ar kelis augalus, juos tinkamai paruoš tyrimui, sumontuos įrenginį, kaip 1, 2 ar 3 pav. Slėgio jutikliu matuos oro slėgio kitimą mėgintuvėlyje virš vandens, esant skirtingam augalo apšviestumui. Apšviestumą matuos apšviestumo jutikliu. Pageidautina, kad tyrimo metu būtų matuojama ir temperatūra. Matavimų duomenis rinks, kaupis ir saugos vienu iš turimų grafinių sąsajų. Vaizduos ir analizuos grafiniame displėjuje. Įvertins transpiracijos greičio priklausomybę nuo įvairių faktorių, tokių kaip lapų paviršiaus plotas, jų skaičius, skirtingas blizgis (vaškinės kutikulės) ar skirtingas plaukuotumas ir t. t., pagal turimas gamtos mokslų laboratorijos galimybes bei tyrimo tikslus. Padarys išvadas ir sugalvos tokio tipo įrenginio pritaikymą.

Kadangi aparatūra leidžia fiksuoti ir saugoti duomenis ilgą laiko tarpą, tyrimą, kaip projektinį darbą, galima atlikti skirtingu paros ir skirtingu metų laiku, esant skirtingai apšvietai, temperatūrai, oro drėgmei ir t. t.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip aptikti ir ištirti transpiracijos reiškinį? Kaip priklauso transpiracijos greitis nuo augalo lapų paviršiaus ploto, nuo aplinkos srovių judėjimo (vėjo), temperatūros, apšviestumo ir kt.

**Tyrimo hipotezė.** Kai kitos sąlygos vienodos, augalo transpiracijos greitis priklauso nuo augalo lapų paviršiaus ploto, jų paviršiaus savybių (blizgio, plaukuotumo,...), aplinkos srovių judėjimo (vėjo), temperatūros, apšviestumo.

**Eksperimento tikslas** – gauti slėgio grafikus, iliustruojančius augalų transpiraciją. Aptarti slėgio kritimo priežastis.

**Užduotis.** Sumontavus įrenginį, surinkti oro slėgio mėgintuvėlyje su įmerktu augalu kitimo duomenis keliais atvejais: esant mažai augalo apšvietai ir esant didelei augalo apšvietai; arba be vėjo ir pučiant vėjui; išsiaiškinti lapo paviršiaus ploto ir kitų aplinkos sąlygų įtaką augalų vandens pernašai. Duomenis pateikti grafiškai ir, analizuojant grafikus, įvertinti transpiracijos greitį bent dviem atvejais. Padaryti išvadas ir sugalvoti galimą praktinį pritaikymą. Atsakyti į klausimus, pateiktus laboratorinio darbo aprašymo gale.

#### Laukiami rezultatai:

Mokiniai geriau supras:

- Transpiracijos reiškinį, jo reikšmę aplinkai.
- Vandens ir druskų pernašą.
- Vėjo, temperatūros, drėgmės ir kitų aplinkos sąlygų įtaką augalų vandens pernašai.
- Lapų tipų ir lapų paviršiaus ploto įtaką transpiracijai.

#### Eksperimento priemonės:

- GLX'as ar kitas interfeisas;
- Slėgio-temperatūros jutiklis;
- Apšviestumo jutiklis;
- 12–15 cm aukščio augalas arba jo dalis;
- Peilis arba skutimosi peiliukas, platus indas su šaltu vandeniu, aliejus, tirštas, želės pavidalo tepalas;
- Stovas su dviem gnybtais, glicerolis, elektrinis pūtiklis;
- Kompiuteris (nebūtinai).

#### Darbo eiga

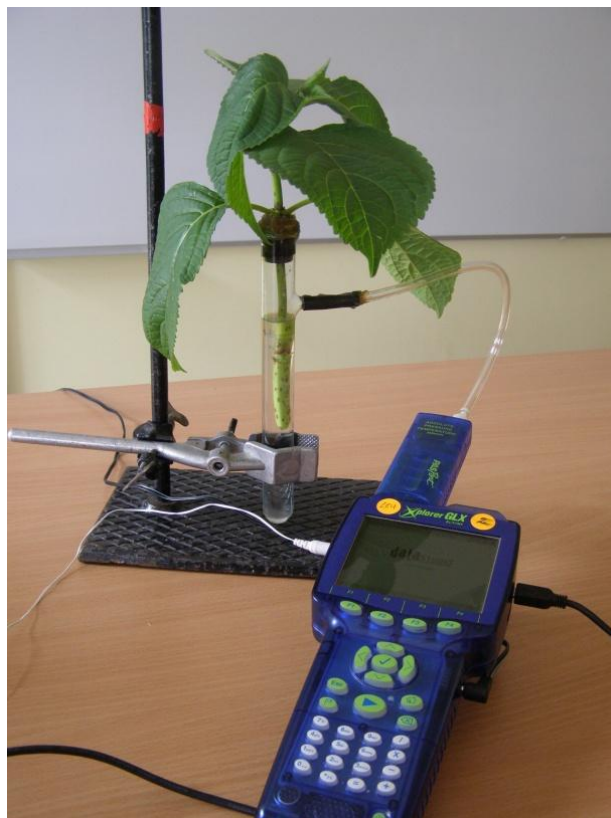
##### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. 2–3 cm atstumu nuo dirvožemio paviršiaus nupjaukite augalą arba nukirpkite augalo dalį su stiebu ir tuoj pat pamerkite į platų indą su kambario temperatūros vandeniu. Laikydami augalą vandenyje, aštrių peiliuku, 45° kampu nupjaukite stiebo galą.
- 1.2. Į mėgintuvėlį su atšaka pripilkite vandens.
- 1.3. Nedelsdami prakiškite augalo stiebą pro skylę kamštyje, ant vandens paviršiaus užpilkite nedidelį kielį aliejaus ar glicerino ir užkimškite mėgintuvėlį. Augalo stiebas

turi būti įmerktas į vandenį, o vanduo šiek tiek nusileidęs žemiau mėgintuvėlio atšakos.

**! Dėmesio: saugokite slėgio jutiklį, kad vanduo (aliejus) vamzdeliu pro atšaką nepribėgtų į jį!**

- 1.4. Hermetizuokite kamštį ir atšaką, užtepdami juos stangriu želės pavidalo tepalu.
- 1.5. Prijunkite prie GLX'o slėgio, apšviestumo bei temperatūros jutiklius. Nuspauskite ☀ „Saulute“ paženklintą apšviestumo jutiklio mygtuką: maksimali registruojama vertė bus 150 000 liuksų (150 k lx).
- 1.6. Įjunkite GLX skaitmeninį displejų ir peržiūrėkite pradinius slėgio, apšviestumo ir temperatūros parametrus (2 pav.). Juos pasižymėkite.
- 1.7. Mėgintuvėlio atšaką vamzdeliu su greito prijungimo – atjungimo jungtimi sujunkite su slėgio jutikliu.



**1 pav.** Augalo šakelė prakišta pro guminį kamštį ir įmerkta į mėgintuvėlį su atšaka. Ant vandens paviršiaus užpiltas plonas aliejaus sluoksnis. Kamštis sandariai užkimštas ir hermetizuotas. Atšaka skaidraus plastiko vamzdeliu greito prijungimo-atjungimo jungtimi sujungta su slėgio jutikliu. Pastarasis prijungtas prie GLX'o.



**2 pav.** Skaitmeniniame GLX displejuje galite tuo pat metu matyti slėgio, apšviestumo ir temperatūrų vertes.

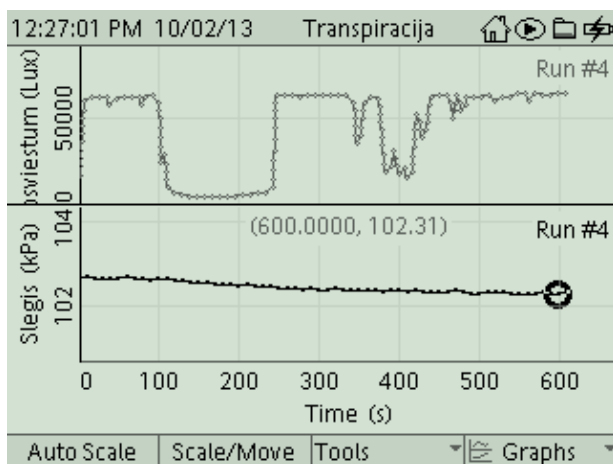


**3 pav.** GLX'as pakeltas į tokią padėtį, kad apšviestumo jutiklis registruotų apšviestumą šviesos kritimo į augalo lapus vietoje.

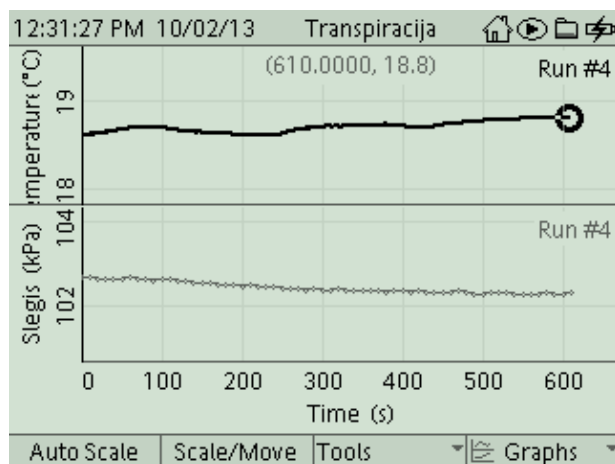
- 1.8. Atsidarykite *GLX Home, Sensors* ir pasirinkite matavimų registravimą sekundėmis, kas 10 arba kas 15 sekundžių.
- 1.9. Grįžkite į grafinį displeją. Jei prijungėte du jutiklius, duomenis galite vaizdinti dviem grafikais: (*F4, Two Graphs*).

## 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Dar kartą patikrinkite, ar įrenginys sandariai sumontuotas, ar tinkamoje vietoje yra apšviestumo jutiklis (3 pav.) ir spustelėkite *Start*.
- 2.2. Tyrimo sąlygų nekeiskite. Duomenis rinkite 10 minučių. Spustelkite *Stop* ir baikite matavimą. Ekrane gausite grafikus, kaip 4 pav. (a, b).



**4 a pav.** Tyrimą atlikdami su trimis jutikliais: slėgio, apšviestumo ir temperatūros, GLX ekrane galime stebėti po du grafikus: viršutinis – apšviestumo, apatinis – slėgio.

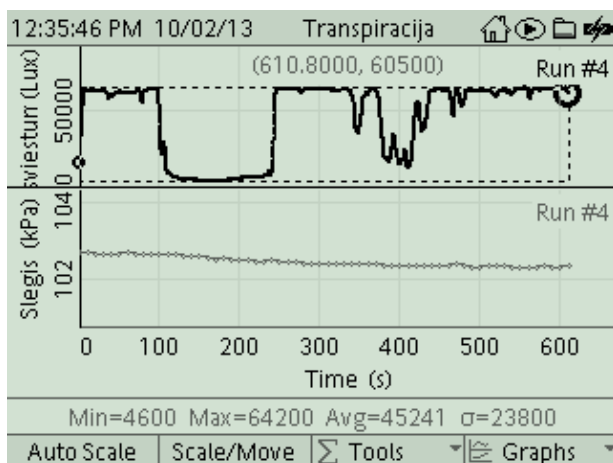


**4 b pav.** Tyrimą atlikdami su trimis jutikliais: slėgio, apšviestumo ir temperatūros, GLX ekrane galime stebėti po du grafikus: viršutinis – temperatūros, apatinis – slėgio.

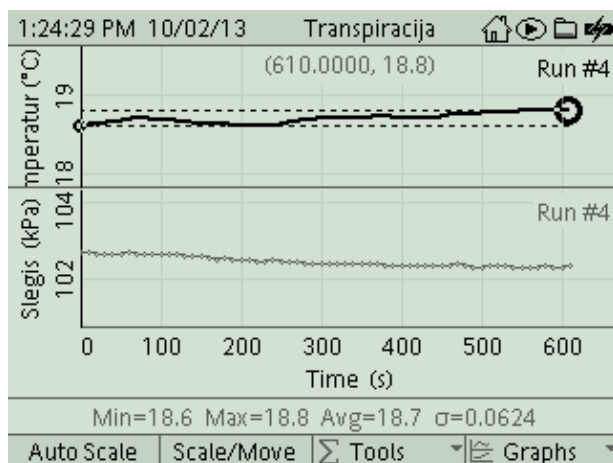
**Pastaba.** Jeigu slėgis nekinta arba pradeda didėti, tai rodo, kad, greičiausiai, sistema nesandari ir kažkur praleidžia. Pabandykite iš naujo prispausti augalą vamzdelyje ir, pridėdami daugiau tepalo želės aplink vamzdelio galą, geriau izoliuokite.

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

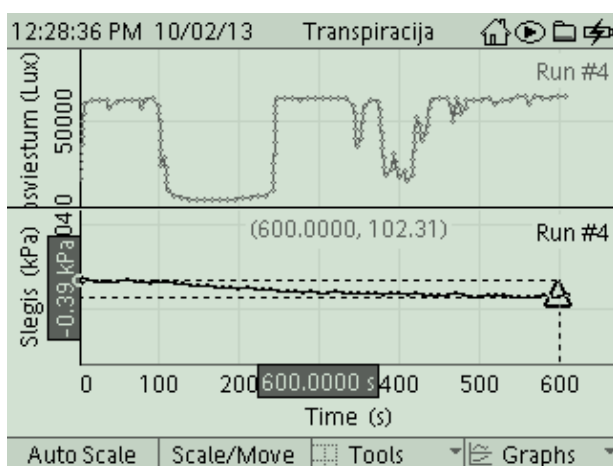
- 3.1. Pasinaudodami statistikos įrankiu (*Statistics*) iš įrankių (*Tools*) meniu raskite augalo lapų vidutinį apšviestumą per visą tyrimo laiką (5 a pav.). Matavimų duomenis surašykite į lentelę.
- 3.2. Pasinaudodami statistikos įrankiu (*Statistics*) iš įrankių (*Tools*) meniu raskite vidutinę aplinkos temperatūrą ( $T, ^\circ\text{C}$ ) per visą tyrimo laiką (5 b pav.).
- 3.3. Raskite oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio pokytį ( $\Delta p, \text{kPa}$ ) per visą tyrimo laiką (5 c pav.).
- 3.4. Raskite oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio kitimo greitį ( $\Delta p / \Delta t, \text{kPa/s}$ ) (5 d pav.). Visus matavimų duomenis surašykite į lentelę.
- 3.5. Pakeiskite tyrimo sąlygas: sumažinkite apšviestumą (užtemdykite laboratoriją), pakeiskite oro drėgmę (augalą apgaubkite polietileno maišeliu), sukelti švelnų vėjelį, paimkite augalą su didesniais ar daugiau lapų ir t. t. ir matavimą, remdamiesi aukščiau aprašyta eiga, pakartokite naujomis sąlygomis.



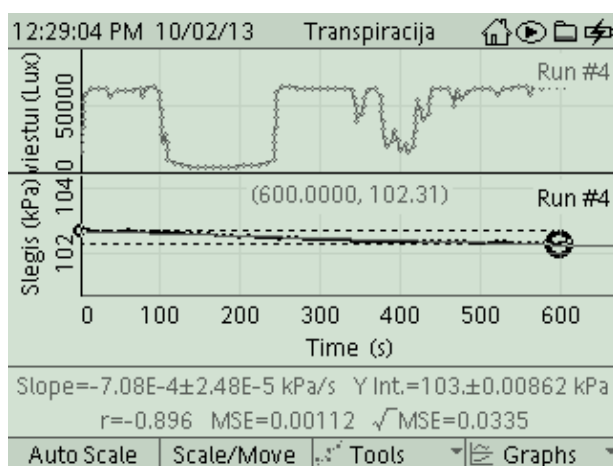
**5 a pav.** Vidutinis augalo lapų apšviestumas ( $E$ ) per visą tyrimo laiką:  $E = 45241 \text{ lx}$ .



**5 b pav.** Vidutinė aplinkos temperatūra ( $T$ , °C) per visą tyrimo laiką:  $T = 18,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**5 c pav.** Oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio pokytis, ( $\Delta p$ , kPa),  $\Delta p = -0,39 \text{ kPa}$



**5 d pav.** Oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio kitimo greitis, ( $\Delta p / \Delta t$ , kPa/s),  $\frac{\Delta p}{\Delta t} = -7,08^E - 4 \pm 2,48^E - 5 \text{ kPa/s}$

3.6. Atlikite duomenų analizę, kaip aprašyta aukščiau. Sukurkite GLX arba Excel lentelę ir ją užpildykite.

**Lentelė**

Tyrimo sąlygos	Apšviestumas, (E), lx	Temperatūra, (T), °C	Oro slėgio pokytis, ( $\Delta p$ ), kPa	Transpiracijos greitis ( $\Delta p / \Delta t$ ), kPa/s
Esant dideliame apšviestumui				
Esant mažam apšviestumui				
Nesant vėjo				
Esant vėjui				
Kita (pvz.: santykinė drėgmė)				

**Mokiniai padaro išvadas:**

1. Kokia buvo oro slėgio kitimo tendencija mėgintuvėlyje su pamerktu augalu. Kodėl ?

2. Ar kito oro slėgio kitimo tendencija mėgintuvėlyje su pamerktu augalu, kintant tyrimo sąlygoms? Kaip?
3. Koks buvo oro slėgio kitimo greitis mėgintuvėlyje su augalu? Kaip tai susiję su transpiracija?
4. Kaip, manote, kistų transpiracijos greitis, kintant apšvietai, temperatūrai, oro drėgmei? Kintant oro srovių srautamas ir kt. Bent vieną atsakymą patikrinkite eksperimentuodami. Ar eksperimentas patvirtino jūsų prielaidą?
5. Kokį gamtos reiškinį modeliuoja / imituoja / pūtikas?
6. Pasiūlykite ir aprašykite keletą būdų, kurie, jūsų manymu, leistų sumažinti / minimizuoti / vandens praradimą per augalo lapus.

**Mokytojo pastabos:**

1. Dėmesingai ir atsargiai reikia sujungti slėgio jutiklį su mėgintuvėlio atšaka, kad vanduo nepatektų į jutiklį.



## 4.10. VAISIŲ SULČIŲ BIOLOGINIŲ, CHEMINIŲ IR FIZINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Išplėstinis kursas. 11–12 klasės

5. Žmogaus sveikata	
<b>Nuostata</b> Saugoti savo ir kitų žmonių sveikatą	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
5.2. Paaiškinti maistinių medžiagų ir energijos poreikį.	5.2.1. Remiantis supratimu apie organines ir neorganines medžiagas ir cheminius junginius aptarti <...> vitaminų reikšmę kasdienėje mityboje. <...> 5.2.2. Vainikinių širdies ligų ir jas sukeliančių rizikos faktorių pavyzdžiu aptarti ir diskutuoti apie netaisyklingos mitybos pasekmes.

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

**Vaisių ir daržovių sultys** gaminamos iš prinokusių vaisių, uogų, daržovių jas spaudžiant ar ekstrahuojant. Vertingiausios yra sultys su minkštimu, nes į jas patenka visa ląsteliena, pavyzdžiui, pomidorų, morkų, šaltalankių, abrikosų, persikų, slyvų. Pagamintos sultys vartojamos šviežios, jų nereikia virti, konservuoti ar pasterizuoti, priešingu atveju sunaikinami visi fermentai ir dalis vitaminų. Ne tokios vertingos yra sultys su cukrumi. Daugelyje sulčių yra vitaminų C, kalio, kalcio jonų bei labai mažais kiekiais organizmui reikalingų geležies, vario, mangano, kobalto, cinko, nikelio jonų.

**Vaisiniai gėrimai** turi iki 30 % vaisių sulčių; pavyzdžiui, vynuogių gėrime sulčių yra 6 %, citrinų – apie 10 % sulčių. Šie gėrimai yra itin paplitę, nes yra pigesni.

Daržovėse ir vaisiuose esanti ląsteliena turi įtakos riebalų apykaitai, mažina cholesterolio kiekį kraujyje, padeda pašalinti kenksmingas organizmui medžiagas. **Kalis** – reguliuoja nervinio impulso perdavimą, raumenų veiklą, vandens balansą ląstelėse. Kalio paros dozė – 2000 mg.

**Kalcis** – sudaro pagrindinę kaulų ir dantų masę. Beveik 99 proc. žmogaus organizme esančio kalcio yra kauluose. Kalcis, esantis ne kaulų audinyje, vaidina svarbų vaidmenį perduodant nervinį impulsą griaučių ir širdies raumenų skaiduloms. Ši kalcio dalis svarbi krešėjimo sistemoms, fermentinių reakcijų reguliavimui.

Gausiai tręšiant dirvožemį neorganinėmis ir organinėmis trąšomis augaluose kaupiasi **nitratai**. Dideli jų kiekiai vaisiuose ar daržovėse yra pavojingi sveikatai. Žmogaus organizme tam tikromis sąlygomis jie redukuojasi iki nitritų, kurie gali jungtis su aminais, sudarydami kancerogeninius junginius *nitrozoaminus*. Nitritai taip pat gali jungtis su hemoglobinu ir slopinti deguonies pernašą į organizmo ląsteles

**Vitaminas C**, askorbo rūgštis, vienas nepatvariausių vandenyje tirpių vitaminų. Esant deguoniui jis greitai oksiduojasi, yra nepatvarus temperatūros poveikiui, todėl, termiškai apdorojant sultis, suyra. Beveik visų žinduolių ląstelės gali sintetinti vitaminą C, deja, žmogaus ląstelės šios savybės neturi, todėl jo poreikis tenkinamas valgant augalinės kilmės maistą. Vitamino C yra visuose organizmo skysčiuose ir ląstelėse, tačiau organizme jis nekaupiamas, o perteklius išskiriamas su šlapimu. Vitaminas C svarbus kaip kofermentas ir kaip antioksidantas, dalyvauja kolageno sintezėje, antinksčių žievės steroidinių hormonų ir kitų hormonų sintezėje.

Esant vitamino C trūkimui pasireiškia skorbutas, padidėja kraujagyslių trapumas, vyksta kaulinio audinio pokyčiai, kliba ir iškrenta dantys; gali išsivystyti širdies funkcijų sutrikimas, mažakraujystė. Vitamino C paros dozė – 75–100 mg.

Kalio, kalcio ir nitrato jonų koncentracijai, pH vertėms sultyse nustatyti plačiai taikomas potenciometrinis metodas, kuris patrauklus tuo, kad yra gana spartus, paprastas, o įranga palyginus nebrangi. Tam tikslui sukurti jonų selektyvieji elektrodai. Jonų selektyvusis elektrodas turi membraną, kuri praleidžia tik atitinkamus (selektyvius) jonus (kalio, kalcio, nitrato ar vandenilio

jonus). Potencialo šuolis susidaro tarp abiejų membranos pusių. Šis potencialas pagal Nernsto dėsnį proporcingas selektyvių jonų aktyvumui:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \log a.$$

Čia  $E$  – išmatuotas potencialas,  $E_0$  – etaloninio elektrodo potencialas,  $R$  – universalioji dujų konstanta,  $T$  – temperatūra Kelvino skalėje,  $n$  – jono krūvis,  $F$  – Faradėjaus konstanta,  $a$  – nitrato jonų aktyvumas.

Jeigu tirpalo joninė jėga yra didelė ir pastovi, Nernsto lygtis užrašoma taip:

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \log C.$$

Čia  $C$  – jonų koncentracija.

Kad tirpalo joninė jėga būtų pakoreguota iki aukštos ir pastovios vertės, į visus tirpalus įpilama joninę jėgą reguliuojančio tirpalo. Tirpalo joninė jėga yra visų tirpale esančių jonų elektrostatinės sąveikos matas. Ji priklauso ne tik nuo jonų koncentracijos, bet ir nuo jonų krūvio:

$$I = 0,5 \sum_{j=1}^n c_j z_j^2,$$

čia  $I$  – tirpalo joninė jėga;  $c_j$  – atskirų tirpale esančių jonų koncentracija mol · l<sup>-1</sup>;  $z_j$  – jonų krūviai.

Vaisių sulčių krūvininkai yra ne elektronai, o jonai. Jonų koncentracija ir judrumas sąlygoja sulčių elektrinį laidį. Jonų judris priklauso nuo terpės, kurioje juda, klampumo ir tankio. Kadangi kylant temperatūrai mažėja sulčių klampumas ir tankis, jonų judrumas didėja, taigi didėja ir elektrinis laidis. Vaisių sulčių laidis priklauso ne tik nuo vaisių rūšies, bet ir nuo jų išnokimo laipsnio. Nokstant vaisiui, didėja jonų pratekėjimas iš membranų ir atitinkamai didėja elektrinis laidis. Elektrinio laidžio matavimai praktikoje taikomi vaisių nokimui ir senėjimui tirti.

Vitamino C koncentracija sultyse nustatoma jodometrinio titravimo metodu, plačiai taikomu cheminėje analizėje.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Tai **kompleksinis tyrinėjimas**, sudarytas iš **penkių eksperimentinių dalių**. Kiekvieną dalį galima atlikti ir interpretuoti kaip atskirą laboratorinį darbą. Darbą sudaro penkios eksperimentinės dalys. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškelto tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę bei geba eksperimentiškai nustatyti žmogaus organizmui svarbių kai kurių medžiagų ir nepageidautinų nitratų kiekius skirtingose vaisių sultyse.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę mokymo sistemą *Nova5000*. Šiame eksperimente nustatoma selektyvių K, Ca ir nitratų elektrodų potencialo priklausomybė nuo jonų koncentracijos. Išmatavus selektyvių elektrodų potencialus skirtingose sultyse ir pasinaudojus nustatyta potencialo priklausomybe nuo koncentracijos, nustatomos jonų koncentracijos tiriamosiose sultyse. Vitamino C koncentracija sultyse nustatoma jodometrinio titravimo metodu. pH ir elektrinio laidžio matavimais įvertinama vandenilio jonų bei bendra jonų koncentracija sultyse. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniam nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Taupant pamokos laiką, siūloma kiekvienai grupei skirti atlikti po vieną iš 5 eksperimentinių dalių, o darbo rezultatus aptarti ir apibendrinti bei suformuluoti išvadas kartu.

Šitą darbą galima atlikti kaip **IV lygmens** tyrinėjimą. Jį galima siūlyti kaip baigiamąjį tiriamąjį darbą arba kaip projektinį darbą suformuluojant tyrimo problemą. Analogiškai galima tyrinėti skirtingų daržovių sultis.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kaip žmogaus organizmui svarbių kai kurių medžiagų ir nepageidautinų nitratų kiekiai priklauso nuo vaisių rūšies ir sulčių gamintojų.

**Eksperimento tikslas** – ištirti žmogaus organizmui svarbių kai kurių medžiagų ir nepageidautinų nitratų kiekius skirtingose vaisių sultyse.

#### Tyrimo hipotezė:

- Šviežiai spaustose sultyse K, Ca ir vitamino C yra daugiau nei sultyse iš prekybos tinklo.
- Apelsinų sultyse vitamino C yra daugiau nei obuolių sultyse.

#### Laukiami rezultatai:

- Žinos vaisių sulčių sudėtį bei jų naudą žmogaus organizmui.
- Įvaldys potenciometrinį tyrimo metodą.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti K, Ca ir nitratų kalibravimo grafikus.
- Mokės pamatuoti sulčių elektrinį laidį ir vandenilinį rodiklį (pH).
- Mokės iš kalibravimo grafiko nustatyti jonų koncentraciją.
- Gebės praktiškai interpretuoti gautus eksperimento rezultatus.

### I. $K^+$ koncentracijos nustatymas

#### Eksperimento priemonės:

- NOVA5000;
- $K^+$  jutiklis;
- temperatūros jutiklis;
- svarstyklės;
- 150 ml stiklinės;
- 1000 ml matavimo kolba;
- 100 ml matavimo kolbos;
- plovimo indas su distiliuotu vandeniu;
- pipetės.

#### Reagentai:

1000 ppm (0,0256 M  $K^+$ ) standartinis  $K^+$  tirpalas: (1,910 g KCl ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml).


1. 1 M NaCl joninę jėgą reguliuojantis tirpalas (58,443 g NaCl ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml);
2. Tiriamų sulčių mėginiai.

## Darbo eiga:

### 1. Kalibravimui skirtų $K^+$ standartinių tirpalų paruošimas

Kalibravimui paruošiami keturi standartiniai tirpalai: į keturias 100 ml matavimo kolbas įpilama po 50, 10, 1 ir 0,1 ml 1000 ppm koncentracijos standartinio KCl tirpalo, į kiekvieną kolbą po 2 ml joninę jėgą reguliuojančio 1M NaCl tirpalo ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki žymos. Gaunami standartiniai tirpalai, kurių koncentracijos atitinkamai 500, 100, 10 ir 1 ppm.

### 2. Elektrodo paruošimas matavimams

- 2.1. Kalio elektrodo gale sumontuota membrana yra apgaubta apsauginiu buteliuku. Jį reikia nuimti atsukant. Jokiu būdu neliesti PVC membranos.
- 2.2. Elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas. Jokiu būdu netrinti.
- 2.3. 10 min elektrodas palaikomas įmerktas į distiliuotą vandenį.
- 2.4. Elektrodas apie dvi valandas palaikomas įmerktas į standartinį kalio tirpalą.
- 2.5. Įjungiamas NOVA5000 (1 pav.).
- 2.6. Prie pirmojo duomenų kaupiklio įvado prijungiamas temperatūros jutiklis.
- 2.7. Elektrodas sujungiamas su stiprintuvu ir per jį prijungiamas prie antrojo duomenų kaupiklio įvado.
- 2.8. NOVA5000 įranga automatiškai atpažįsta jutiklius.
- 2.9. Pagrindinėje įrankių juostoje paspaudžiama *Sąranka* . Paspaudus *Norma* nustatomas duomenų rinkimo dažnis (1 matavimas per sekundę), paspaudus *Matavimai* nustatoma matavimų skaičius (pavyzdžiui 1000 matavimų). Tada paspaudžiama *OK*.
- 2.10. Prieš kalibravimą elektrodas vėl kruopščiai nuskalaujamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas.





1 pav. K jonų koncentracijos matavimo įranga

### 3. Elektrodo kalibravimas

Elektrodo kalibravimui išmatuojamas jo potencialas skirtingos koncentracijos standartiniuose tirpaluose. Tada, nustatius elektrodo potencialo priklausomybę nuo tirpalo koncentracijos, pakanka išmatuoti potencialą mėginyje ir remiantis kalibravimo duomenimis apskaičiuoti kalio jonų koncentraciją.

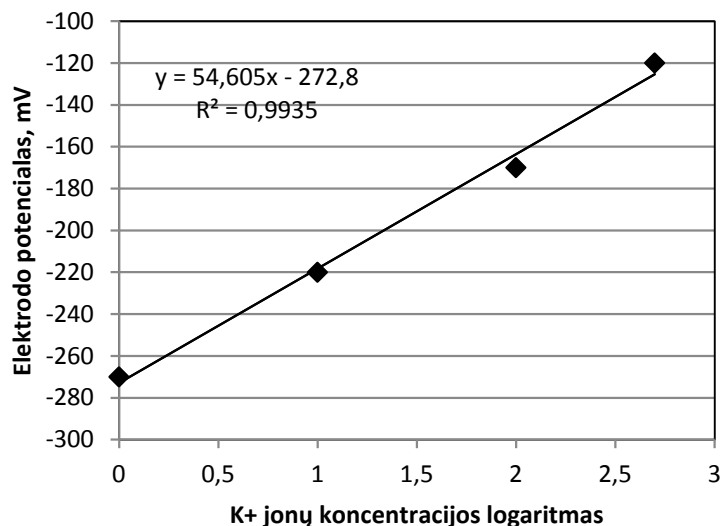
Kalibruojama kiekvieną kartą prieš matavimus.

- 3.1. Į 150 ml stiklinę įpilama 100 ml mažiausios koncentracijos (1 ppm  $K^+$ ) kalibravimui paruošto standartinio tirpalo. Įmerkiama temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodo. Įjungiamas magnetinė maišyklė (arba maišoma rankomis).
- 3.2. Paspaudus  (*Run*) pradeda matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiama  (*Stop*).
- 3.3. Elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas ir įmerkiama į kitą didesnės koncentracijos (10 ppm  $K^+$  tirpalą). Tokiu pat būdu išmatuojamas šio ir kitų kalibravimui paruoštų tirpalų potencialas. Matavimų rezultatai pateikti 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Selektivaus K<sup>+</sup> elektrodo potencialas standartiniuose tirpaluose

Eil. Nr.	Tirpalo koncentracija, ppm	Elektrodo potencialas, mV
1	1	-270
2	10	-220
3	100	-170
4	500	-120

3.4. *Plan Maker* arba *Excel* terpėje nubrėžiamas kalibravimo grafikas (elektrodo potencialo priklausomybė nuo koncentracijos logaritmo) (2 pav.). Patikrinamas gautos tiesės polinkis. Tai potencialų skirtumas standartiniuose tirpaluose, kurių koncentracijos skiriasi 10 kartų, pavyzdžiui, 10 ppm ir 100 ppm. Esant 25 °C temperatūrai jis turi būti lygus 56±4 mV. Jei elektrodo polinkis



**2 pav.** Selektivaus K<sup>+</sup> elektrodo kalibravimo grafikas

išeina iš nustatytų ribų, jį galima atstatyti dviem valandoms įmerkus į standartinį tirpalą. Po to kalibravimas pakartojamas.

3.5. Gauta tiesės lygtis  $E = 54,60 \cdot \log C - 272,8$ . Išreiškiama  $\log C$ :  $\log C = \frac{E+272,8}{54,60}$  ir  $C = 10^{\frac{E+272,8}{54,60}}$ . (Matavimai buvo atliekami esant 22°C temperatūrai.)

#### 4. Mėginių matavimas

4.1. Matuojamas K<sup>+</sup> elektrodo potencialas įvairių vaisių sultyse (2 lentelė). Tuo tikslu į 100 ml matavimo kolbą įpilama 50 ml tiriamųjų sulčių, 2 ml 1 M NaCl tirpalo (joninę jėgą reguliuojančio tirpalo) ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki 100 ml.

**2 lentelė.** Selektivaus K<sup>+</sup> elektrodo potencialas vaisių sultyse

Eil. Nr.	Sulčių pavadinimas	Elektrodo potencialas, mV
1	Šviežiai išspaustos apelsinų	110
2	CIDO apelsinų	-120
3	Šviežiai išspaustos obuolių	-130
4	ELMENDORSTER obuolių	-145

4.2. Pabaigus matavimus, elektrodas (ir temperatūros jutiklis) kruopščiai nuskalaujamas vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į praskiestą standartinį tirpalą (pvz., 10 ppm K<sup>+</sup> tirpalą) iki kito matavimo.

4.3. Jeigu artimiausiu metu matavimai nenumatomi, elektrodo membrana uždengiama apsauginiu buteliuku ir laikoma sausa.

4.4. Į gautą kalibravimo tiesės lygtį įrašius elektrodo potencialo vertę, apskaičiuojama kalio jonų koncentracija paruoštame tirpale ppm vienetais (nepamirškite, kad visos sultys buvo praskiestos du kartus). 1 ppm koncentracija atitinka 1 mg/l koncentraciją.

Kadangi priimta koncentraciją maistinėse medžiagose išreikšti mg/ 100 ml, 1 ppm atitinka 0,1 mg K<sup>+</sup>/ 100 ml sulčių.

4.5. Apskaičiuotos kalio jonų koncentracijos ištirtose sultyse pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. K<sup>+</sup> koncentracija ištirtose vaisių sultyse

Sulčių pavadinimas	K <sup>+</sup> koncentracija praskiestose sultyse, ppm	K <sup>+</sup> koncentracija sultyse, ppm	K <sup>+</sup> koncentracija sultyse, mg/100 ml
Šviežiai išspaustos apelsinų	959	1920	192
CIDO apelsinų	629	1260	126
Šviežiai išspaustos obuolių	412	824	82,4
ELMENDORSTER obuolių	219	538	53,4

#### Mokiniai padaro išvadas:

- Palyginkite kalio jonų koncentraciją vienos rūšies šviežiai išspaustose ir parduodamose sultyse.
- Įvertinkite, kiek reikėtų išgerti vienų ar kitų sulčių, kad jose būtų K<sup>+</sup> dienos norma.

## II. Ca<sup>2+</sup> koncentracijos nustatymas

#### Eksperimento priemonės:

- NOVA5000;
- Ca<sup>2+</sup> jutiklis;
- temperatūros jutiklis;
- svarstyklės;
- 150 ml stiklinė;
- 1000 ml matavimo kolba;
- 100 ml matavimo kolbos;
- plovimo indas su distiliuotu vandeniu;
- pipetės.

#### Reagentai:

1. 1000 ppm (0,0249 M Ca<sup>2+</sup>) standartinis Ca<sup>2+</sup> tirpalas: (3,668 g CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml).
2. 4 M KCl joninę jėgą reguliuojantis tirpalas (300 g KCl ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml).
3. Tiriamų sulčių mėginiai.

#### Darbo eiga:


##### 1. Kalibravimui skirtų Ca<sup>2+</sup> standartinių tirpalų paruošimas

Paruošiami trys standartiniai tirpalai: į tris 100 ml matavimo kolbas įpilama po 10, 5 ir 1 ml 1000 ppm koncentracijos standartinio CaCl<sub>2</sub> tirpalo, į kiekvieną kolbą po 2 ml joninę jėgą reguliuojančio 4M KCl tirpalo ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki žymos. Gaunami standartiniai tirpalai, kurių koncentracijos atitinkamai 100, 50 ir 10 ppm.

##### 2. Elektrodo paruošimas matavimams

- 2.1. Kalcio elektrodo gale sumontuota membrana yra apgaubta apsauginiu buteliuku. Jį reikia nuimti atsukant. Jokiu būdu neliesti PVC membranos.
- 2.2. Elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas. Jokiu būdu netrinti.
- 2.3. 10 min elektrodas palaikomas įmerktas į distiliuotą vandenį.





- 2.4. Elektrodas apie dvi valandas palaikomas įmerktas į 10 ppm standartinį tirpalą.
- 2.5. Įjungama NOVA5000.
- 2.6. Prie pirmojo duomenų kaupiklio įvado prijungiamas temperatūros jutiklis.
- 2.7. Elektrodas sujungiamas su stiprintuvu ir per jį prijungiamas prie antrojo duomenų kaupiklio įvado.
- 2.8. NOVA5000 įranga automatiškai atpažįsta jutiklius.
- 2.9. Pagrindinėje įrankių juostoje paspaudžiamas mygtukas  (*Sąranka*) ir paspaudus *Norma* nustatomas duomenų rinkimo dažnis (10 matavimų per sekundę), o paspaudus *Matavimų skaičius* nustatomas matavimų skaičius (pavyzdžiui, 1000 matavimų). Galima pasirinkti didesnį matavimų skaičių, o nusistovėjus pusiausvyrai matavimus sustabdyti.
- 2.10. Tada paspaudžiama *OK*.
- 2.11. Prieš kalibravimą elektrodas vėl kruopščiai nuskalaujamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas.

### 3. Elektrodo kalibravimas

Elektrodo kalibravimui išmatuojamas elektrodo potencialas visuose paruoštuose standartiniuose tirpaluose. Tada, nustatius elektrodo potencialo priklausomybę nuo tirpalo koncentracijos, pakanka išmatuoti mėginio potencialą ir remiantis kalibravimo duomenimis apskaičiuoti kalcio jonų koncentraciją.

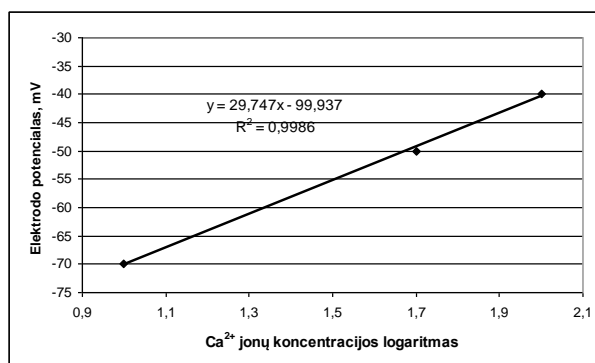
#### Kalibruojama kiekvieną kartą prieš matavimus

- 3.1. Į 150 ml stiklinę įpilama 100 ml mažiausios koncentracijos (10 ppm  $\text{Ca}^{2+}$ ) kalibravimui paruošto standartinio tirpalo. Įmerkami temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodas. Įjungiami magnetinė maišyklė (arba maišoma rankomis).
- 3.2. Paspaudus  (*Run*) pradeda matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiama  (*Stop*).
- 3.3. Elektrodas ir temperatūros jutiklis nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į kitą didesnės koncentracijos (50 ppm) tirpalą. Tokiu pat būdu išmatuojamas šio ir trečiojo 100 ppm kalibravimui paruošto tirpalo potencialas. Matavimų rezultatai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Standartinių tirpalų selektyvaus  $\text{Ca}^{2+}$  elektrodo potencialas

Eil. Nr.	Tirpalo koncentracija, ppm	Elektrodo potencialas, mV
1	10	-70
2	50	-50
3	100	-40

- 3.4. *Plan Maker* arba *Excel* terpėje nubrėžiamas kalibravimo grafikas (elektrodo potencialo priklausomybė nuo koncentracijos logaritmo) (3 pav.). Patikrinamas gautos tiesės polinkis. Tai standartinių tirpalų, kurių koncentracijos skiriasi 10 kartų, potencialų skirtumas, pavyzdžiui, 10 ppm ir 100 ppm. Esant 25 °C temperatūrai jis turi būti lygus  $28 \pm 2$  mV.



3 pav. Selektivaus  $\text{Ca}^{2+}$  elektrodo kalibravimo grafikas

- 3.5. Jei elektrodo polinkis išeina iš

nustatytų ribų, jį galima atstatyti dviem valandoms įmerkus į standartinį tirpalą. Po to kalibravimas pakartojamas.

3.6. Gauta tiesės lygtis  $E = 29,76 \cdot \log C - 99,94$ . Išreiškiame  $\log C$ :  $\log C = \frac{E+99,94}{29,76}$  ir  $C = 10^{\frac{E+99,94}{29,76}}$ .

#### 4. Mėginių matavimai

4.1. Matuojamas  $\text{Ca}^{2+}$  elektrodo potencialas įvairiose vaisių sultyse (5 lentelė). Tuo tikslu į 100 ml matavimo kolbą įpilama 50 ml tiriamųjų sulčių, 2 ml 1 M NaCl tirpalo (joninę jėgą reguliuojantis tirpalas) ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki 100 ml.

5 lentelė. Selektivaus  $\text{Ca}^{2+}$  elektrodo potencialas vaisių sultyse

Eil. Nr.	Sulčių pavadinimas	Elektrodo potencialas, mV
1	Šviežiai išspaustos apelsinų	-60
2	CIDO apelsinų	-63
3	Šviežiai išspaustos obuolių	-68
4	ELMENDORSTER obuolių	-69

4.2. Pabaigus matavimus elektrodas (ir temperatūros jutiklis) kruopščiai nuskalaujamas vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į praskiestą standartinį tirpalą (pvz., 10 ppm  $\text{Ca}^{2+}$ ) iki kito matavimo. Jeigu artimiausiu metu matavimai nenumatomi, elektrodo membrana uždengiama apsauginiu buteliuku ir laikoma sausa.

4.3. Į gautą kalibravimo tiesės lygtį įrašius elektrodo potencialo vertę, apskaičiuojama kalcio jonų koncentracija ppm vienetais paruoštame sulčių tirpale (nepamirškite, kad sultys praskiestos du kartus). Koncentracija 1 ppm atitinka koncentraciją 1 mg/l. Kadangi koncentraciją maistinėse medžiagose priimta išreikšti mg/100 ml, 1 ppm atitinka 0,1 mg  $\text{Ca}^{2+}$ /100 ml.

4.4. Apskaičiuotos kalcio jonų koncentracijos ištirtose sultyse pateiktos 6 lentelėje.

6 lentelė.  $\text{Ca}^{2+}$  koncentracija ištirtose vaisių sultyse

Sulčių pavadinimas	$\text{Ca}^{2+}$ koncentracija praskiestose sultyse, ppm	$\text{Ca}^{2+}$ koncentracija sultyse, ppm	$\text{Ca}^{2+}$ koncentracija sultyse, mg/100 ml
Šviežiai išspaustos apelsinų	22	44	4,4
CIDO apelsinų	17,4	34,8	3,5
Šviežiai spaustos obuolių	11,8	23,6	2,4
ELMENDORSTER obuolių	11,0	22,0	2,2

#### Mokiniai padaro išvadas

- Palyginkite kalcio jonų koncentraciją vienos rūšies šviežiai išspaustose ir parduodamose sultyse.
- Padarykite išvadą, kuri  $\text{Ca}^{2+}$  dienos normos dalis yra ištirtų sulčių 100 ml.

### III. $\text{NO}_3^-$ jonų koncentracijos nustatymas

#### Eksperimento priemonės:

- NOVA5000;
- $\text{NO}_3^-$  jutiklis;
- temperatūros jutiklis;
- svarstyklės;
- 150 ml stiklinės;


- 1000 ml matavimo kolba;
- 100 ml matavimo kolbos;
- plovimo indas su distiliuotu vandeniu;
- pipetės.

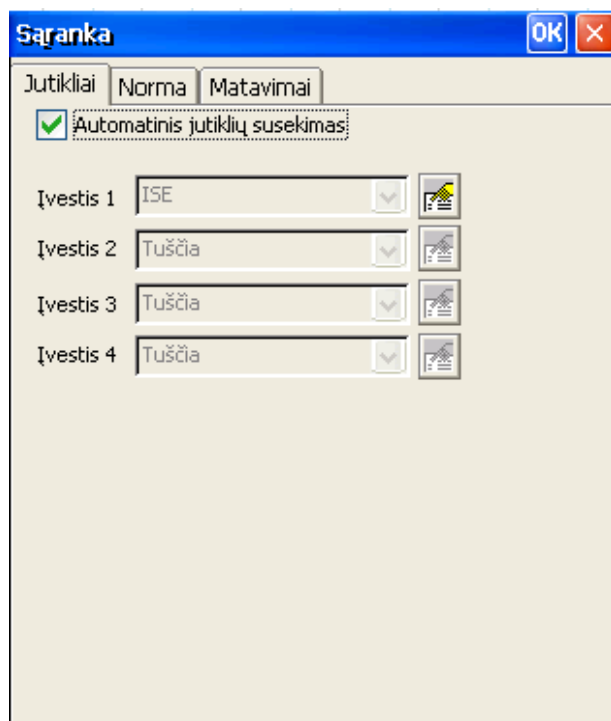
### Reagentai:

- 1000 ppm (0,0161 M  $\text{NO}_3^-$ ) standartinis  $\text{NO}_3^-$  tirpalas: (1,631 g  $\text{KNO}_3$  ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml).
- 2 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  joninę jėgą reguliuojantis tirpalas (264,3 g  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml).
- Tiriamų sulčių mėginiai.

## Darbo eiga:

### 1. Elektrodo paruošimas matavimams

- 1.1. Nitratų elektrodo gale sumontuota membrana yra apgaubta apsauginiu buteliuku. Jį reikia nuimti atsukant. Jokiu būdu pirštais neliesti PVC membranos.
- 1.2. Elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas. Jokiu būdu netrinti.
- 1.3. 10 min elektrodas palaikomas įmerktas į vandenį. Tada prieš kalibravimą elektrodas dvi valandas laikomas įmerktas į praskiestą standartinį nitrato tirpalą (pvz., 0,1 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/l).
- 1.4. Elektrodas vėl kruopščiai nuskalaujamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas.
- 1.5. Įjungiamas NOVA5000.
- 1.6. Prie pirmojo duomenų kaupiklio įvado prijungiamas temperatūros jutiklis.
- 1.7. Elektrodas sujungiamas su stiprintuvu ir per jį prijungiamas prie antrojo duomenų kaupiklio įvado.
- 1.8. NOVA5000 programinė įranga automatiškai atpažįsta jutiklius.
- 1.9. Pagrindinėje įrankių juostoje paspaudžiamas mygtukas  (*Sąranka*) ir paspaudus *Norma* nustatomas duomenų rinkimo dažnis (1 matavimas per sekundę), paspaudus *Matavimai* nustatomas matavimų skaičius (pavyzdžiui, 5000 matavimų) (4 pav.). Tada paspaudžiama *OK*.
- 1.10. Prieš kalibravimą elektrodas vėl kruopščiai nuskalaujamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas.





4 pav. Sąrankos langas

### 2. Elektrodo kalibravimas

Elektrodo kalibravimui paruošiami trys standartiniai tirpalai: į tris 100 ml matavimo kolbas įpilama po 10, 5 ir 1 ml 1000 ppm koncentracijos standartinio  $\text{KNO}_3$  tirpalo, į kiekvieną kolbą po 2 ml joninę jėgą reguliuojančio 2 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  tirpalo ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki žymos. Gaunami standartiniai tirpalai, kurių koncentracijos atitinkamai 100, 50 ir 10 ppm. Išmatuojamas kiekvieno skirtingos koncentracijos standartinio tirpalo potencialas ir nustatoma

elektrodo potencialo priklausomybė nuo tirpalo koncentracijos. Tuomet pakanka išmatuoti mėginio potencialą ir remiantis kalibravimo duomenimis apskaičiuoti nitrato jonų koncentraciją.

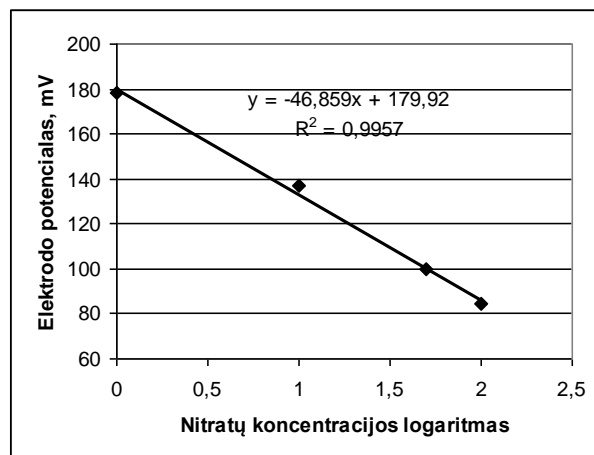
Kalibruojama kiekvieną kartą prieš matavimus.

- 2.1. Į 150 ml stiklinę įpilamas mažiausios koncentracijos (10 ppm) kalibravimui paruoštas standartinis tirpalas. Įmerkiama temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodas. Įjungiamas magnetinė maišyklė (arba maišoma rankomis).
- 2.2. Paspaudus  (*Run*) pradedama matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiama  (*Stop*).
- 2.3. Elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į kitą didesnės koncentracijos (50 ppm) tirpalą. Išmatuojamas šio ir trečiojo kalibravimui paruošto tirpalo potencialas. Gauti rezultatai 7 lentelėje.

**7 lentelė.** Standartinių tirpalų selektyvaus NO<sub>3</sub><sup>-</sup> elektrodo potencialas




Eil. Nr.	Tirpalo koncentracija, ppm	Elektrodo potencialas, mV
1	1	178
2	10	137
3	50	100
4	100	84,5

- 2.4. *Plan Maker* (arba *Excel*) terpėje nubrėžiamas kalibravimo grafikas (elektrodo potencialo priklausomybė nuo koncentracijos logaritmo) (5 pav.). Patikrinamas gautos tiesės polinkis. Tai standartinių tirpalų, kurių koncentracijos skiriasi 10 kartų, pavyzdžiui, 4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l ir 40 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l, potencialų skirtumas. Esant 25 °C temperatūrai jis turi būti lygus 56±4 mV.



- 2.5. Jei elektrodo polinkis išeina iš nustatytų ribų, jį galima atstatyti dviem valandoms įmerkus į praskiestą standartinį tirpalą. Po to kalibravimas pakartojamas.
- 2.6. Gauta tiesės lygtis  $E = -46,86 \cdot \log C + 179,9$ .
- 2.7. Išreiškiame  $\log C$ :  $\log C = \frac{179,9-E}{46,86}$  ir  $C = 10^{\frac{179,9-E}{46,86}}$ .

### 3. Mėginių matavimas

- 3.1. Į 150 ml stiklinę įpilama 50 ml tiriamųjų sulčių, 2 ml 2 M (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tirpalo (joninę jėgą reguliuojantis tirpalas) ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki 100 ml.
- 3.2. Temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodas nuplaunami distiliuotu vandeniu, nusauginami ir įmerkami į mėginį.
- 3.3. Paspaudus  (*Run*) pradedama matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiama  (*Stop*).
- 3.4. Taip išmatuojami paruoštų mėginių potencialai. Prieš kiekvieną matavimą elektrodas kruopščiai nuplaunamas ir nusausinamas. Matavimo metu mėginys maišomas magnetine maišykle arba rankomis.
- 3.5. Matavimo duomenys išsaugomi paspaudus  (*Save*).

3.6. Pabaigus matavimus, elektrodas (ir temperatūros jutiklis) kruopščiai nuskalaujamas vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į praskiestą standartinį tirpalą (pvz., 0,1 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/l ) iki kito matavimo. Jeigu artimiausiu metu matavimai nenumatomi, elektrodo membrana uždengiama apsauginiu buteliuku ir laikoma sausa.

#### 4. Duomenų analizė

4.1. Išmatuotas  $\text{NO}_3^-$  elektrodo potencialas įvairiose vaisių sultyse pateiktas 8 lentelėje.

**8 lentelė.** Selektivaus  $\text{NO}_3^-$  elektrodo potencialas vaisių sultyse

Eil. Nr.	Sulčių pavadinimas	Elektrodo potencialas, mV
1	Šviežiai išspausť apelsinų	126
2	CIDO apelsinų	131
3	Šviežiai išspausť obuolių	122
4	ELMENDORSTER obuolių	125

4.2. Į gautą kalibravimo tiesės lygtį įrašius elektrodo potencialo vertę, apskaičiuojama kalcio jonų koncentracija ppm vienetais paruoštame tirpale (nepamirškite, kad sultys praskiestos du kartus, koncentracija 1 ppm atitinka koncentraciją 1 mg/l. Kadangi priimta maistinėse medžiagose koncentraciją išreikšti mg/ 100 ml, 1 ppm atitinka 0,1 mg  $\text{NO}_3^-$ / 100 ml.

**9 lentelė.**  $\text{NO}_3^-$  koncentracija ištirtose vaisių sultyse

Sulčių pavadinimas	$\text{NO}_3^-$ koncentracija praskiestose sultyse, ppm	$\text{NO}_3^-$ koncentracija sultyse, ppm	$\text{NO}_3^-$ koncentracija sultyse, mg/100 ml
Šviežiai išspausť apelsinų	14,1	28,2	2,82
CIDO apelsinų	11,0	22,0	2,20
Šviežiai spaustos obuolių	17,2	34,4	3,44
ELMENDORSTER obuolių	14,8	29,6	2,96

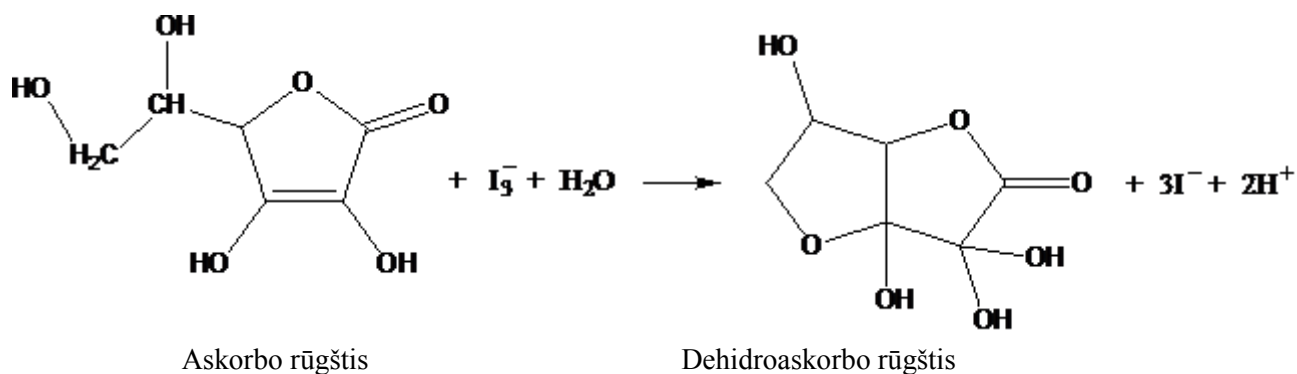
#### Mokiniai padaro išvada

- Palyginkite nitratų jonų koncentraciją vienos rūšies šviežiai išspausťose ir parduodamose sultyse.
- Nustatykite, ar nitratų koncentracija ištirtose sultyse viršija leidžiamas normas

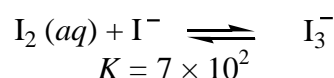
### IV. Vitamino C koncentracijos nustatymas

Vitaminas C, askorbo rūgštis ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ), yra žmogaus organizmui svarbus antioksidantas. Kadangi žmogaus organizmas nesintetina vitamino C, jis turi jį gauti su maistu iš daržovių, vaisių ar uogų.

Vitamino C koncentracija gali būti nustatoma jodometrinio titravimo metodu, vykđant jo oksidaciją jodo tirpalu:



Molekulinis jodas labai silpnai tirpsta vandenyje (tik  $1,3 \times 10^{-3}$  M  $20^\circ\text{C}$  temperatūroje), tačiau susijungęs su jodido jonu į kompleksinį junginį tirpsta žymiai geriau.



0,05 M  $\text{I}_3^-$  tirpalas dažniausiai ruošiamas tirpinant 0,12 mol KI ir 0,05 mol  $\text{I}_2$  viename litre vandens.

Titruojant jodo tirpalu kaip indikatorius naudojamas krakmolo kleisteris. Jei jodo tirpale nėra kitų spalvotų junginių, jodo spalvą dar galima matyti esant mažiausiai  $\sim 5 \mu\text{M}$  koncentracijai. Su krakmolo kleisteriu nustatymo riba prasiplečia maždaug dešimt kartų.

Titruojant su  $\text{I}_3^-$  krakmolo kleisterio įlašinama titravimo pradžioje. Pasiėkus ekvivalentinį tašką pirmas perteklinis  $\text{I}_3^-$  lašas nudažo tirpalą tamsiai mėlyna spalva. Jodo ir krakmolo komplekso susidarymo grįžtamoji reakcija priklauso nuo temperatūros. Pakėlus tirpalo temperatūrą nuo  $25^\circ\text{C}$  iki  $50^\circ\text{C}$ , spalvos intensyvumas sumažėja dešimt kartų. Jei norima pasiekti didžiausią jautrumą, rekomenduojama titruojamąjį tirpalą atšaldyti lediniame vandenyje.

Standartiniam tirpalui paruošti tinka sublimuotas  $\text{I}_2$ . Kadangi svėrimo metu jodas šiek tiek nugaruoja, jį reikia standartizuoti  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  tirpalu.

### Eksperto priemonės:

- svarstyklės;
- biuretė su laikikliu;
- 250 ml matavimo kolba;
- kūginės kolbos titravimui;
- cheminės stiklinės;
- pipetės;
- plovimo indas su distiliuotu vandeniu.

### Reagentai:

- 0,01 M  $\text{I}_3^-$  tirpalas (0,63 g  $\text{J}_2$  ir 1,00 g KJ ištirpinama maždaug 200 ml distiliuoto vandens, supilama į 250 ml matavimo kolbą ir praskiedžiama iki žymės);
- 1 % krakmolo kleisteris;
- vaisių sultys, išspaus tos rankiniu būdu arba iš prekybos.



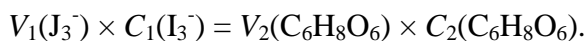
## Darbo eiga

1. Biuretė du kartus praplaunama jodo tirpalu ir vėl užpildoma iki 25 ml tūrio. 20 ml paruoštų sulčių pipete supilama į kūginę kolbutę, pipete įpilama 20 ml distiliuoto vandens, 5 lašai 3 M HCl ir įlašinama 10 lašų krakmolo tirpalo. Iš biuretės lašinamas jodo tirpalas tol, kol atsiranda mėlyna spalva, neišnykstanti mažiausiai per 20 sekundžių. Titravimo metu tirpalas maišomas magnetine maišykle arba ranka (6 pav.). Išmatuojamas nutitruoto jodo tirpalo tūris. Titravimas kartojamas tris kartus. Tokiu būdu nutitruojami visi sulčių mėginiai.



6 pav. Vitamino C nustatymas titravimo metodu

2. Vitamino C koncentracija apskaičiuojama pagal ekvivalentų dėsnį:



Čia:

$V_1$  – nutitruoto jodo tirpalo tūris,

$V_2$  – titravimui paimtų sulčių tūris,

$C_1$  – jodo tirpalo molinė koncentracija,

$C_2$  – vitamino C molinė koncentracija sultyse.

Iš čia

$$C_2 = \frac{V_1 \times C_1}{V_2}.$$

### Matavimo duomenys:

Titravimo rezultatai pateikti 10 lentelėje.

10 lentelė. Vaisių sulčių titravimo duomenys (nutitruoto jodo tirpalo tūris)

Sulčių pavadinimas	I titravimas, ml	II titravimas, ml	III titravimas, ml	Vidutinė kvadratinė paklaida, ml	Gauta vertė, ml
Šviežiai išspaustos apelsinų	7,2	7,4	7,3	0,1	$7,3 \pm 0,1$
CIDO apelsinų	5,5	5,5	5,4	0,08	$5,5 \pm 0,1$
Šviežiai išspaustos obuolių	3,0	3,1	3,0	0,09	$3,0 \pm 0,1$
CIDO obuolių	1,0	0,85	1,0	0,1	$1,0 \pm 0,1$

Titravimo, kaip tiesioginio matavimo, vidutinė kvadratinė paklaida apskaičiuojama:

$$S(V_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{V} - V_i)^2}{n-1}}.$$

Titravimas buvo atliekamas biurete, kurios sisteminė paklaida  $P(\text{sist}) = 0,1$  ml. Titravimo paklaida apskaičiuojama sudėjus sisteminės ir standartinės paklaidos kvadratus ir iš gauto rezultato ištraukus kvadratinę šaknį:

$$\Delta V_1 = \sqrt{(S^2(V_1) + P^2(\text{sist}))}$$

Atlikus atitinkamus skaičiavimus gaunama, kad titravimo paklaida visais atvejais lygi 0,1 ml.

Vitamino C koncentracija, apskaičiuota pagal ekvivalentų dėsnį, reiškia mol/l. Ji perskaičiuojama į maisto pramonėje priimtus vienetus mg/100 ml sulčių. Koncentracijos paklaida apskaičiuojama pagal pateiktą formulę:

$$\Delta C_2 = \frac{C_1}{V_2} \Delta(V_1)$$

Skaičiavimų rezultatai pateikti 11 lentelėje.

**11 lentelė.** Vitamino C koncentracija vaisių sultyse

Vaisių sultys	Vitamino C koncentracija, mg/100 ml
Šviežiai išspaustos apelsinų	64,3 ± 0,9
CIDO apelsinų	48 ± 0,9
Šviežiai išspaustos obuolių	26,4 ± 0,9
CIDO obuolių	8,8 ± 0,9

#### Mokiniai padaro išvadas

- Palyginkite vitamino C koncentraciją šviežiai išspaustose sultyse ir iš prekybos tinklo.
- Palyginkite vitamino C koncentraciją skirtingų vaisių sultyse.
- Įvertinkite, kokiam vienu ar kitu sulčių tūryje yra vitamino C dienos norma.

## V. Vaisių sulčių pH ir elektrinio laidumo nustatymas

#### Eksperimento priemonės:

- NOVA5000;
- temperatūros jutiklis;
- elektrinio laidumo jutiklis;
- pH jutiklis;
- matavimo kolba;
- 200 ml stiklinės;
- plovimo indas su distiliuotu vandeniu;
- pipetės.

#### Reagentai:

- 0,01 M KCl standartinis tirpalas
- vaisių sultys, išspaustos rankiniu būdu arba iš prekybos.


Vandenilinis rodiklis ir elektrinis laidis nustatomi selektyviais jutikliais. Matavimo duomenys surenkami NOVA5000 duomenų kaupiklyje.

Elektrinio laidžio jutikliu galima išmatuoti tirpalų savitąjį elektrinį laidį 0–20 mS/cm intervale. Jei kiti elektrocheminio tipo jutikliai (deguonies, pH) prijungti prie to paties duomenų registravimo įrenginio ir įmerkti į tą patį tirpalą, jų signalai gali vienas kitam trukdyti, todėl jutiklius reikia laikyti kiek įmanoma toliau vienas nuo kito.

Nors elektrinio laidžio jutiklis, kaip ir pH jutiklis, vartotojui pateikiamas sukalibruotas, atliekant tikslius matavimus rekomenduojama atlikti kalibravimą. Tuo tikslu jutiklio stiprintuvo užpakalinėje sienelėje yra kalibravimo varžtas.

## Darbo eiga

### 1. Elektrinio laidumo jutiklio kalibravimas

- 1.1. Patikrinkite, ar laidžio jutiklis švarus.
- 1.2. Prie pirmojo kaupiklio įvado prijunkite temperatūros jutiklį, prie antrojo – elektrinio laidžio jutiklį.
- 1.3. Įmerkite jutiklius į 0,01 M KCl tirpalą, ar kitą tirpalą, kurio elektrinio laidžio priklausomybė nuo temperatūros žinoma.
- 1.4. Gerai išmaišykite, kad nesusidarytų oro burbuliukų ant laidžio jutiklio elektrodo, ir pradėkite matuoti, paspaudę  (Run).
- 1.5. Atsuktuvu atsargiai sukite kalibravimo varžtą, kol rodmenys atitiks 12 lentelėje nurodytas vertes (atitinkančias tirpalo temperatūrą).

12 lentelė. 0,01 M KCl tirpalo standartinis elektrinis laidumas

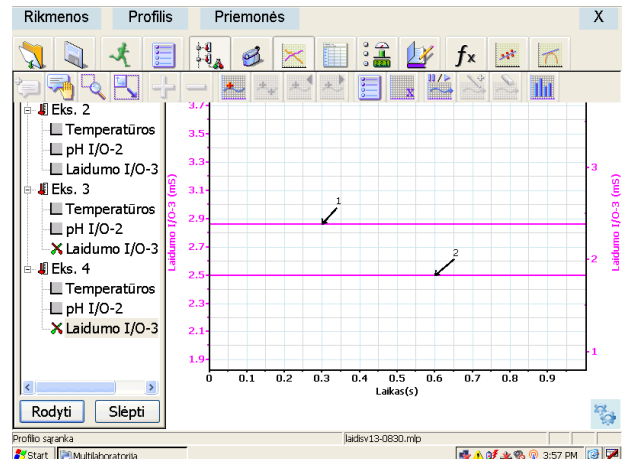
Temperatūra, °C	Standartinis laidumas, $\mu\text{S}/\text{cm}$
0	776
5	896
10	1020
15	1147
16	1173
17	1199
18	1225
19	1351
20	1278
21	1305
22	1332
23	1359
24	1386
25	1413

### 2. Mėginių matavimas




- 2.1. Laboratoriniame stove įtvirtinami pH ir elektrinio laidžio jutikliai.
- 2.2. Įjungiamas NOVA5000.
- 2.3. Prie duomenų kaupiklio pirmojo įvado prijungiamas temperatūros jutiklis.
- 2.4. pH elektrodas sujungiamas su stiprintuvu ir per jį prijungiamas prie antrojo įvado.
- 2.5. Elektrinio laidžio elektrodas per stiprintuvą prijungiamas prie trečiojo kaupiklio įvado.
- 2.6. Visi jutikliai nuplaunami distiliuotu vandeniu, atsargiai nusausinami ir įmerkami į pastatytą ant magnetinės maišyklės stiklinę su paruoštomis sultimis (100 ml) (7 pav.).



7 pav. Sulčių pH ir elektrinio laidumo matavimo stendas



8 pav. Natūralių apelsinų (1) ir obuolių (2) sulčių elektrinio laidumo matavimas.

- 2.7. NOVA5000 programinė įranga automatiškai atpažįsta jutiklius.
- 2.8. Pagrindinėje įrankių juostoje spaudžiamas mygtukas  (*Sąranka*) ir atsivėrusiame lange paspaudus *Norma* nustatomas duomenų rinkimo dažnis (10 matavimų per sekundę), o paspaudus *Matavimai* nustatomas matavimų skaičius (pvz., 2000; jei rodmenys nusistovi anksčiau, matavimus galima sustabdyti paspaudus  (*Stop*)).
- 2.9. Elektrodai iškeliami iš mėginio, kruopščiai nuplaunami vandeniu ir nusausinami.
- 2.10. Galima pradėti kito mėginio matavimus (8 pav.).
- 2.11. Pabaigus visus matavimus duomenys išsaugomi paspaudus  (*Save*).

### 3. Matavimų duomenys

Ištirtų apelsinų ir obuolių sulčių duomenys pateikti 13 lentelėje.

13 lentelė. Apelsinų ir obuolių sulčių pH ir savitojo laidumo matavimų duomenys. Tirpalų temperatūra 22 °C.

Sulčių pavadinimas	pH	Savitasis laidumas, mS/cm
Šviežiai išspaustos apelsinų	3,82	2,89
CIDO apelsinų	4,05	3,41
Šviežiai išspaustos obuolių	4,09	1,96
CIDO obuolių	3,77	2,04

### Mokiniai padaro išvadas:

- Palyginkite vienos rūšies šviežiai išspaustų ir parduodamų sulčių pH vertes. Kas sąlygoja pH vertę sultyse?
- Palyginkite vienos rūšies šviežiai išspaustų ir parduodamų sulčių savitojo laidžio vertes.
- Kokie junginiai sąlygoja sulčių laidį?
- Palyginkite ištirtų apelsinų ir obuolių sulčių pH ir savitojo laidžio vertes.
- Ar priklauso sulčių pH ir laidis nuo jų rūšies? Auginimo ir klimatinių sąlygų? Vaisiaus veislės? Suprojektuokite eksperimentą taip, kad gautumėte atsakymą į vieną iš klausimų.

### KONTROLINIAI KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Paaiškinkite, kaip priklauso	1. Elektrodo potencialas yra proporcingas jonų

<p>selektyvaus elektrodo potencialas nuo atitinkamų jonų koncentracijos.</p>	<p>koncentracijos logaritmui (jeigu tirpalo joninė jėga yra didelė ir pastovi):</p> $E = E_0 + \frac{RT}{nF} \log C,$ <p>čia <math>E</math> – išmatuotas potencialas, <math>E_0</math> – etaloninio elektrodo potencialas, <math>R</math> – universalioji dujų konstanta, <math>T</math> – temperatūra Kelvino skalėje, <math>n</math> – jono krūvis, <math>F</math> – Faradėjaus konstanta, <math>C</math> – jonų koncentracija.</p>
<p>2. Ką vadiname tirpalo jonine jėga?</p>	<p>2. Visų tirpale esančių jonų elektrostatinės sąveikos matas yra tirpalo joninė jėga. Ji priklauso ne tik nuo jonų koncentracijos, bet ir nuo jonų krūvio:</p> $I = 0,5 \sum_{j=1}^n c_j z_j^2,$ <p>čia <math>I</math> – tirpalo joninė jėga; <math>c_j</math> – atskirų tirpale esančių jonų koncentracija mol · l<sup>-1</sup>; <math>z_j</math> – jonų krūviai.</p>
<p>3. Kodėl nitratų perteklius sultyse yra neigiamas reiškinys?</p>	<p>3. Didelės nitratų dozės, gaunamos su sultimis, gali būti toksiškos: organizme tam tikromis sąlygomis redukuojasi iki nitritų, kurie gali jungtis su aminais, sudarydami kancerogeninius junginius <i>nitrozoaminus</i>. Nitritai taip pat gali jungtis su hemoglobinu ir slopinti deguonies pernašą į organizmo ląsteles.</p>

#### 4.11. VANDENS, ESANČIO MOLINIAME AŠOTYJE, ŠILUMOS KITIMO TYRIMAS

##### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Integruotas gamtos mokslų kursas

##### 1. Metodologiniai klausimai

###### Nuostata

Gamtos reiškinius, gamtos mokslų raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.

###### Esminis gebėjimas

Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę, gamtos mokslų žinių santykinumo ir kaitos aspektus.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.1. Taisyklingai vartoti gamtos mokslų terminus.	1.1.1. Nusakyti gamtos mokslų terminus: <i>mokslinis faktas, sąvoka, modelis, hipotezė, dėsnis ir principas, teorija, vienetai, teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai.</i>
1.2. Susiplanuoti ir atlikti nesudėtingus tyrimus.	1.2.1. Apibūdinti tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados.

##### 8. Energija ir fizikiniai procesai

###### Nuostata

Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.

###### Esminis gebėjimas

Taikyti gamtos mokslų žinias analizuojant gamtos reiškinius.

Gebėjimai	Žinios ir supratimas
8.1. Analizuoti reiškinius, remiantis pagrindiniais molekulinės kinetinės teorijos teiginiais.	8.1.2. Apibūdinti fazinius virsmus: lydymąsi ir kristalizaciją, garavimą ir kondensaciją, virimą, pateikti jų pavyzdžių. 8.1.3. Nusakyti oro drėgmės reikšmę žmogui ir jo aplinkai.
8.2. Taikyti energijos tvermės dėsnį įvairių fizikinių energijos virsmų atveju.	8.2.1. Nusakyti temperatūrą kaip vidinės kūno energijos matą. 8.2.2. Apibūdinti parametrus, nusakančius fazinius virsmus (virsmų temperatūras, savitąsias šilumas). 8.2.3. Apibūdinti vidinę energiją ir jos kitimo būdus (mechaninis darbas, šilumos kiekis).

##### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Šilumos perdavimo būdas, kai šiluma sklinda iš vieno besiliečiančio kūno į kitą kūną arba kūno viduje, vadinamas šiluminiu laidumu. Medžiagos, kurios šilumą praleidžia labai gerai, vadinamos šilumos laidininkais (pvz.: sidabras, varis, auksas ir kt. metalai). Medžiagos, kuriomis šiluma beveik nesklinda, vadinamos šilumos izoliatoriais (pvz.: plastikai, mediena, stiklas, oras ir kt.).

Kūnų temperatūra matuojama įvairių tipų termometrais. Matavimo taisyklė paprasta: termometras tam tikrą laiką turi būti sąlytyje su kūnu, kad kūno ir termometro temperatūra susilygintų, kol nusistovi *šiluminė pusiausvyra*. Tada termometro rodmenys nekinta. Kūną pašildžius, tarp jo ir termometro susidaro kita šiluminė pusiausvyra, termometras rodo kitą temperatūrą. Vadinasi, *temperatūra apibūdina kūnų šiluminės pusiausvyros būseną*. Kalbant apie šiluminę būseną, sumaišius skirtingos temperatūros dujas, molekulių netvarkingo slenkamojo judėjimo vidutinė kinetinė energija susilygina, nusistovi bendra temperatūra. Sakoma, kad *temperatūra yra molekulių netvarkingo judėjimo vidutinės kinetinės energijos matas*.

Skysčio molekulių greitis toje pačioje temperatūroje nevienodas. Didžiausių greičių molekulės nugali kitų molekulių trauką, išlekia iš skysčio, sakome, *skystis garuoja*. Netekęs molekulių su didesne kinetine energija, garuodamas *skystis aušta*. Iš skysčio išlėkusios molekulės juda netvarkingai, susitelkia prie skysčio paviršiaus. Kai kurios grįžta atgal į skystį, *garai kondensuojasi*. Uždarame inde gali susidaryti sąlygos – kiek skysčio molekulių išlekia, tiek garų



molekulių per tą patį laiką atgal grįžta į skystį. Tokie garai, kurie yra dinaminėje pusiausvyroje su skysčiu, vadinami *sočiaisiais garais*.

Žemė vienintelė planeta, kurios paviršiuje daug vandens. Atmosferoje yra vandens garų, kurie turi įtakos procesams, vykstantiems Žemės paviršiuje. Vandens garų kiekis atmosferoje vadinamas *oro drėgme*, kuri nuolat kinta. Drėgmė svarbi augmenijai, turi įtakos gyvūnams. Nuo oro drėgmės priklauso žmogaus savijauta. Oro drėgmė veikia pastatus, meno kūrinius. Svarbu tinkamą drėgmę palaikyti gyvenamosiose patalpose, ypač saugant vaisius, daržoves, maisto produktus.

Ore esantieji vandens garai paprastai yra *nesotieji*, jų slėgis mažesnis už sočiųjų garų slėgį duotoje temperatūroje. Palyginus esančių ore vandens garų slėgį su sočiųjų garų slėgiu toje pat temperatūroje, sprendžiama apie oro drėgmę. Tam pagelbsti oro absoliutinės drėgmės ir santykinės drėgmės sąvokos. Galima lyginti garų tankius.

Oro santykinė drėgmė parodo, ar vandens garai ore dar toli iki sočiųjų. Santykinė drėgmė  $\varphi$  vadinamas procentais išreikštas absoliutinės drėgmės slėgio  $p_a$  ir vandens sočiųjų garų oro tam tikroje temperatūroje slėgio  $p_s$  santykis:

$$\varphi = \frac{p_a}{p_s} \cdot 100\%.$$

Santykinę drėgmę galima apskaičiuoti absoliutinės drėgmės garų tankio  $\rho_a$  ir sočiųjų vandens garų tam tikroje temperatūroje tankio  $\rho_s$  santykiu:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_s} \cdot 100\%.$$

Gera savijautai reikalinga santykinė drėgmė nuo 40% iki 60%. Žiemą šildomose gyvenamosiose patalpose santykinė drėgmė nesiekia 20%. Greitai išdžiūsta nosies, gerklės gleivinės, plaučiai, lauke galima peršalti ir susirgti. Žiemą gyvenamąsias patalpas reikia drėkinti.

Antikos laikotarpiu klajojančios gentys, gyvenusios karštosiose ir sausose vietovėse, vandenį laikydavo moliniuose ąsočiuose. Nepaisant aplinkos karščio vanduo išlikdavo šaltas. Molis yra poringa medžiaga, todėl vanduo gali prasiskverbti per jį. Kaip ši savybė susijusi su vandens šaldymu? Koks šio fenomeno mechanizmas?

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t.y. žinodami iš fizikos ir biologijos, kas yra temperatūra, drėgmė, kaip vyksta šiluminė apykaita, atlieka matavimus, nubraižo temperatūros ir drėgmės grafikus ir nustato vandens šilumos kitimą moliniame ąsotyje

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę gamtos mokslų laboratoriją **Nova5000**.

Darbą siūloma atlikti praėjus fizikos ir biologijos atitinkamas temas. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai matuoti drėgmę ir temperatūrą, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

Gilesni šio integruoto mokymo tyrimai gali būti atliekami **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Jį atliekant mokiniams žinoma tyrimo tema, tačiau tyrimo eiga nėra pateikiama. Mokiniam pateikiamos reikalingos priemonės darbui atlikti ir suformuluojama problema. Mokiniai formuluoja hipotezę ir patys planuoja darbo eigą. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai, ieškant teisingo darbo eigos būdo.

**II lygmuo**  
**Struktūruotas tyrinėjimas**

**Tyrimo problema.** Kaip vyksta vandens, esančio moliniame ąsotyje, šilumos kitimas.

**Tyrimo hipotezė.** Išsiskiriant šilumai iš molinio ąsočio į aplinką vandens temperatūra mažėja, o aplinkos drėgmė didėja

**Eksperimento tikslas** – ištirti vandens temperatūros ir aplinkos drėgmės kitimą šilumai išsiskiriant iš molinio ąsočio į aplinką.

**Laukiami rezultatai:**

- Žinos kas yra temperatūra, drėgmė, šiluminis laidis.
- Žinos, kaip vyksta šilumos apykaita.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti temperatūros priklausomybės nuo laiko  $T = f(t)$  grafiką.
- Mokės gauti drėgmės priklausomybės nuo laiko  $\varphi = f(t)$  grafiką.
- Gebės paaiškinti temperatūros ir drėgmės grafikų pokyčius.


\*čia  $T$  – žymima temperatūra, o  $t$  – laikas

**Eksperimento priemonės:**

- Nova5000;
- 2 temperatūros jutikliai (nuo -25 °C iki 110 °C);
- 2 drėgmės jutikliai;
- 2 moliniai ąsočiai;
- 2 dangteliai ąsočiams uždengti. Dangteliai su skylėmis temperatūros jutikliams įdėti;
- Plastikinis maišelis;
- Karštas vanduo (apie 70 °C);
- Raištelis plastikiniam maišeliui užrišti.

**Darbo eiga:**

**1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Prijunkite 2 drėgmės jutiklius prie Nova5000 (*Įvestis1 (Input1), Įvestis2 (Input2)*).
- 1.2. Prijunkite 2 temperatūros jutiklius prie Nova5000 (*Įvestis3 (Input3), Įvestis4 (Input4)*).
- 1.3. Prieš pradėdami eksperimentą dar kartą patikrinkite, kuris temperatūros jutiklis prijungtas prie 3, kuris prie 4 įvesties.
- 1.4. Įjunkite Nova5000 ir atidarykite programą *MultiLab*.
- 1.5. Paspauskite mygtuką  (*Setup*) ir nustatykite duomenų kaupiklio parametrus, kaip parodyta 1 lentelėje ir paspauskite *OK*.

**1 lentelė.** Duomenų kaupiklio nustatymas

<b>JUTIKLIAI</b>		
Drėgmės	Įvestis 1/Input 1	
Drėgmės	Įvestis 2/Input 2	
Temperatūros	Įvestis 3/Input 3	nuo -25 °C iki 110 °C
Temperatūros	Įvestis 4/Input 4	nuo -25 °C iki 110 °C
<b>NORMA</b>		
	Kas sekundę	
<b>MATAVIMAI</b>		
	2000 matavimų	



## 2. *Matavimų procedūros:*

2.1. Parenkite priemones taip, kaip parodyta 1 paveiksle:

- Į ąsočius įpilkite vienodą kiekį vienodos temperatūros vandens (maždaug 2/3 ąsočio tūrio).
- Įdėkite 1 molinį ąsotį į plastikinį maišelį. Temperatūros jutiklius įkiškite į kiekvieno dangtelio skylę. Vieną drėgmės jutiklį įdėkite į plastikinį maišelį, antrąjį – palikite prie 2 ąsočio.
- Plastmasinį maišelį, kuriame yra ąsotis, užriškite.



1 pav. Eksperimento parengimas

- 2.2. Paspauskite mygtuką  (*Run*) ir pradėkite matavimus.
- 2.3. Fiksuokite drėgmės pokyčius aplinkoje ir plastikiniame maišelyje apie 10 minučių.
- 2.4. Fiksuokite temperatūros pokyčius abiejuose ąsočiuose.
- 2.5. Po 10 min. išimkite ąsotį iš maišelio.
- 2.6. Stebėkite drėgmės ir temperatūros pokyčius dar 10–15 minučių.
- 2.7. Pokyčius galite stebėti ir ilgiau, palikę *Nova5000* veikti dar keletą valandų. Nepamirškite nustatyti duomenų skaičių atitinkamam laikui.
- 2.8. Paspauskite mygtuką  (*Save*) ir išsaugokite duomenis.

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

3.1. Atidarykite gautus temperatūros grafikus (2 pav.): duomenų medyje pažymėkite grafiko piktogramą ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti (Show)*.

3.2. Naudodami žymeklius nustatykite temperatūros pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius:

- 1 ąsotis yra plastikiniame maišelyje:

$$T_1 =$$

$$T_2 =$$

$$\Delta T =$$

- ąsotis kambaryje:

$$T_1 =$$

$$T_2 =$$

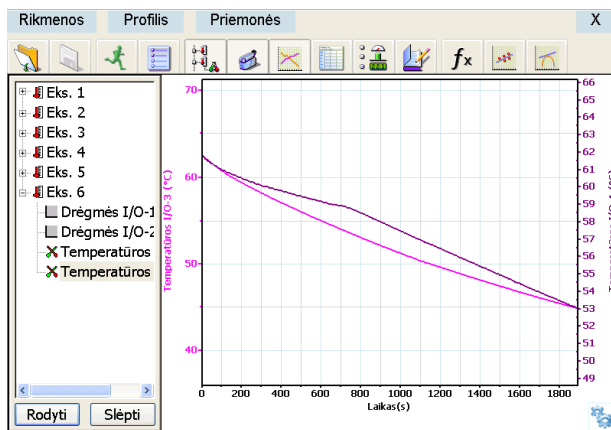
$$\Delta T =$$

- 1 ąsotis ištrauktas iš plastikinio maišelio:

$$T_1 =$$

$$T_2 =$$

$$\Delta T =$$



2 pav.  $T = f(t)$  grafikai (Violetinė spalva žymi 1 ąsotį maišelyje, rožinė – 2 ąsotį).

3.3. Atidarykite gautus drėgmės grafikus (3 pav.): duomenų medyje pažymėkite grafiko piktogramą ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti* (*Show*).

3.4. Naudodami žymeklius nustatykite drėgmės pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius, kai drėgmės jutiklis yra:

- 1 ąsočio plastikiniame maišelyje:

$$\rho_1 =$$

$$\rho_2 =$$

$$\Delta\rho =$$

- Ištraukus 1 ąsočių iš plastikinio maišelio:

$$\rho_1 =$$

$$\rho_2 =$$

$$\Delta\rho =$$

- Šalia 2 ąsočio kambaryje:

$$\rho_1 =$$

$$\rho_2 =$$

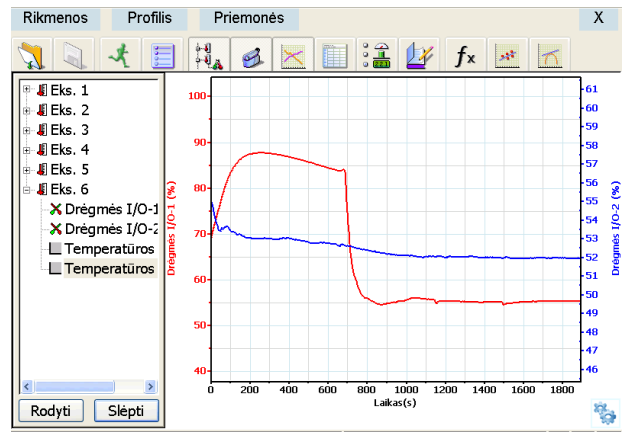
$$\Delta\rho =$$

3.5. Į vieną paveikslą sudėkite 1 ąsočio temperatūros ir drėgmės grafikus (4 pav.).

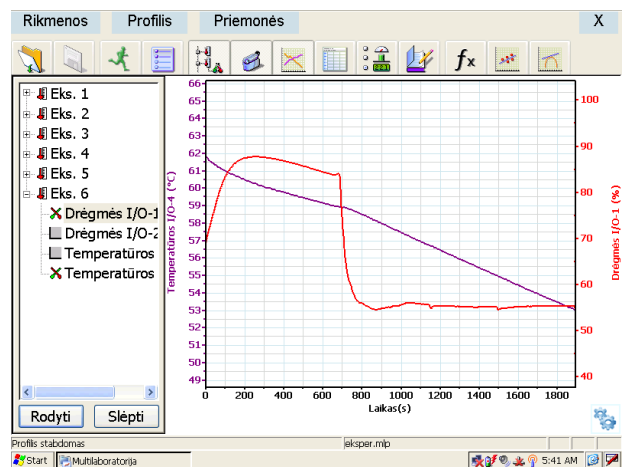
3.6. Į vieną paveikslą sudėkite 2 ąsočio temperatūros ir drėgmės grafikus (5 pav.).

3.7. Atsakykite į klausimus ir paaiškinkite:

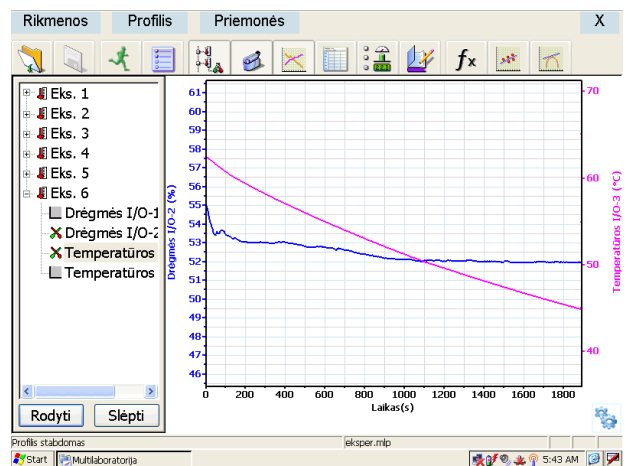
- Kokia plastikinio maišelio įtaka:
  - Drėgmei maišelio viduje?
  - Vandens temperatūros pokyčiui ąsotyje?
- Palyginkite temperatūros pokyčius abiejuose ąsočiuose: ar jie tokie patys? Paaiškinkite skirtumus.
- Kodėl eksperimento metu ąsočio sienelės buvo drėgnos?
- Kodėl drėgmė maišelyje sumažėjo tuoj pat išėmus ąsočių?
- Kas atsitiko plastikiniame maišelyje susikaupusiam vandeniui?



3 pav.  $\rho = f(t)$  grafikas (Raudona spalva žymi 1 ąsočių maišelyje, mėlyna – 2 ąsočių).



4 pav. 1 ąsočio temperatūros (violetinė) ir drėgmės (raudona) grafikai



5 pav. 2 ąsočio temperatūros (rožinė) ir drėgmės (mėlyna) grafikai

### Mokiniai padaro išvadas:

- apie šilumos kitimą ąsočiuose;
- apie molinio ąsočio ir žmogaus kūno prakaitavimo analogą.



## Žymeklių naudojimas



Žymeklius galima naudoti atskirai po vieną arba abu vienu metu.

Pirmasis žymeklis naudojamas atskiroms matavimo reikšmėms parodyti, kreivei pasirinkti ar paslėptai Y ašiai atskleisti.


Antrasis žymeklis naudojamas skirtumui tarp dviejų koordinacių verčių parodyti ar duomenų taškams pažymėti.


**Pirmojo žymeklio (First cursor) naudojimas:** du kartus spragtelėkite ant matavimo taško arba First cursor grafiko įrankių juostoje. Pele galite nutempti žymeklį ant kito taško ar ant kito grafiko lauko. Patogesniai naudojimui rinkitės žymeklius Forward  ir Backward .

Pažymėto taško koordinacių reikšmes matysite informacinėje juostoje grafiko lango apačioje.

**Antrojo žymeklio (Second cursor) naudojimas:** du kartus spragtelėkite bet kurioje grafiko vietoje arba Second cursor. Informacinėje juostoje matysite skirtumą tarp dviejų koordinacių verčių.

Žymeklių panaikinimas:

spragtelėkite  antrajam žymekliui panaikinti

ir  pirmajam žymekliui panaikinti.

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Ką apibūdina temperatūra?	1. Temperatūra apibūdina kūnų šiluminės pusiausvyros būseną.
2. Kas yra temperatūra?	2. Temperatūra yra molekulių netvarkingo judėjimo vidutinės kinetinės energijos matas.
3. Kas yra oro drėgmė?	3. Vandens garų kiekis atmosferoje vadinamas oro drėgme.

## III lygmuo Koordinuotas tyrinėjimas

### EKSPERIMENTAS

1. Prijunkite papildomą temperatūros jutiklį ir įdėkite jį į plastikinį maišelį. Stebėkite temperatūros pokyčius maišelyje ir ąsočio viduje.

2. Sukurkite oro srautą (pvz., oro kondicionieriumi) aplink ąsočius ir stebėkite jo poveikį šilumos praradimui.

3. Pradėkite eksperimentą su skirtingų temperatūrų vandeniu ir palyginkite šilumos praradimą kiekvienu atveju.

4. Padidinkite aplinkos drėgmę ir išmatuokite jos įtaką šilumos praradimui.

## 4.12. ŽMOGAUS KŪNO IR APLINKOS ŠILUMOS APYKAITOS TYRIMAS ŽMOGUI PRAKAITUOJANT

### Bendrosios programos

Vidurinis ugdymas. Integruotas gamtos mokslų kursas

<b>1. Metodologiniai klausimai</b>	
<b>Nuostata</b> Gamtos reiškinius, gamtos mokslų raidą, vaidmenį ir reikšmę vertinti remiantis mokslo žiniomis.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Analizuoti mokslinių atradimų reikšmę, gamtos mokslų žinių santykinumo ir kaitos aspektus.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
1.1. Taisyklingai vartoti gamtos mokslų terminus.	1.1.1. Nusakyti gamtos mokslų terminus: <i>mokslinis faktas, sąvoka, modelis, hipotezė, dėsnis ir principas, teorija, vienetai, teoriniai ir eksperimentiniai tyrimai.</i>
1.2. Susiplanuoti ir atlikti nesudėtingus tyrimus.	1.2.1. Apibūdinti tyrimo eigą: problema, hipotezė, stebėjimas ar bandymas, rezultatai, išvados.

<b>8. Energija ir fizikiniai procesai</b>	
<b>Nuostata</b> Efektyviai vartoti energijos išteklius siekiant saugoti gamtą.	
<b>Esminis gebėjimas</b> Taikyti gamtos mokslų žinias analizuojant gamtos reiškinius.	
Gebėjimai	Žinios ir supratimas
8.1. Analizuoti reiškinius, remiantis pagrindiniais molekulinės kinetinės teorijos teiginiais.	8.1.2. Apibūdinti fazinius virsmus: lydymąsi ir kristalizaciją, garavimą ir kondensaciją, virimą, pateikti jų pavyzdžių. 8.1.3. Nusakyti oro drėgmės reikšmę žmogui ir jo aplinkai.
8.2. Taikyti energijos tvermės dėsnį įvairių fizikinių energijos virsmų atveju.	8.2.1. Nusakyti temperatūrą kaip vidinės kūno energijos matą. 8.2.2. Apibūdinti parametrus, nusakančius fazinius virsmus (virsmų temperatūras, savitąsias šilumas). 8.2.3. Apibūdinti vidinę energiją ir jos kitimo būdus (mechaninis darbas, šilumos kiekis).

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Kūnų temperatūra matuojama įvairių tipų termometrais. Matavimo taisyklė paprasta: termometras tam tikrą laiką turi būti sąlytyje su kūnu, kad kūno ir termometro temperatūra susilygintų, kol nusistovi *šiluminė pusiausvyra*. Tada termometro rodmenys nekinta. Kūną pašildžius, tarp jo ir termometro susidaro kita šiluminė pusiausvyra, termometras rodo kitą temperatūrą. Vadinasi, *temperatūra apibūdina kūnų šiluminės pusiausvyros būseną*. Kalbant apie šiluminę būseną, sumaišius skirtingos temperatūros dujas, molekulių netvarkingo slenkamojo judėjimo vidutinė kinetinė energija susilygina, nusistovi bendra temperatūra. Sakoma, kad *temperatūra yra molekulių netvarkingo judėjimo vidutinės kinetinės energijos matas*.

Skysčio molekulių greitis toje pačioje temperatūroje nevienodas. Didžiausių greičių molekulės nugali kitų molekulių trauką, išlekia iš skysčio, sakome, *skystis garuoja*. Netekęs molekulių su didesne kinetine energija, garuodamas *skystis aušta*.

Iš skysčio išlėkusios molekulės juda netvarkingai, susitelkia prie skysčio paviršiaus. Kai kurios grįžta atgal į skystį, *garai kondensuojasi*. Uždarame inde gali susidaryti sąlygos – kiek skysčio molekulių išlekia, tiek garų molekulių per tą patį laiką atgal grįžta į skystį. Tokie garai, kurie yra dinaminėje pusiausvyroje su skysčiu, vadinami *sočiaisiais garais*.

Žemė vienintelė planeta, kurios paviršiuje daug vandens. Atmosferoje yra vandens garų, kurie turi įtakos procesams, vykstantiems Žemės paviršiuje. Vandens garų kiekis atmosferoje



vadinamas *oro drėgme*, kuri nuolat kinta. Drėgmė svarbi augmenijai, turi įtakos gyvūnams. Nuo oro drėgmės priklauso žmogaus savijauta. Oro drėgmė veikia pastatus, meno kūrinius. Svarbu tinkamą drėgmę palaikyti gyvenamosiose patalpose, ypač saugant vaisius, daržoves, maisto produktus.

Ore esantieji vandens garai paprastai yra *nesotieji*, jų slėgis mažesnis už sočiųjų garų slėgį duotoje temperatūroje. Palyginus esančių ore vandens garų slėgį su sočiųjų garų slėgiu toje pat temperatūroje, sprendžiama apie oro drėgmę. Tam pagelbsti oro absoliutinės drėgmės ir santykinės drėgmės sąvokos. Galima lyginti garų tankius. Oro santykinė drėgmė parodo, ar vandens garai ore dar greitai virstų sočiaisiais. Santykinė drėgmė  $\varphi$  vadinamas procentais išreikštas absoliutinės drėgmės slėgio  $p_a$  ir vandens sočiųjų garų oro tam tikroje temperatūroje slėgio  $p_s$  santykis:

$$\varphi = \frac{p_a}{p_s} \cdot 100\%.$$

Santykinę drėgmę galima apskaičiuoti absoliutinės drėgmės garų tankio  $\rho_a$  ir sočiųjų vandens garų tam tikroje temperatūroje tankio  $\rho_s$  santykiu:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_s} \cdot 100\%.$$

Gerai savijautai reikalinga santykinė drėgmė nuo 40% iki 60%. Žiemą šildomose gyvenamosiose patalpose santykinė drėgmė nesiekia 20%. Greitai išdžiūsta nosies, gerklės gleivinės, plaučiai, lauke galima peršalti ir susirgti. Žiemą gyvenamąsias patalpas reikia drėkinti.

Aukšta aplinkos temperatūra gali pakelti žmogaus kūno temperatūrą. Nors oda jaučia ir išorės temperatūros pokytį, tačiau temperatūros valdymo centras, esantis tarpinėse smegenyse, jautrus tik kraujo temperatūros pokyčiams. Kai kūno temperatūra yra aukštesnė už normalią, valdymo centras siunčia signalus, kurie priverčia odos paviršiuje esančias arterioles išsiplėsti, į jas priteka daugiau šilto kraujo, oda įrausta. Taip pat suaktyvinamos prakaito liaukos, kurios padidina gaminamo prakaito kiekį. Prakaitui išsiliejus į odos paviršių vyksta garavimo procesas. Garai sumažina šilumos kiekį odos paviršiuje, nes vanduo virsdamas garais šilumą naudoja vandeniliniams ryšiams nutraukti. Odos paviršius vėsta atvėsindamas tekančią kraują. Mažėjant aplinkos temperatūrai valdymo centras įjungia šilumos taupymo mechanizmą. Tuomet odos paviršinės arteriolės susitraukia, o giluminės išsiplėčia. Taip išsaugoma normali kūno temperatūra.

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Laboratorinis darbas atliekamas **II lygmeniu**, kaip **struktūruotas tyrinėjimas**. Mokiniam pateikiama nuosekli darbo eiga bei tyrimui atlikti skirtų priemonių sąrašas. Remdamiesi iškeltu tikslu bei dirbdami pagal pateiktą darbo aprašą, mokiniai patikrina suformuluotą hipotezę, t.y. žinodami iš fizikos, kas yra temperatūra, drėgmė, šilumos apykaita, iš biologijos – kaip organizmas palaiko pastovią vandens koncentraciją kraujyje ir kaip oda padeda palaikyti pastovią kūno temperatūrą, atlieka matavimus, nubraižo temperatūros ir drėgmės grafikus ir nustato kokia žmogaus temperatūra ir aplinkos temperatūra bei drėgmė žmogui prakaituojant.

Eksperimentas atliekamas naudojant kompiuterinę gamtos mokslų laboratoriją **Nova5000**.

Darbą siūloma atlikti praėjus fizikos ir biologijos atitinkamas temas. Kadangi šio darbo rezultatai mokiniams nėra iš anksto žinomi, atsiranda galimybė diskusijai grupėse. Rezultatų analizė ir aptarimas efektyvus, kai darbas atliekamas poromis arba grupelėmis po 3–5 mokinius. Šiuo eksperimentu išmokstama praktiškai matuoti drėgmę ir temperatūrą, formuojami eksperimentavimo, grafikų braižymo ir jų analizės įgūdžiai.

Gilesni šio integruoto mokymo tyrimai gali būti atliekami **III lygmeniu**, kaip **koordinuotas tyrinėjimas**. Jį atliekant mokiniams žinoma tyrimo tema, tačiau tyrimo eiga nėra pateikiama. Mokiniam pateikiamos reikalingos priemonės darbui atlikti ir suformuluojama problema. Mokiniai

formuluoja hipotezę ir patys planuoja darbo eigą. Efektyvus darbas grupėse, kadangi ugdomi komunikaciniai gebėjimai, ieškant teisingo darbo eigos būdo.

## EKSPERIMENTAS

### II lygmuo Struktūruotas tyrinėjimas

**Tyrimo problema.** Kokia yra kūno temperatūra ir aplinkos temperatūra bei drėgmė žmogui prakaituojant.

**Tyrimo hipotezė.** Žmogaus kūnui prakaituojant jo aplinkoje yra aukštesnė temperatūra ir išsiskiria didesnė drėgmė.

**Eksperimento tikslas** – nustatyti žmogaus kūno temperatūrą ir aplinkos temperatūrą bei drėgmę žmogui prakaituojant.

#### Laukiami rezultatai:

- Žinos kas yra temperatūra, drėgmė, šiluminė apykaitą.
- Žinos, kaip organizmas palaiko pastovią vandens koncentraciją kraujyje ir kaip oda padeda palaikyti pastovią kūno temperatūrą.
- Gebės pagal instrukciją parengti priemonės darbui.
- Mokės gauti temperatūros priklausomybės nuo laiko  $T = f(t)$ \* grafiką.
- Mokės gauti drėgmės priklausomybės nuo laiko  $\rho = f(t)$  grafiką.
- Gebės paaiškinti temperatūros ir drėgmės grafikų pokyčius.
- Mokės paaiškinti, kokiomis sąlygomis kinta temperatūra ir drėgmė.

\*čia  $T$  – žymima temperatūra, o  $t$  – laikas

#### Eksperimento priemonės:

- Nova5000;
- 2 temperatūros jutikliai ( nuo -25 °C iki 110 °C);
- Drėgmės jutiklis;
- Plastikinis maišelis;
- Siūlai.


#### Darbo eiga:

##### 1. Priemonių parengimas darbui:



- 1.1. Prijunkite temperatūros (*Įvestis1 (Input1)*, *Įvestis2 (Input2)*) ir drėgmės (*Įvestis3 (Input3)*) jutiklius prie Nova5000.
- 1.2. Įjunkite Nova5000 ir atidarykite programą *MultiLab*.

1 lentelė. Duomenų kaupiklio nustatymas

JUTIKLIAI		
Temperatūros	Įvestis 1 / Input 1	nuo -25 °C iki 110 °C
Temperatūros	Įvestis 2 / Input 2	nuo -25 °C iki 110 °C
Drėgmės	Įvestis3 / Input3	
NORMA		
	Kas sekundę	
MATAVIMAI		
	2000 matavimų	

- 1.3. Paspauskite mygtuką  (*Setup*) ir nustatykite duomenų kaupiklio parametrus, kaip parodyta 1 lentelėje, paspauskite *OK*.

2. **Matavimų procedūros:**

- 2.1. Į ranką pirštais paimkite temperatūros jutiklį, kaip parodyta 1 paveiksle.
- 2.2. Paspauskite mygtuką  (Run) ir pradėkite matavimus.
- 2.3. Stebėkite (apie 2–3 minutes) pirštų galiukų temperatūros pokyčius, kol temperatūra nusistovės.
- 2.4. Ranką su temperatūros jutikliu įkiškite į plastikinį maišelį. Į maišelį įdėkite drėgmės jutiklį ir antrą temperatūros jutiklį (2 pav.).
- 2.5. Maišelį užriškite taip, kad oras iš aplinkos nepatektų į maišelį ir atvirkščiai.
- 2.6. Fiksuokite drėgmės ir temperatūros pokyčius apie 10 minučių.
- 2.7. Ištraukite ranką iš maišelio.
- 2.8. Fiksuokite pirštų galiukų temperatūrą ir drėgmės bei temperatūros pokyčius dar 10 minučių.
- 2.9. Paspauskite mygtuką  (Save) ir išsaugokite duomenis.



1 pav. Temperatūros jutiklio prijungimas

3. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 3.1. Gaukite rankos pirštų galiukų ir aplinkos temperatūrų bei aplinkos drėgmės grafikus (3 pav).
- 3.2. Atidarykite gautus temperatūros grafikus (4 pav.): duomenų medyje pažymėkite grafikų piktogramas ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti* (Show).
- 3.3. Naudodami žymeklius nustatykite temperatūros pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius, kai:
  - ranka yra plastikiniame maišelyje:

Pirštų galiukų temperatūra:

$$T_{1P} =$$

$$T_{2P} =$$

$$\Delta T_P =$$

Aplinkos temperatūra:

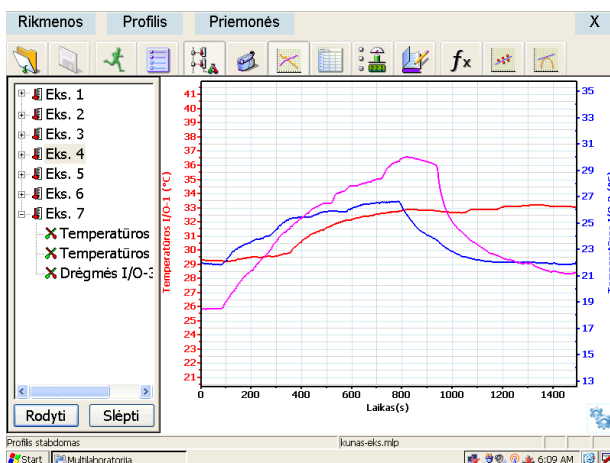
$$T_{1A} =$$

$$T_{2A} =$$

$$\Delta T_A =$$



2 pav. Eksperimento parengimas



3 pav. Eksperimento grafikai

- ranka ištraukta iš maišelio:

Pirštų galiukų temperatūra:

$$T_{1P} =$$

$$T_{2P} =$$

$$\Delta T_P =$$

Aplinkos temperatūra:

$$T_{1A} =$$

$$T_{2A} =$$

$$\Delta T_A =$$

3.4. Atidarykite gautą drėgmės ir aplinkos temperatūros grafikus (5 pav.): duomenų medyje pažymėkite grafiko piktogramą ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti (Show)*.

3.5. Naudodami žymeklius nustatykite drėgmės ir aplinkos temperatūros pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius, kai:

- ranka yra plastikiniame maišelyje:

$$\varphi_1 = T_{1A} =$$

$$\varphi_2 = T_{2A} =$$

$$\Delta\varphi = \Delta T_A =$$

- ranka ištraukta iš maišelio:

$$\varphi_1 = T_{1A} =$$

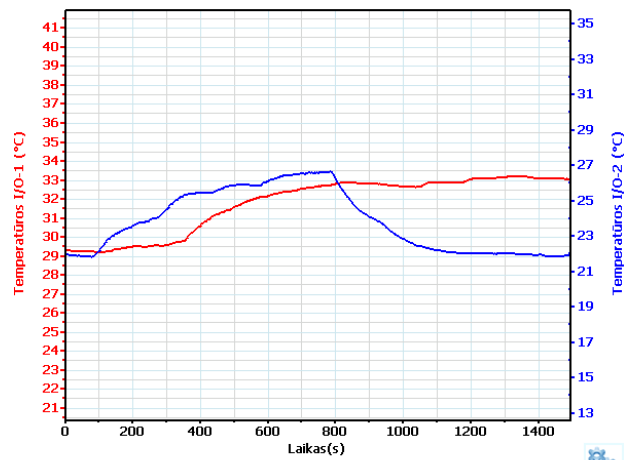
$$\varphi_2 = T_{2A} =$$

$$\Delta\varphi = \Delta T_A =$$

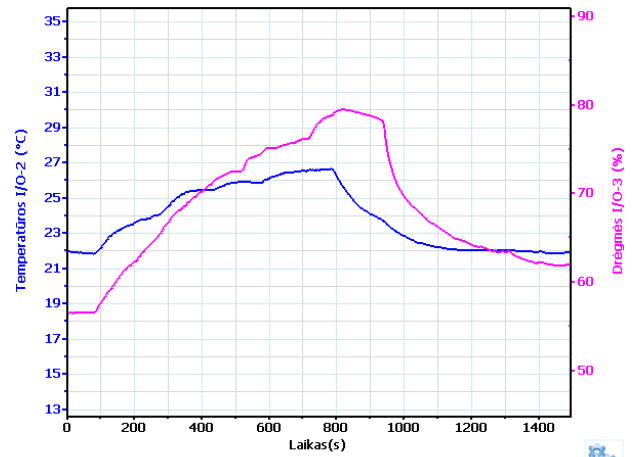
3.6. Apžiūrėkite ranką iš karto ištraukę ją iš maišelio. Ar ji drėgna, ar sausa?

3.7. Atsakykite į klausimus ir paaiškinkite:

- Koks buvo poveikis, kai ranką įkišote į plastikinį maišelį:
  - drėgmės lygiui maišelio viduje?
  - temperatūrai pirštų galiukuose?
  - temperatūrai maišelio viduje?
- Kas sukelia pirštų galiukų temperatūros pokyčius eksperimento metu?
- Ar pastebėjote odos drėgnumo pokyčius eksperimento metu?
- Kodėl drėgmė maišelyje greitai sumažėjo, ištraukus ranką iš maišelio?
- Kas yra sukaupto maišelyje vandens šaltinis?
- Kas atsitinka su maišelyje sukauptu vandeniu, kai ištraukiate ranką iš maišelio?



4 pav. Pirštų galiukų (raudona) ir aplinkos (mėlyna) temperatūrų grafikai



5 pav. Aplinkos temperatūros (mėlyna) ir drėgmės (rožinė) grafikai

### Mokiniai padaro išvadas:

- apie rankos ir aplinkos temperatūras bei drėgmę, kai ranka yra plastikiniame maišelyje;
- apie rankos ir aplinkos temperatūras bei drėgmę ištraukus ranką iš maišelio.

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:



Klausimai	Atsakymai
1. Ką apibūdina temperatūra?	1. Temperatūra apibūdina kūnų šiluminės pusiausvyros būseną.
2. Kas yra temperatūra?	2. Temperatūra yra molekulių netvarkingo judėjimo vidutinės kinetinės energijos matas.
3. Kas yra oro drėgmė?	3. Vandens garų kiekis atmosferoje vadinamas oro drėgme.

### Žymeklių naudojimas

Žymeklius galima naudoti atskirai po vieną arba abu vienu metu.

Pirmasis žymeklis naudojamas atskiroms matavimo reikšmėms parodyti, kreivei pasirinkti ar paslėptai Y ašiai atskleisti.

Antrasis žymeklis naudojamas skirtumui tarp dviejų koordinacių verčių parodyti ar duomenų taškams pažymėti.


**Pirmojo žymeklio (First cursor) naudojimas:** du kartus spragtelėkite ant matavimo taško arba First cursor grafiko įrankių juostoje. Pele galite nutempti žymeklį ant kito taško ar ant kito grafiko lauko. Patogesniai naudojimui rinkitės žymeklius Forward  Backward .

Pažymėto taško koordinacių reikšmes matysite informacinėje juostoje grafiko lango apačioje.

**Antrojo žymeklio (Second cursor) naudojimas:** du kartus spragtelėkite bet kurioje grafiko vietoje arba Second cursor. Informacinėje juostoje matysite skirtumą tarp dviejų koordinacių verčių.

Žymeklių panaikinimas:

spragtelėkite  antrajam žymekliui panaikinti

ir  – pirmajam žymekliui panaikinti.

## III lygmuo Koordinuotas tyrinėjimas

### EKSPERIMENTAS

1. Prijunkite papildomą temperatūros jutiklį prie kitos rankos pirštų galiukų. Palyginkite temperatūros pokyčius, kai viena ranka yra maišelyje, o kita – ne.

2. Atlikite sporto pratimus, laikydami ranką maišelyje, ir matuokite jų įtaką rankos temperatūrai ir drėgmei.

3. Padidinkite aplinkos drėgmę ir pamatuokite jos įtaką šilumos nuostoliams.

4. Sukurkite oro srautą prie rankos. Nuimkite maišelį ir tuoj pat išmatuokite temperatūrą ir drėgmę.

Mo 53 Vykintas Baublys, Regina Čekianienė, Valdas Girdauskas, Arvydas Kanapickas, Nerijus Lamanauskas, Saulius Mickevičius, Palmira Pečiuliauskienė, Lina Ragelienė, Loreta Ragulienė, Jūratė Sitonytė, Violeta Šlekienė, Mindaugas Tamošiūnas, Raimundas Žaltauskas. Mokyklinių fizikos eksperimentų teorija ir praktika. Mokytojo knyga. –Vilnius : 2014. 354 p.

Metodinė priemonė parengta įgyvendinant ESF projektą „Gamtos mokslų mokytojų eksperimentinės veiklos kompetencijos tobulinimas atnaujintų mokymo priemonių ir 9–12 klasių bendrųjų programų pagrindu (VP1-2.2–ŠMM-03-V-01-002)“. Jis atitinka projekto tikslą ir uždavinius bei Gamtamokslinės kompetencijos ugdymo koncepcijos nuostatas.

Metodinėje priemonėje „Mokyklinių fizikos eksperimentų teorija ir praktika. Mokytojo knyga“ aprašomi laboratoriniai darbai, kuriuos galima atlikti pasinaudojus šiuolaikiškais mokymo priemonėmis, tokiomis kaip GLX Explorer, Nova 5000 ir pan. Metodinė priemonė skirta mokytojui dirbti su mokiniais, o taip pat studentams, besiruošiantiems tapti gamtos mokslų mokytojais. Kadangi aprašomos metodikos skiriasi turiniu ir sudėtingumu, todėl kiekvienas mokytojas, žinodamas savo mokinių lygį, galės parinkti tinkamiausias metodikas, sudominti mokinius gamtos mokslais, skatins tapti aktyviais tyrėjais, pažįstančiais mus supantį pasaulį.

UDK 53(072)

ISBN 978-609-8155-01-3

Ekspertavo *Alvida Lozdiene*  
Redagavo *Regina Rinkauskieni*  
Maketavo *Andrius Alkauskas*  
Viršelio dizainerė *Vilmantė Matuliauskieni*





