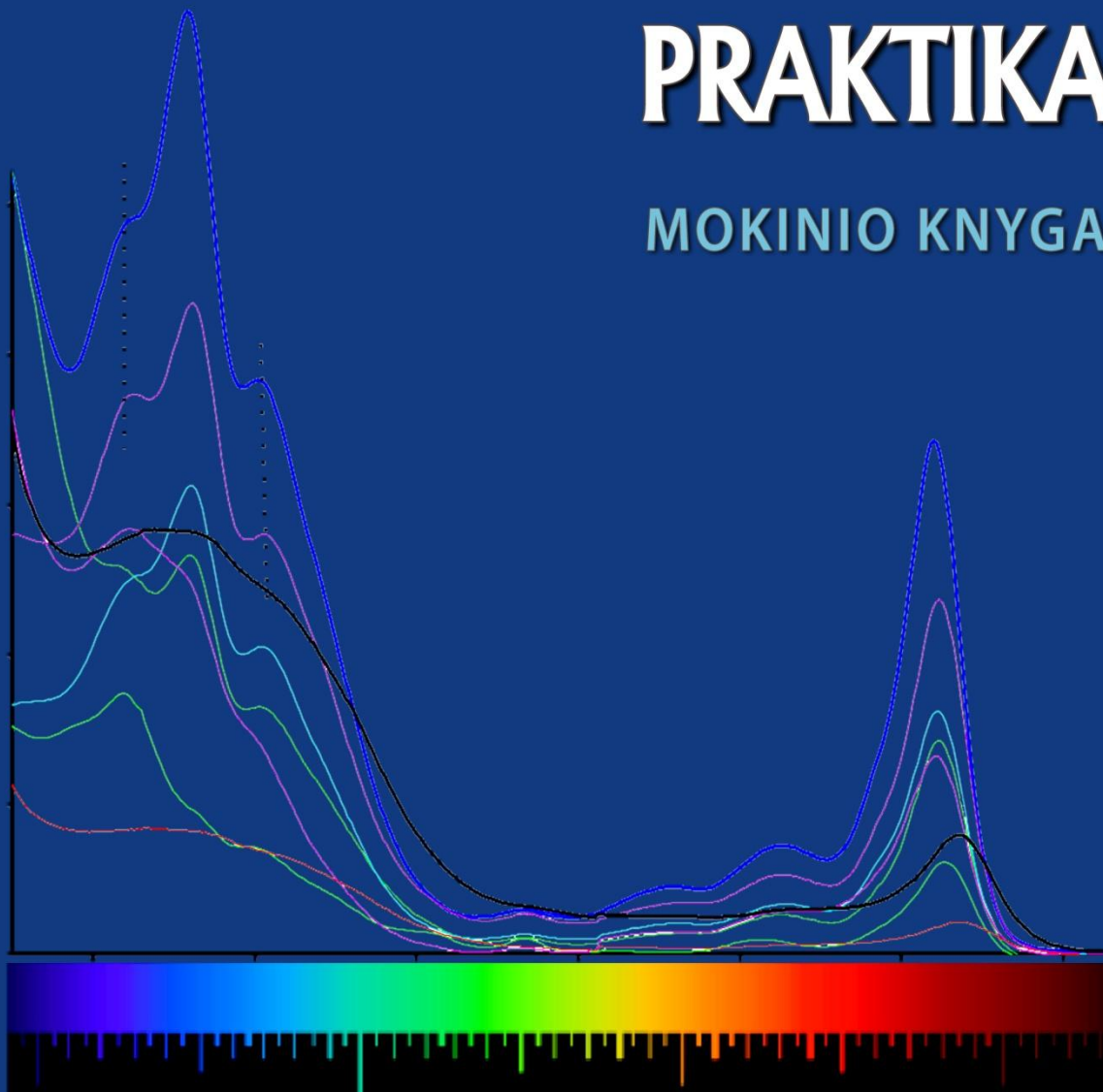




# MOKYKLINIŲ FIZIKOS EKSPERIMENTŲ PRAKTIKA

## MOKINIO KNYGA



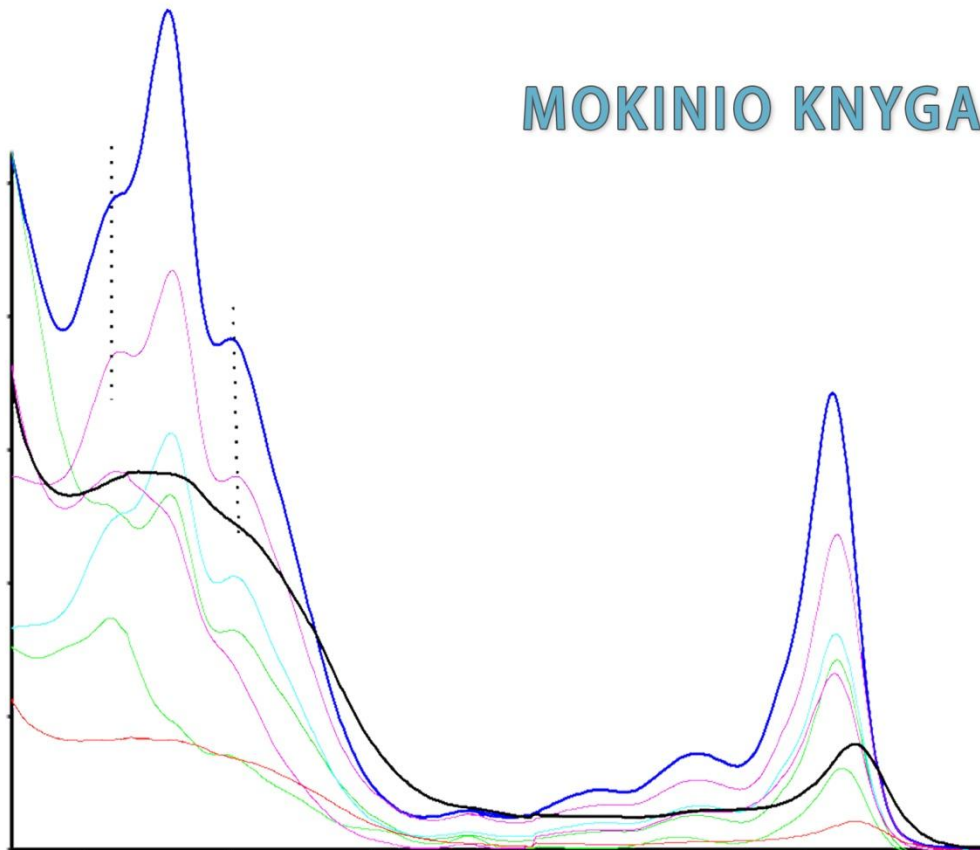




Vykintas Baublys, Regina Čekianienė, Valdas Girdauskas,  
Arvydas Kanapickas, Nerijus Lamanauskas, Saulius Mickevičius,  
Palmira Pečiuliauskienė, Lina Ragelienė, Loreta Ragulienė, Jūratė Sitonytė,  
Violeta Šlekienė, Mindaugas Tamošiūnas, Raimundas Žaltauskas

# MOKYKLINIŲ FIZIKOS EKSPERIMENTŲ PRAKTIKA

## MOKINIO KNYGA



Vilnius, 2014



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 praktika. Mokinio 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 Lamanaukas<sup>1</sup>, Saulius Mickevičius<sup>1</sup>, Palmira Pečiuliauskienė<sup>2</sup>, Lina Ragelienė<sup>1</sup>, Loreta Ragulienė<sup>3</sup>, Violeta Šlekienė<sup>3</sup>, Mindaugas Tamošiūnas<sup>1</sup>, Raimundas Žaltauskas<sup>2</sup>.

Metodinę priemonę sudaro trys skyriai. Pirmajame knygos skyriuje aprašytos kompiuterizuotos mokymo sistemos, pritaikytos gamtamoksliam ugdymui. Antrasis mokinio knygos skyrius yra praktinio pobūdžio, susijęs su fizikos dalyko laboratoriniais darbais. Tyrimai laboratorijoje, konkrečios situacijos analizė, problemų sprendimas gamtos mokslus daro patrauklius, o patį mokymosi procesą įdomesnį ir prasmingesnį. Aprašomos tyrimų metodikos skiriasi tyrimo objektais, veiklų apimtimi ir sudėtingumu, todėl kiekvienas moksleivis, priklausomai nuo pasirengimo lygio, gali pasirinkti tinkamus tyrimus. Trečiasis knygos skyrius yra praktinio tarpdalykinio pobūdžio. Šioje knygoje aprašyti eksperimentai yra išbandyti 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

Turinys.....	5
Pratarmė.....	7
I. KOMPIUTERINIS EKSPERIMENTAS .....	8
1.1 KOMPIUTERIZUOTOS MOKYMO SISTEMOS GAMTAMOKSLINIAM UGDYMIUI.....	8
1.2 NOVA.....	9
1.2.1 NOVA5000 paskirtis ir sandara.....	9
1.2.2 NOVA 5000 išorinės jungtys ir valdymas.....	11
1.2.3 Nova 5000 eksperimentų atlikimas su MultiLab.....	12
1.2.4 Kiti Nova 5000 programų įrankiai.....	14
1.2.5 Būdingos jutiklių charakteristikos .....	15
1.3 Xplorer GLX ĮVADAS.....	19
1.3.1 Xplorer GLX paskirtis ir savybės .....	19
1.3.2 Xplorer GLX išorinės jungtys ir valdymas.....	19
1.3.3 Matavimo atlikimas su Xplorer GLX.....	20
1.3.4 Pagrindinio ekrano funkcijos.....	21
2 DALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI.....	24
2.1 MECHANIKOS LABORATORINIAI DARBAI .....	24
2.1.1 Grafinis judėjimo vaizdavimas (GLX).....	24
2.1.2 Antrojo niutono dėsnio patikrinimas .....	34
2.1.3 Maksimalios statinės ir kinetinės trinties koeficientų nustatymas.....	42
2.1.4 Huko dėsnis .....	51
2.1.5 Šokinėjančio kamuolio energijų virsmai .....	58
2.1.6 Svyruojančio kūno energijos virsmai .....	64
2.2 MAKROSISTEMŲ FIZIKOS LABORATORINIAI DARBAI .....	72
2.2.1 Elektrinis šilumos ekvivalentas .....	72
2.2.2 Idealiųjų dujų būsenos lygties patikrinimas .....	81
2.2.3 Izoterminis procesas .....	89
2.3 ELEKTROS LABORATORINIAI DARBAI .....	103
2.3.1 Laidininko varžos nustatymas .....	103
2.3.2 Laidininko savitosios varžos nustatymas.....	109
2.3.3 Elektros srovės stiprio nuosekliojo laidininkų jungimo grandinėje nustatymas .....	116
2.3.4 Rezistoriaus varžos nustatymas .....	125
2.3.5 Elektros srovės šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros tyrimas.....	132
2.3.6 Kondensatoriaus iškrovos tyrimas.....	139
2.3.7 Elektromagnetinės indukcijos tyrimas.....	149
2.3.8 Temperatūros įtaka termistoriaus varžai.....	156
2.3.9 Puslaidininkinio diodo voltamperinės charakteristikos tyrimas.....	161
2.4 OPTIKOS LABORATORINIAI DARBAI.....	168
2.4.1 Medžiagos lūžio rodiklio nustatymas taikant šviesos lūžimo ir visiškojo atspindžio dėsnius.....	168
2.4.2 Šviesos atspindys nuo plokščiojo, įgaubtojo ir iškiliojo veidrodžių.....	175

2.4.3	Lęšio židinio nuotolio nustatymas .....	182
2.4.4	Praėjusios per du poliarizatorius šviesos intensyvumo tyrimas .....	189
2.4.5	Fotometrija. Apšvietos priklausomybės nuo atstumo tyrimas.....	194
2.4.6	Fotometrija. Apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos tyrimas.....	198
2.5	ATOMO FIZIKOS LABORATORINIAI DARBAI.....	202
2.5.1	Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybės nuo medžiagos tankio tyrimas.....	202
2.5.2	Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybės nuo medžiagos storio tyrimas.....	206
3	TARPDALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI .....	211
3.1	Bakterijų buvimo nustatymas pagal jų gaminamų porfirinų sugerties spektrus.....	211
3.2	Dujų difuzija .....	221
3.3	Dirvožemio elektrinio laidžio tyrimas .....	231
3.4	Energija iš vaisių ir daržovių .....	236
3.5	Fotosintezė O <sub>2</sub> slėgio matavimo metodu .....	247
3.6	Gliukozės ir fruktozės optinio aktyvumo tyrimas .....	253
3.7	Smėlio ir vandens savitųjų šilumų palyginimas .....	271
3.8	Spektroskopinis chlorofilo nustatymas augalų ekstraktuose .....	280
3.9	Transpiracija .....	295
3.10	Vaisių sulčių biologinių, cheminių ir fizinių savybių tyrimas.....	302
3.10.1	K <sup>+</sup> koncentracijos nustatymas.....	304
3.10.2	Ca <sup>2+</sup> koncentracijos nustatymas.....	308
3.10.3	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> jonų koncentracijos nustatymas.....	312
3.10.4	Vitamino C koncentracijos nustatymas .....	316
3.10.5	Vaisių sulčių pH ir elektrinio laidžio nustatymas.....	320
3.11	Vandens, esančio moliniame ąsotyje, šilumos kitimo tyrimas .....	325
3.12	Žmogaus kūno ir aplinkos šilumos apykaitos tyrimas žmogui prakaituojant.....	332

## PRATARMĖ

Mielieji mokiniai,

„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>1</sup> Žmogaus pažinimo ribas išplečia pažinimo procese naudojami prietaisai, įranga.

Eksperimentas (lot. *experimentum* – mėginimas, bandymas) – tai empirinis tyrimas, padedantis planingai valdant daikto ar reiškinių sąlygas patikrinti priežastinių ryšių hipotezes.

Eksperimentinio tyrimo etapai:

- Apibrėžiama tyrimo problema
- Suformuluojama eksperimento hipotezė
- Numatomas eksperimento tikslas
- Pasirenkamos eksperimento priemonės
- Pasirenkami eksperimento būdai
- Renkami eksperimento duomenys
- Formuluojamos eksperimento išvados
- Patvirtinamos arba paneigiamos hipotezės.

Problemos formuluotėje paprastai glūdi mus dominančio objekto ar reiškinių nežinoma savybė, požymiui išsiaiškinti skirti praktiniai ir teoriniai klausimai. Tyrimo 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 rezultatai. 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. Remianti tyrimo problema ir hipotezė, formuluojamas tyrimo tikslas. Numačius tyrimo tikslą belieka planuoti darbo eigą, ją atlikti, suformuluoti išvadas.

Šiame mokinio laboratorinių darbų sąsiuvinyje yra aprašyta daug fizikinių eksperimentų. Kiekvienas eksperimentas aprašomas tokiu nuoseklumu:

- Temos pavadinimas.
- Laboratorinio darbo teorinis pagrindimas.
- Eksperimento eiga.
- Kontrolinės užduotys.

Taigi, eksperimento aprašymas atitinka bendruosius eksperimentinės veiklos principus, kuriuos aptarėme anksčiau.

Manome, kad šis mokinio sąsiuvinis padės pajusti fizikos mokslo žavesį, eksperimentinės veiklos patrauklumą, padidins susidomėjimą gamtos mokslais ir tyrėjo veikla. Mėgaukitės fizika ir eksperimentais.

Autoriai

---

<sup>1</sup> Pečiuliauskienė P. (2012). Fizika 11-12. Judėjimas ir jėgos. Kaunas: Šviesa.

# I. KOMPIUTERINIS EKSPERIMENTAS

## 1.1 KOMPIUTERIZUOTOS MOKYMO SISTEMOS GANTAMOKSLINIAM 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>2,3</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, srautai 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>4</sup>.

Tai rodo, kad didelės investicijos į IT (aprūpinimas interneto 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, tradicinį 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 konkrečioms 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, kūrybiniam darbams 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

---

<sup>2</sup> Are the New Millennium Learners Making the Grade? Technology Use and Educational Performance in PISA. OECD, 1. 2010.

<sup>3</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>4</sup> Denisovas V., ir kt. Kitų šalių patirtis kuriant integruotą gamtos mokslų turinį IKT pagrindu analizė, Tyrimo ataskaita, Klaipėda, 2007.



kompiuterizuotų eksperimentų metodikas. Daug tiekėjų (PASCO<sup>5</sup>, Leybold Didactic<sup>6</sup>, Fourier education<sup>7</sup>, PHYWE<sup>8</sup>) siūlo kompiuterizuotas laboratorines sistemas įvairių fizikinių, cheminių, biologinių eksperimentų atlikimui, duomenų analizei bei vizualizavimui.

Šių sistemų pagrindas yra sąsaja su kompiuteriu bei programine 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.

## 1.2 NOVA

### 1.2.1 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.

#### 1.2.1.1 Kompiuterinės laboratorijos savybės

Mini kompiuteris: architektūra ARM, RAM atmintis 128 MB. Mini kompiuteris komplektuojamas su 2 GB SD kortele. Mini kompiuteris atsparus drėgmei, mechaniniams

<sup>5</sup> [www.pasco.com](http://www.pasco.com)

<sup>6</sup> <http://www.ld-didactic.de/index.php?id=2&L=2>

<sup>7</sup> <http://fourieredu.com/store/products/nova5000-data-logger/>

<sup>8</sup> <http://www.phywe.com/313>

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) 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.

### 1.2.1.2 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).

### 1.2.1.3 NOVA 5000 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.

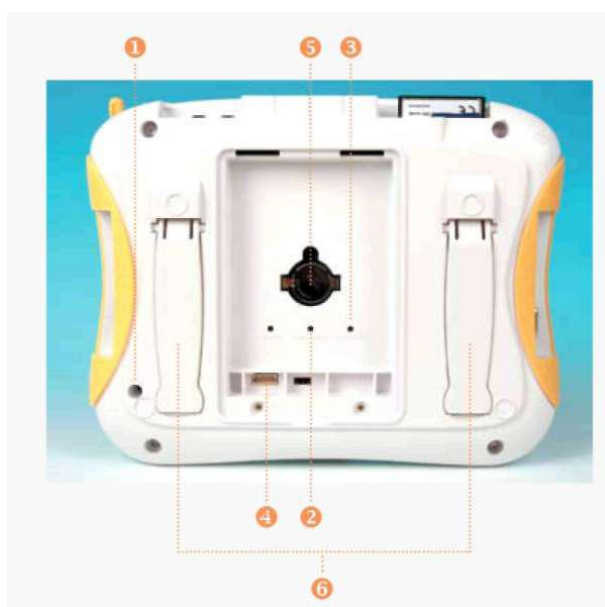
11. pH matuoklis DT016A Matavimo ribos nuo 0 iki 14 pH, matavimo temperatūra nuo 0 laipsnių C iki 50 laipsnių C.
12. Deguonies jutiklis DT222A Matavimo ribos nuo 0 iki 25 % O<sub>2</sub>.
13. Anglies dioksido nustatymo jutiklis DT040 Matavimo ribos nuo 350 iki 5000 ppm<sup>2</sup>.
14. Temperatūros jutiklis DT029 Matavimo ribos nuo – 25 iki + 110° C. Komplektas pilnai paruoštas darbui – jame yra visi reikalingi laidai, papildomi įrengimai ir priedai.

### 1.2.2 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 lazdelę (3), kuri yra laikiklyje prietaiso korpuse. Naudodamiesi valdymo lazdele galima įvesti informaciją ekrane. Galio būseną rodo galios lemputės (5).



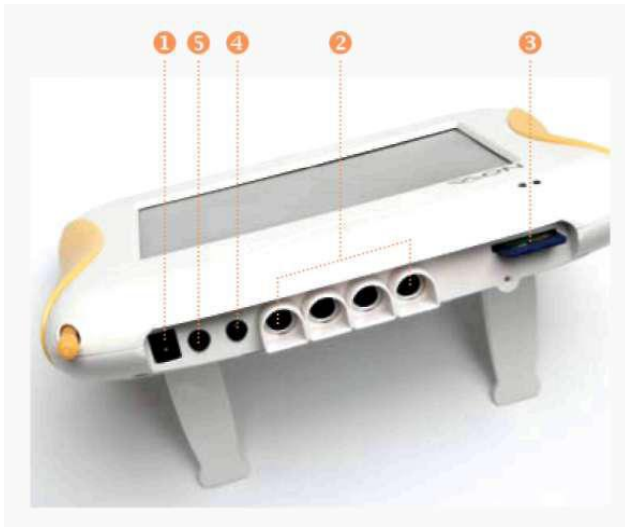
**1 pav.** Priekinė Nova 5000 pusė: 1 – įjungimo mygtukas, 2 – LCD jutiminis ekranas, 3 – valdymo lazdelė, 4 – garsiakalbis, 5 – būsenos lemputės.



**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 juriklių 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 jūtis (3) bei interneto jungtis (4).

### 1.2.3 NOVA 5000 EKSPERIMENTŲ ATLIKIMAS SU MULTILAB

Nova 5000 eksperimentavimo aplinkos trumpą įvadą anglų kalba galima rasti gamintojo tinklapyje<sup>9</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>10</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.

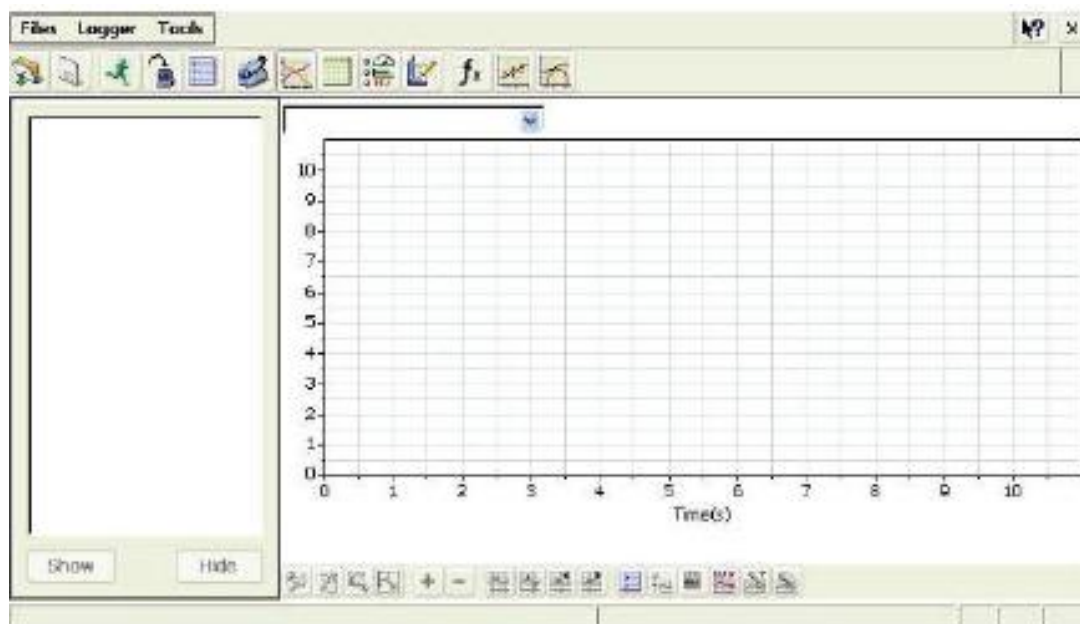
Trumpai aptarsime eksperimentavimo eigą naudojant Nova 5000.

#### 1.2.3.1 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>9</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>10</sup> Nova 5000 operacijų sistemos binariniai atvaizdai, <http://fourieredu.com/support/nova5000-support/nova5000-os-images> arba Windows CE perinstaliavimo failai <http://www.mokslotechnologijos.lt/nova-5000-mobili-laboratorija>.



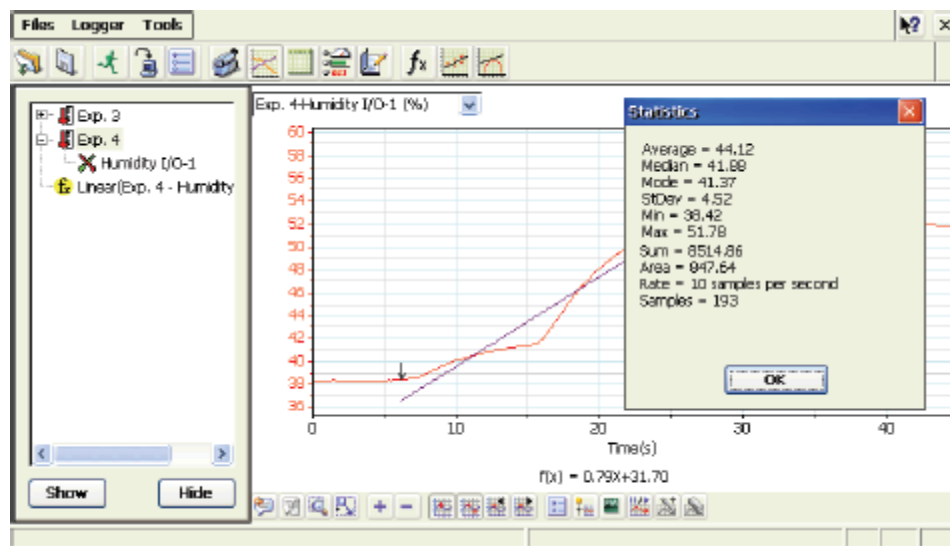
**5 pav.** MultiLab pagrindinis langas.

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.

### 1.2.3.2 Duomenų analizė

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

1. Atliksime statistinę duomenų analizę. Pasirinkite du žymeklius grafike paspaudę ant žymeklių ikonų. Žymeklius galima perkelti spustelėjus ant jų.
2. 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.

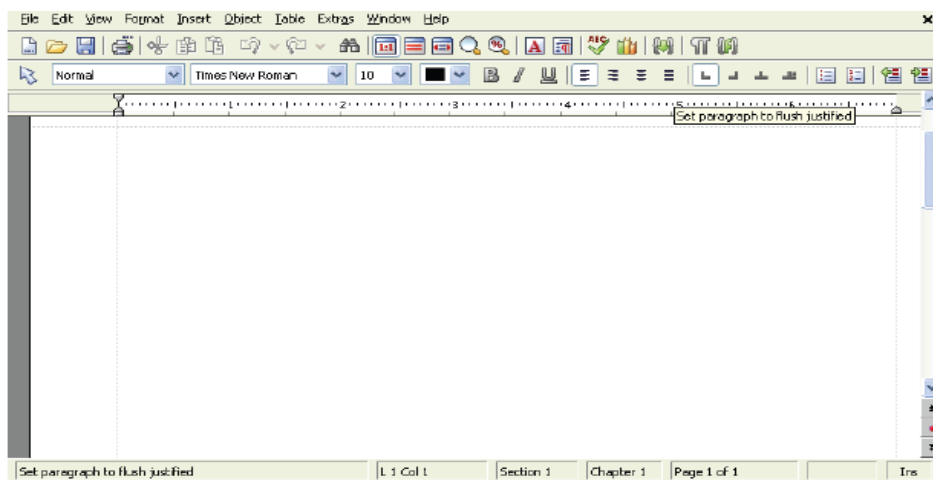
### 1.2.3.3 Duomenų įrašymas

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.

### 1.2.4 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>11</sup>.



7 pav. Teksto redagavimo programos TextMaker langas.

<sup>11</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*).

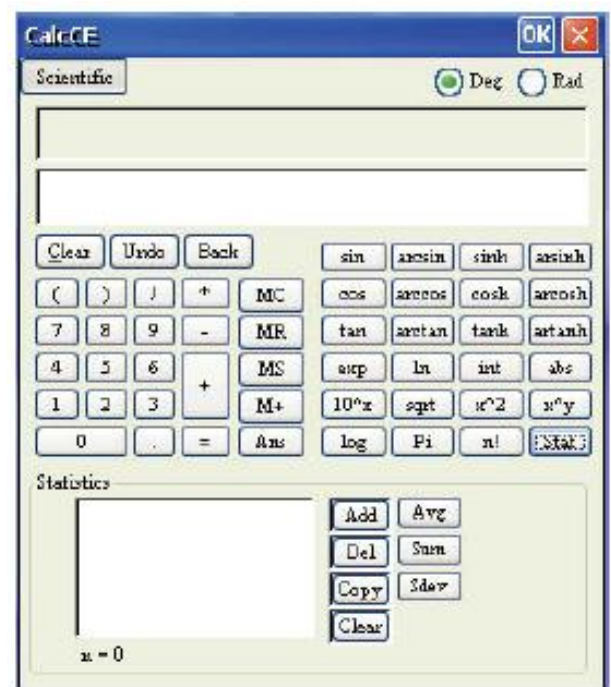
### 1.2.5 BŪDINGOS JUTIKLIŲ CHARAKTERISTIKOS

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.

#### 1.2.5.1 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.).



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

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 įjungtu 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 imtuvai. 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.

1. ***Jutiklis yra sukalibruotas ir paruoštas naudojimui. Jis naudojimas su Nova5000 ir MultiLab programine įranga tokia seka:***
  - 1.1. Paleisti MultiLab CE programinę įrangą.
  - 1.2. Prijungti atstumo jutiklį prie Nova5000 skaitmeninio įėjimo lizdo (pradedant nuo 1). Jutiklis turi būti automatiškai atpažintas MultiLab programinės įrangos.
  - 1.3. 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).
  - 1.4. Pradėti matavimus paspaudžiant *Run*.
2. ***Pagal nutylėjimą teigiama jutiklio veikimo kryptis nukreipta nuo jutiklio. Norint pakeisti kryptį (teigiama nukreipta į jutiklį) reikia atlikti tokius veiksmus:***
  - 2.1. Paspausti *Logger* pagrindinėje įrankių juostoje.
  - 2.2. Paspausti *Preferences* ir pasirinkti *Distance positive direction*.
  - 2.3. Pasirinkti norimus nustatymus ir paspausti *OK*.
3. ***Norint nustatyti atskaitos pradžią nuo nulio, paspaudus *Setup*, reikia atlikti tokius veiksmus:***



3.1. Paspausti *Properties* .

3.2. Paspausti *Set Zero*.

3.3. Pažymėti *Set the current reading to zero* ir paspausti *OK*.

### 1.2.5.2 Geigerio miulero skaitiklis DT116

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

Pagrindinė Geigerio Miulero skaitiklio sudedamoji dalis – daviklis, vadinamas Geigerio-Miulero 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 Miulero skaitiklis tiekiamas su tvirtinimo strypu ir apsauginiu dangteliu (11 pav.). Geigerio Miulero skaitiklio jonizuojančios spinduliuotės matavimo diapazonas yra 0–4096 Bq (Bekerelių). Jame įrengtas maitinimo indikatorius ir garsinis signalas, kuris informuoja apie kiekvieną užregistruotą impulsą.

Geigerio Miulero skaitiklis tiekiamas su jame esančiu Geigerio Miulero 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 Miulero 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.

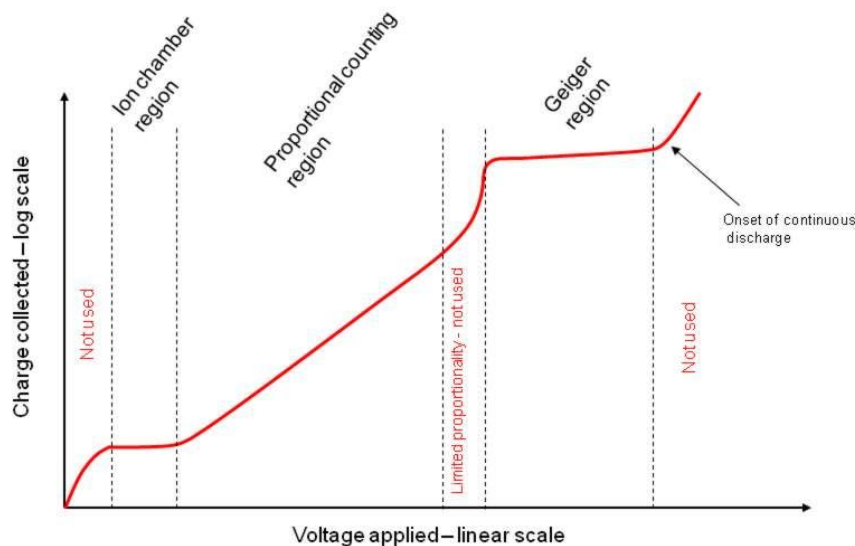


11 pav. Geigerio Miulero skaitiklis DT116 su tvirtinimo strypu ir dangteliu.

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

1. ***Norint Geigerio Miulero skaitiklį naudoti su Nova5000 ir MultiLab, reikia***
  - 1.1. Paleisti MultiLab CE programinę įrangą.
  - 1.2. Prijungti Geigerio Miulero skaitiklį prie Nova5000 įėjimo lizdo.
  - 1.3. Paspausti *Setup* pagrindinėje įrankių juostoje ir nuimti žymėjimą ties *Auto Detect Sensors*.
  - 1.4. Išskleidžiamajame meniu pasirinkti *GM counter 4096 Bq*.
  - 1.5. 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*.
  - 1.6. Norint pradėti matavimus paspausti *Run*.

## 1.3 Xplorer GLX ĮVADAS

### 1.3.1 XPLOREER 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.

### 1.3.2 XPLOREER 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 s laikykite nuspauštą 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.

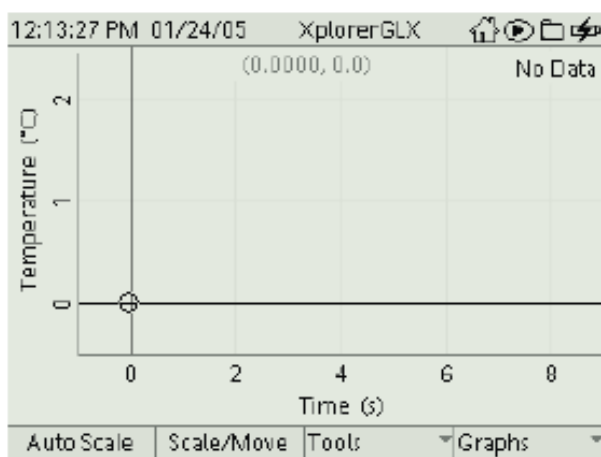
14 paveiksle parodyti lizdai, prie kurių jungiami jutikliai. Prie pagrindinių jungčių, esančių GLX viršuje, galima prijungti iki keturių PASPORT jutiklių. Paprastai GLX automatiškai atpažįsta jutiklį ir įjungia grafiko rodyimą arba atidaro kitą ekraną, kai prijungiamas jutiklis. Komplekte esatys greito 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.

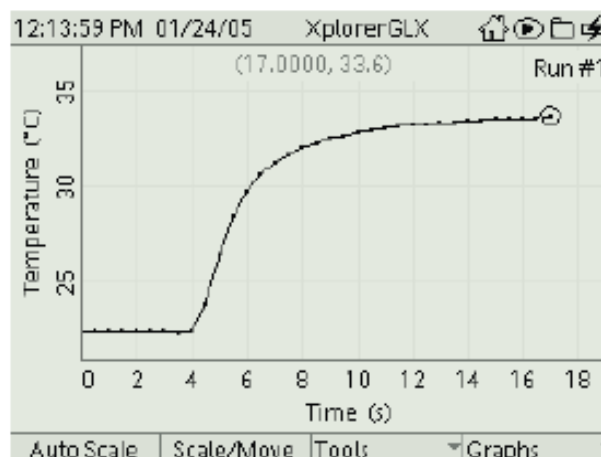
### 1.3.3 MATAVIMO ATLIKIMAS SU XPLOERER GLX

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

- 1.1. Įjungiamo prietaisą: paspaudžiame mygtuką, esantį apatiniame dešiniajame klaviatūros kampe (⊕) ir laikome jį nuspaustą maždaug vieną sekundę.
- 1.2. 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.



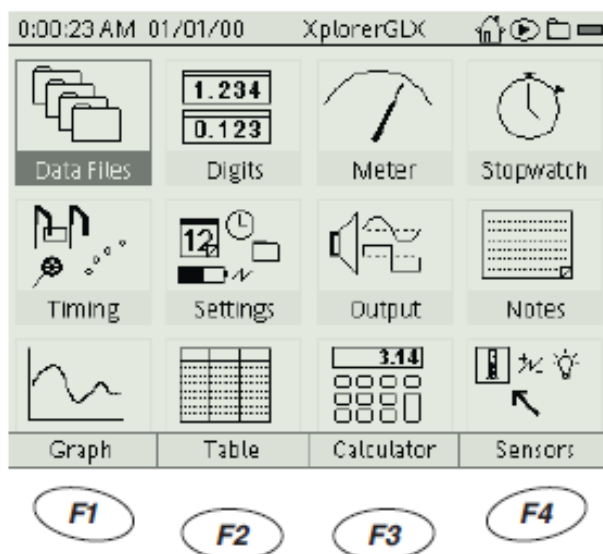
**16 pav.** Laikant rankoje, jutiklio registruojama temperatūra atvaizduojama ekrane.

- 1.3. Matavimo atlikimui paspauskite (▶). GLX fiksuoja ir vaizduoja duomenis, gaunamus iš jutiklio. Paspauskite (FI) (Autoscale), kad automatiškai nustatytumėt grafiko mastelį.
- 1.4. Temperatūros zondą laikykite rankoje ir stebėkite, kaip keičias grafike pateikiami duomenys (16 pav.).
- 1.5. 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.

### 1.3.4 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.).



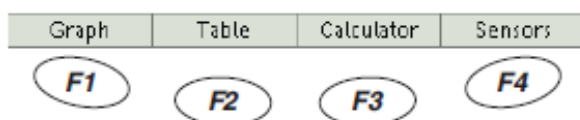
**Pagrindinis ekranas**

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

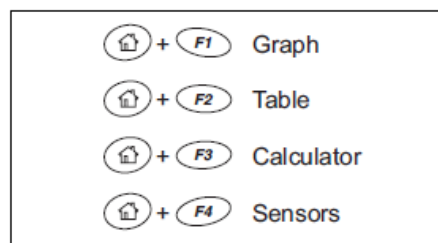
#### 1.3.4.1 Apatinė eilutė

Nuorodas apatinėje pagrindinio ekrano eilutėje galima pasirinkti bet kuriuo funkciniu 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.

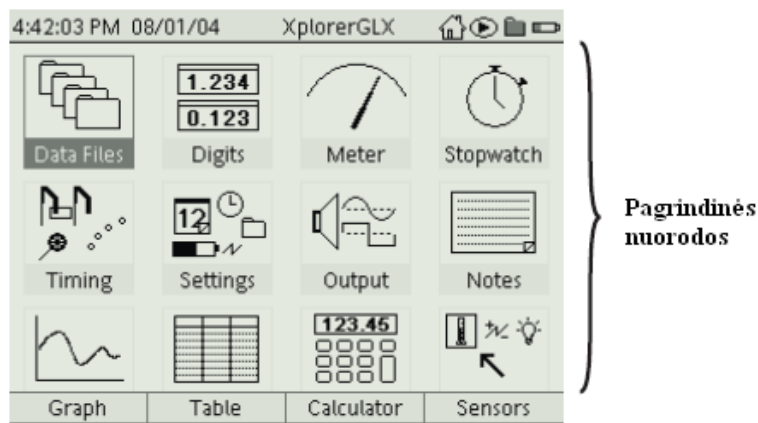


**Trumposios nuorodos GLX aplinkoje**

**19 pav.** Trumposios FLX ekrano nuorodos.

#### 1.3.4.2 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.

**Skaičiuotuvą (*Calculator*).** Šį ekraną galima naudoti, kaip įprastą skaičiuotuvą norint apskaičiuoti paprastų reiškinių rezultatą, 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.


### 1.3.4.3 Viršutinė eilutė

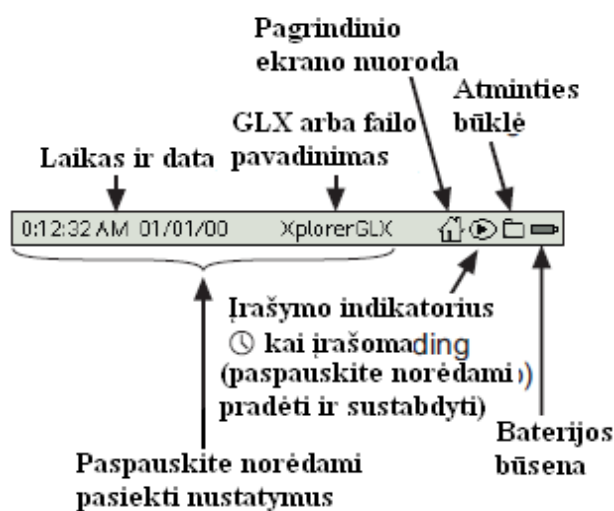
Viršutinė eilutė yra pagrindinio ekrano dalis, kuris visada matoma bet kur GLX aplinkoje. Ji rodo laiką, datą ir GLX pavadinimą arba atidaryto failo pavadinimą. Ji taip pat rodo duomenų įrašymo būklę, baterijos energijos lygį ir naudojamos atminties kiekį.

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.

## 2 DALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI

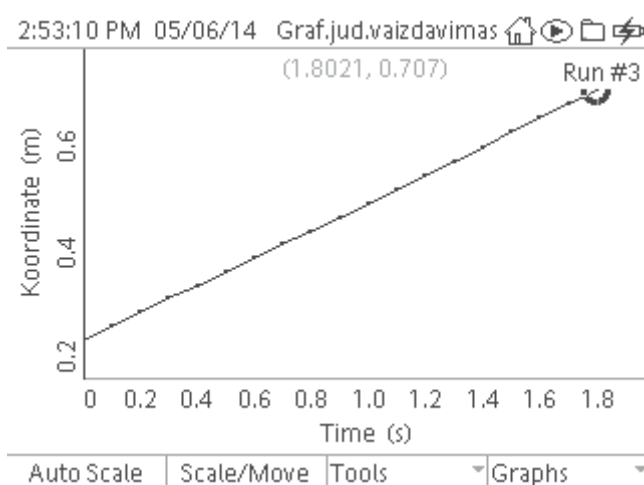
### 2.1 MECHANIKOS LABORATORINIAI DARBAI

#### 2.1.1 GRAFINIS JUDĖJIMO VAIZDAVIMAS (GLX)

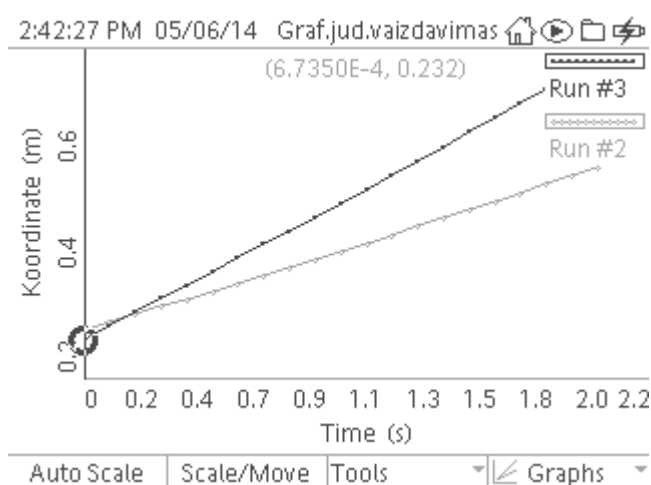
#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Kad būtų vaizdžiau, judėjimą galima pavaizduoti grafikais. Grafikas parodo, kaip kinta vienas dydis, kintant kitam dydžiui, nuo kurio jis priklauso.

Tarkime, tirame tiesiaeigį vežimėlio judėjimą kinematikos ir dinamikos takeliu. Jeigu abscisių ašyje atidėsime laiką, o ordinačių ašyje – vežimėlio koordinatčių reikšmes, gautasis grafikas išreikš vežimėlio *koordinatės priklausomybę nuo laiko*. Toks grafikas dažnai vadinamas *judėjimo grafiku* (1 pav.).



**1 pav.** Koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas dažnai vadinamas judėjimo grafiku.



**2 pav.** Du vežimėlio judėjimo grafikai: statesnis grafikas (*Run#3*) rodo, kad šiuo matavimu vežimėlis judėjo greičiau negu prieš tai (*Run#2*)

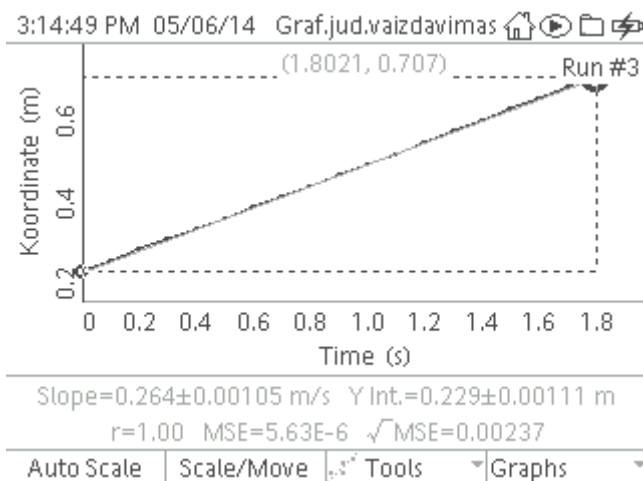
Jeigu kūnas juda tiesiai ir tolygiai, tokio kūno judėjimo grafikas yra tiesė. Tai reiškia, kad koordinatė linijaiškai priklauso nuo laiko (nepainioti su trajektorija). Iš judėjimo grafikų galima spręsti ir apie kūno judėjimo greitį: greitis tuo didesnis, kuo statesnis grafikas (2 pav.).

Braižant grafikus, išsprendžiamas mechanikos uždavinys: randama kūno padėtis bet kuriuo laiko momentu.

Turint judėjimo grafiką, galima rasti kūno judėjimo greitį. Tarkime, judėjimo grafikas yra tiesė. Tas rodo, kad kūnas judėjo pastoviu greičiu. Tiesės krypties koeficientas (*Slope*) koordinatės priklausomybės nuo laiko grafike rodo kūno judėjimo greitį. (3 paveiksle judančio kūno greitis:  $v = (0,264 \pm 0,00105) \text{ m/s}$  Teigiamas krypties koeficiento (*Slope*) ženklas rodo, kad kūnas judėjo “x” ašies kryptimi 0.354 m/s pastoviu greičiu.

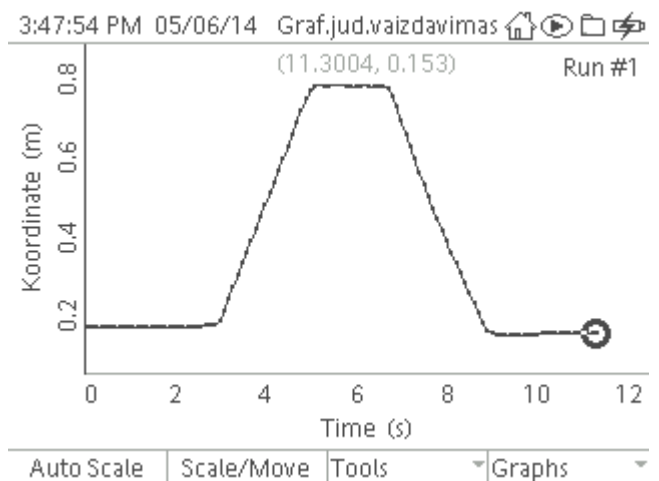
Iš judėjimo grafikų (4 pav.) galima gauti greičio grafikus (4 pav.a), kurie rodo, kaip kinta greitis, kintant laikui. Greičio grafikas geometriškai nustato ir nueitą *kelią*. Kelias lygus plotui stačiakampio, kurio aukštinė yra greitis  $v$ , o pagrindas – laiko tarpas  $\Delta t$ . Ploto skaitinė vertė atitinka tolygiai judančio kūno nueitą kelią per laiko tarpą.





**3 pav.** Koordinatės priklausomybės nuo laiko eksperimentinius duomenis aproksimavus tiese, tiesės krypties koeficientas rodo kūno judėjimo greitį:  $v = (0,264 \pm 0,00105) \text{ m/s}$ .

Grafiko sankirta su „Y“ ašimi ( $Y \text{ Int.}$ ) rodo kūno atstumą iki atskaitos taško pradiniu laiko momentu: mūsų atveju, vežimėlis nuo judėjimo/atstumo jutiklio pradėdamas matavimą buvo  $(0,229 \pm 0,00111) \text{ m}$ .



**4 pav.** Kūno judėjimo grafikas.

## LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Tirsite vežimėlio judėjimą kinematikos ir dinamikos takeliu. (Ši sistema turi labai mažą trintį.). Vizualiai įvertinkite, ar stumtelėtas vežimėlis per visą takelio ilgį nurieda pastoviu greičiu. Jeigu ne- reguliuokite takelio kojelių aukštį. Atskaitos objektu bus nejudamai įtvirtintas, ant takelio pastatytas judėjimo/atstumo jutiklis, kuris fiksuos vežimėlio koordinatės kitimą laiko atžvilgiu. Duomenų surinkimui ir pateikimui naudosite grafinį duomenų kaupiklį Xplorer GLX. Vežimėlio judėjimo kelionę-maršrutą numatysite patys: jūs galite stumtelti vežimėlį tolyn nuo jutiklio, jį sustabdyti, vėl stumtelti atgal link judėjimo/atstumo jutiklio ir t.t.. Jutiklis ženklins vežimėlio padėtį pasirinktu duomenų surinkimo dažniu ir įrenginys nubrėš koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiką. Iš šio grafiko gausite greičio ir pagreičio grafikus ir juos išanalizuosite bei padarysite išvadas.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problemos:

- Kaip su turimomis priemonėmis užregistruoti vežimėlio padėtį įvairiais laiko momentais ir pateikti grafiniu pavidalu?
- Kaip susieti grafiko teikiamą informaciją, su realiai stebėtu procesu?
- Kaip grafiko teikiamą informaciją aprašyti fizikiniais terminais?

### Tyrimo hipotezės/Prielaidos

(Pabaikite formuluoti hipotezes ir užrašykite jas laboratorinio darbo ataskaitos lape)  
Manau, kad mano numatytu maršrutu, horizontaliu takeliu judančio vežimėlio:

- Koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų atrodyti taip: ..... . ( Grafiko eskizą nubrėžkite ataskaitos lape numatytoje vietoje).**
- Greičio priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų atrodyti taip: ..... . ( Grafiko eskizą nubrėžkite ataskaitos lape, numatytoje vietoje).**

### III. Pagreičio priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų atrodyti taip: ..... (Grafiko eskizą nubrėžkite atskaitos lape, numatytoje vietoje).

#### *Eksperimento tikslas*

Gauti ir išnagrinėti tikralaikį judėjimo grafiką. Iš šio grafiko gauti greičio ir pagreičio priklausomybės nuo laiko grafikus, juos išanalizuoti bei padaryti išvadas.

#### **Eksperimento priemonės:**

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

#### **! Dėl saugaus darbo:**



Sekite visas nuorodas naudojant įrangą.



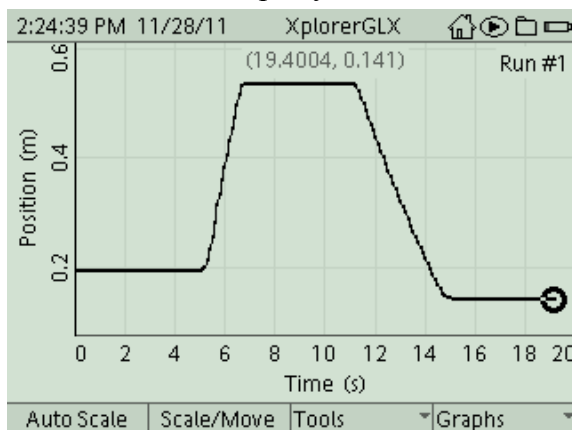
**4 pav.** Prieš atstumo jutiklį, apie 20 cm atstumu nuo jo, pastatytas vežimėlis. Judesio jutiklis įjungtas į pirmąjį viršutinį GLX'o lizdą

#### **Darbo eiga**

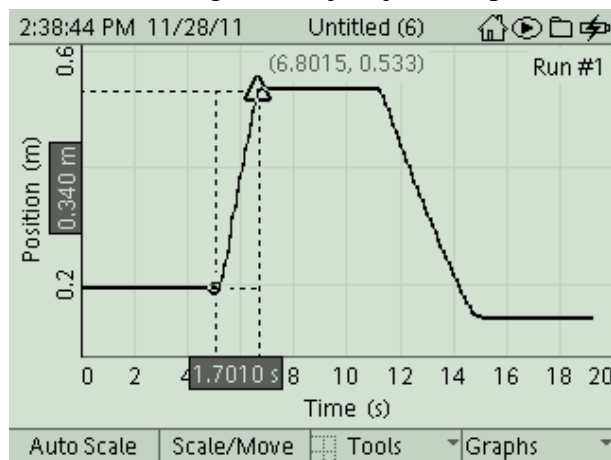
##### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Paspauskite GLX'o priekinėje panelėje mygtuką . Sužibus žaliai signaliniam LED'ui, mygtuką atleiskite. GLX'as įsijungė.
- 1.2. Judėjimo/Atstumo/ jutiklį įjunkite į pirmąjį viršutinį GLX'o lizdą. Žybtelėjęs jo žalias signalinis šviesos diodas parodo, kad jutiklis įsijungė.
- 1.3. Spustelėkite pagrindinio GLX ekrano (*Home*) mygtuką. Duomenų kaupiklio ekrane atsiranda 12 piktogramų.
- 1.4. Navigatoriaus rodyklėmis kursorių nuveskite į grafinio ekrano (*Graph*) piktogramą ir spustelkite , patvirtindami pasirinkimą.
- 1.5. GLX'as atpažįsta judėjimo/atstumo jutiklį ir ekrane pasirodo koordinačių ašys: "Y" ašyje – padėtis (*Position (m)*), "x" ašyje – laikas (*Time, (s)*). Stambus taškas ženklina koordinačių sistemos pradžią. PASTABA: atskirais atvejais, esant prijungtam jutikliui arba prijungus jutiklį, koordinačių ašys atsiveria savaime.
- 1.6. Judėjimo/Atstumo jutiklio korpuso viršuje esantį perjungiklį, perjunkite į padėtį, paženklintą vežimėliu. Ši padėtis tinkama trumpiems atstumų intervalams (*Cart.Short Range*).
- 1.7. Takelį pastatykite ant suolo. Gulsčiuoku patikrinkite jo horizontalumą. Nors ir labai mažai trinties jėgai kompensuoti, reguliuodami takelio kojelių aukštį, padarykite neženklia, apie 1° nuokalnę. Vizualiai įvertinkite, ar stumtelėtas vežimėlis per visą takelio ilgį nurieda pastoviu greičiu. Reikalui esant, koreguokite, keisdami takelio kojelių auštį.
- 1.8. Judėjimo/Atstumo jutiklį pastatykite ant vieno takelio galo. Ant antro takelio galo užmaukite smūgius švelninančią atramą, kad vežimėlis nenukristų nuo takelio.

- 1.9. Priešais Judėjimo/Atstumo jutiklį, apie 20 cm atstumu nuo jo, pastatykite vežimėlį. Rankenėlę, esančią ant Judėjimo/Atstumo jutiklio korpuso, pasukite taip, kad signalas iš jo eitų išilgai takelio vežimėlio link.
  - 1.10. Visus pašalinius daiktus nukelkite nuo suolo, kad nuo jų neatsispindėtų Judėjimo/Atstumo jutiklio siunčiami impulsai. Jungiamuosius laidus padėkite taip, kad jie negulėtų judančiam vežimėliui skersai kelio.
  - 1.11. Neįjungę įrenginio, kelis kartus, stumdydami vežimėlį, pasipraktikuokite „pakeliauti“ numatytu maršrutu: pvz.: dvi-tris sekundes vežimėlio nejudinkite, po to – stumtelėkite tolyn nuo Judėjimo/Atstumo jutiklio. Atitolus – sustabdykite. Dvi-tris sekundes palaikykite vietoje. Po to – stumtelėkite link jutiklio. Priartėjus (atstumu ne arčiau, kaip per 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 gerą.
  - 2.3. Spustelkite **F1** klavišą (*AutoScale*), kuriuo automatiškai reguliuojamas mastelis, kad padidinti grafiko vaizdą GLX'o ekrane.
  - 2.4. Grafiką įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, jam numatytoje vietoje arba atspausdinkite (nukopijuokite) ir prisekite prie laboratorinio darbo ataskaitos.
3. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**
- 3.1. *I užduotis.* Aprašykite vežimėlio būseną kiekviename užregistruoto judėjimo etape



**5 pav. a.** Grafiškai užrašytas vežimėlio judėjimas. Duomenų kaupiklio ekrane, virš grafiko, skliaustuose, matote vežimėlio judėjimo galutinio taško (x;y) koordinatas: pirmasis skaičius reiškia laiką. Mūsų atveju – visas judėjimo laikas 19,40 s. Antrasis skaičius reiškia koordinatę. Galutinė judančio objekto koordinatė buvo 0,141 m.



**5 pav. b.** 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 koordinatės/padėties (*Position*) ašies. Virš grafiko, skliausteliuose, matome trikampėliu paženklinto taško koordinatas: vežimėlio judėjimo laiką ir jo atstumą nuo judėjimo/atstumo jutiklio.

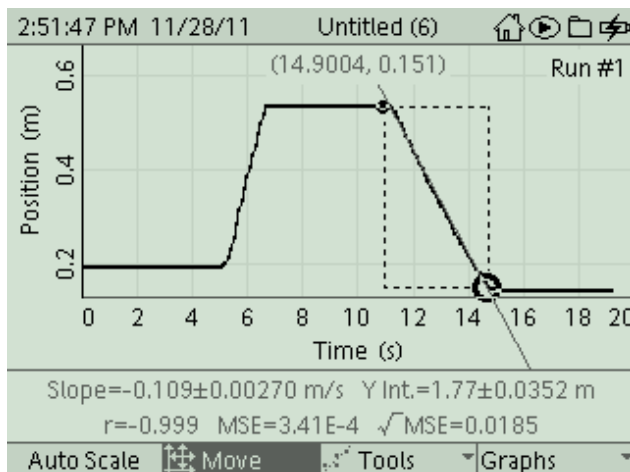
**Rezultatus analizuokite pagal pateiktus I užduoties klausimus:**

1. Kiek laiko užtruko maršrutas . . . . . s ir kokia galutinė vežimėlio koordinatė? . . . . . m.

2. Kiek laiko ir koku atstumu nuo jutiklio stovėjo vežimėlis iki pradėdant jam judėti? . . . . .
3. Per kiek laiko, pradėjęs judėti, vežimėlis nutolo didžiausiu atstumu nuo pradinio savo padėties taško? . . . . . Kam lygus tas atstumas? . . . . . Koku atstumu, šiuo atveju, jis buvo nutolęs nuo jutiklio? . . . . .
4. Kiek laiko vežimėlis, nutolęs didžiausiu atstumu nuo pradinio savo padėties taško, stovėjo nejudėdamas? . . . . .
5. Per kiek laiko ir koku atstumu vežimėlis vėl priartėjo prie jutiklio)? . . . . .
6. Kiek laiko šiuo atstumu objektas dar stovėjo, iki baigiant matavimą? . . . . .
7. Koks vežimėlio poslinkis viso maršruto metu? . . . . .
8. Kokį kelią nuvažiavo vežimėlis viso maršruto metu? . . . . .
9. Nurodykite (bent kelias vertes), po kelių sekundžių nuo judėjimo pradžios vežimėlis buvo toje pačioje vietoje nuo pradinio taško . . . . .

3.2. II užduotis.

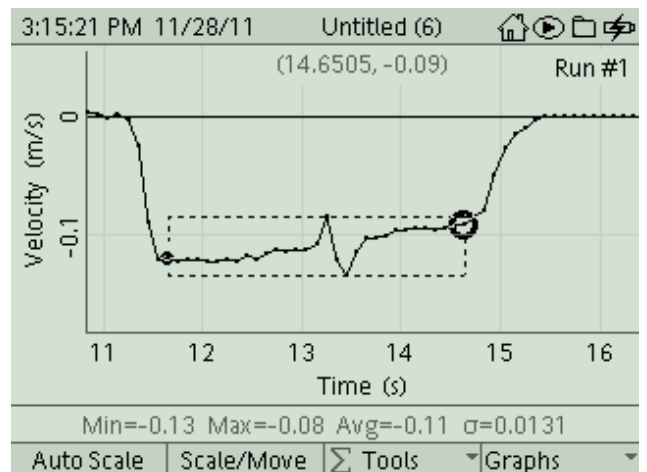
- Raskite vežimėlio greitį tolstant nuo judėjimo/atstumo jutiklio? . . . . .  
 Artėjant prie judėjimo/atstumo jutiklio? . . . . .  
 Ar galima teigti, kad vežimėlis ir tolo, ir artėjo pastoviu greičiu? . . . . .  
 Ar galima teigti, kad vežimėlis ir tolo, ir artėjo tuo pačiu greičiu? . . . . .  
 Atsakymą pagrįskite tyrimo rezultatais . . . . .  
 Apskaičiuokite vidutinį greitį viso maršruto metu . . . . .



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

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

Šis greitis  $v$  lygus tiesės krypties koeficientui:  $v = \text{Slope} = -0,109 \pm 0,0027 \text{ m/s}$ .



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

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

Jį matome užrašę po grafiku: Avg = -0,11 m/s.

Šis greitis lygus -0,11 m/s. Palygink su greičiu, rastu iš judėjimo grafiko (3 pav.)

**Rezultatus analizuokite pagal pateiktus II užduoties klausimus:**

1. Paaiškinkite tiesės krypties koeficiento reikšmę *koordinatės priklausomybės nuo laiko* grafike. Aptarkite, išdiskutuokite ir išsiaiškinkite, ką reiškia teigiamas krypties koeficientas? . . . . .  
 . . . . . Neigiamas polinkis? . . . . .
2. Ką galite pasakyti apie judėjimo tipą, kai *padėties/koordinatės – laiko* grafiko polinkis lygus nuliui?
3. Ką galite pasakyti apie judėjimą, kai *padėties/koordinatės – laiko* grafiko polinkis yra pastovus? . . . . .
4. Ką galėtumėte pasakyti apie judėjimą, jeigu *padėties/koordinatės – laiko* grafiko polinkis kistų? Savo atsakymą į klausimą patikrinkite pasinaudodami gauta aparatūra ir Atstumo/Padėties jutikliu. Aprašykite, kaip atlikote eksperimentą, kai registravote tokį vežimėlio judėjimą šiuo atveju . . . . .
5. Ką galite pasakyti apie judėjimo pobūdį, kai *greičio-laiko* grafiko nuolydis lygus nuliui? . . . . .  
 . . . . . (4 pav.)
6. Ką galite pasakyti apie judėjimo pobūdį, kai *greičio-laiko* grafiko nuolydis nelygus nuliui? Savo atsakymą į klausimą pailiustruokite tyrimo rezultatų pavyzdžiu.

Numatykite judėjimo maršrutą. Pagal numatytą maršrutą gaukite judėjimo grafiką. Iš jo – greičio ir pagreičio grafiką. Grafikus įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lapo numatytoje vietoje ir išanalizuokite juos, atsakydami į ataskaitos lape pateiktus klausimus.

Laboratorinio darbo  
**GRAFINIS JUDĖJIMO VAIZDAVIMAS**  
Ataskaitos lapas

Data .....

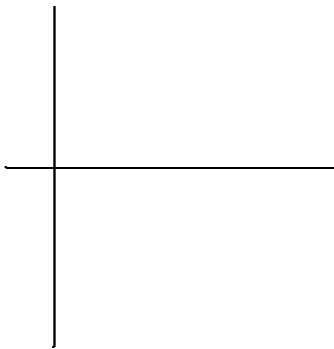
Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Prielaidos/hipotezės:*

**I. Prielaida:** Numatau, kad mano numatyta kelione (maršrutu), horizontaliu takeliu judančio vežimėlio koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų atrodyti taip, kaip jį nubraižiau eskize (1A pav.).

1. Tikralaikį koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiką įterpkite (1A pav.a).

	
<p><b>1A pav.</b> Vežimėlio koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiko eskizas (pagal mokinio numatytą maršrutą).</p> <p style="text-align: center;"><i>Grafiko eskize, ašyse atidėkite matuojamus dydžius ir sužymėkite jų matavimo vienetus.</i></p>	<p><b>1A pav.a.</b> Vežimėlio koordinatės priklausomybės nuo laiko tikralaikis grafikas (pagal mokinio numatytą maršrutą).</p>

1.1. Palyginkite tikralaikį grafiką su jūsų prognozuotu grafiko eskizu. Ar jūsų gautas tikralaikis grafikas patvirtina, ar paneigia jūsų prielaidą? .....  
..... Paašškinkite, kodėl? .....

1.2. Pagal tikralaikį vežimėlio judėjimo grafiką, aprašykite vežimėlio būseną kiekviename užregistruoto maršruto etape. Naudokitės išmaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) ir skirtumo įrankiu (*DeltaTool*).

- Kiek laiko užtruko vežimėlio kelionė numatytu maršrutu? ..... s ir kokia galutinė vežimėlio koordinatė? ..... m.
- 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? .....  
Koku atstumu, šiuo atveju, jis buvo nutolęs nuo jutiklio? .....

- Kiek laiko vežimėlis, nutolęs didžiausiu atstumu nuo pradinio savo padėties taško, stovėjo nejudėdamas? .....
- Per kiek laiko ir koku atstumu vežimėlis vėl priartėjo prie jutiklio)? .....
- Kiek laiko šiuo atstumu objektas dar stovėjo, iki baigiant matavimą? .....
- Koks vežimėlio poslinkis viso maršruto metu? .....
- Kokį kelią nuvažiavo vežimėlis viso maršruto metu? .....
- Nurodykite (bent kelias vertes), po kelių sekundžių nuo judėjimo pradžios vežimėlis buvo toje pačioje vietoje nuo pradinio taško.
- Raskite, koku greičiu vežimėlis tolo nuo jutiklio .....
- Raskite, koku greičiu vežimėlis artėjo prie jutiklio .....
- Apskaičiuokite vidutinį kelio greitį ir vidutinį poslinkio greitį visos kelionės (maršruto) metu .....

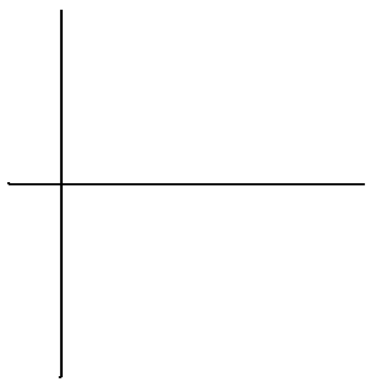
### Išvados (I)

Padarykite išvadą apie tai, ką reiškia *judėjimo* grafiko:

- teigiamas tiesės krypties koeficientas .....
- neigiamas .....
- lygus nuliui .....
- pastovus, nelygus nuliui .....

**II. Prielaida:** Numatau, kad vežimėlio greičio priklausomybės nuo laiko grafikas turėtų būti toks, kokį jį nubraižiau (2A pav.).

2. Tikralaikį greičio priklausomybės nuo laiko grafiką numatyta kelione (maršrutu) įterpkite (2A pav.a).

 <p><b>2A pav.</b> Vežimėlio greičio priklausomybės nuo laiko grafiko eskizas (mokinio numatytu maršrutu).</p> <p><i>Grafiko eskize, ašyse atidėkite matuojamus dydžius ir sužymėkite jų matavimo vienetus.</i></p>	<p><b>2A pav.a.</b> Vežimėlio greičio priklausomybės nuo laiko tikralaikis grafikas (mokinio numatytu maršrutu).</p>
--	--

2.1. Palyginkite tikralaikį grafiką su jūsų prognozuotu grafiko eskizu.

- Ar jūsų gautas tikralaikis grafikas patvirtina, ar paneigia jūsų prielaidą? .....
- ..... Paaiškinti, kodėl? .....
- Iš tikralaikio grafiko raskite:
- Greitį, kuriuo vežimėlis tolo nuo jutiklio .....

- Greitį, kuriuo vežimėlis artėjo prie jutiklio .....
- Rastus greičius palyginkite su greičiais, rastais pagal judėjimo grafiką. ....
- Kelią, kurį vežimėlis nuvažiavo toldamas nuo jutiklio .....
- Kelią, kurį vežimėlis nuvažiavo artėdamas prie jutiklio .....
- Visą kelią judėjimo metu .....
- Poslinkį viso maršruto metu .....

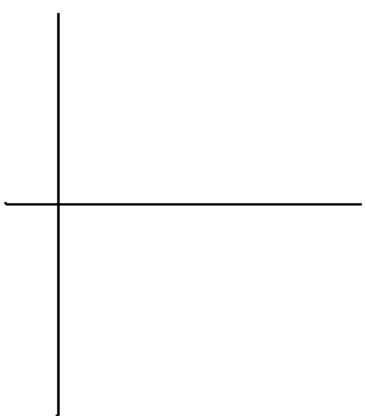
## Išvados (II)

Padarykite išvadą apie tai, ką reiškia *greičio* priklausomybės nuo laiko grafiko:

- Krypties koeficientas lygus nuliui? .....
- Nelygus nuliui .....
- (Pailiustruokite tyrimo rezultatų pavyzdžiu).

**III. Prielaida:** Numatau, kad vežimėlio *pagreičio priklausomybės nuo laiko grafikas*, mano manymu, turėtų būti toks, kokį jį nubraižiau ataskaitos lapo 3A pav.

3. Tikralaikį *pagreičio priklausomybės nuo laiko grafiką* numatytu maršrutu įterpkite 3A pav. a.

 <p><b>3A pav.</b> Vežimėlio pagreičio priklausomybės nuo laiko grafiko eskizas (mokinio numatytu maršrutu).</p> <p><i>Grafiko eskize, ašyse atidėk matuojamus dydžius ir sužymėk jų matavimo vienetus.</i></p>	<p><b>3A pav.a.</b> Vežimėlio pagreičio priklausomybės nuo laiko tikralaikis grafikas (mokinio numatytu maršrutu).</p>
---	--

3.1. Palyginkite tikralaikį grafiką su jūsų prognozuotu grafiko eskizu:

- Ar jūsų gautas tikralaikis grafikas patvirtina, ar paneigia jūsų prielaidą? ..... Paašškinti, kodėl? .....
- Ar kelia jums kokius nors prieštaravimus šio grafiko analizės rezultatai, lyginant su rezultatais, gautais analizuojant du pirmuosius grafikus? ..... Jei kelia, tai kokius? .....

## Apibendrinta išvada

- *Judėjimo* grafikų analizė suteikė informacijos apie ..... leido išspręsti pagrindinį kinematikos klausimą: pagal grafiką galima nustatyti kūno .....



## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Jeigu kūno judėjimo grafikas yra tam tikro polinkio tiesė. Ką galime pasakyti apie to kūno judėjimą?</li><li>2. Kas yra kūno judėjimo trajektorija?</li><li>3. Kaip iš tiesiaieigio tolyginio judėjimo grafiko rasti kūno greitį?</li><li>4. Kaip iš judėjimo grafikų galima spręsti, kad kūnas tolsta nuo atskaitos taško ir kad artėja prie jo?</li><li>5. Be judėjimo grafikų, dažnai naudojami greičio priklausomybės nuo laiko grafikai. Ką rodo jie rodo?</li><li>6. Ką galima sužinoti iš greičio grafiko ?</li></ol>	

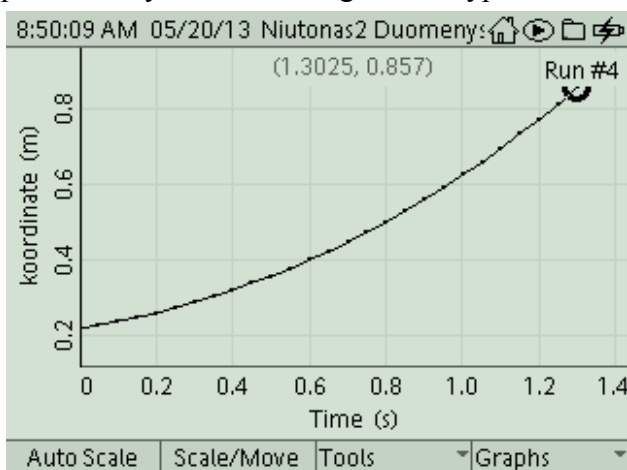
## 2.1.2 ANTROJO NIUTONO DĒSNIO PATIKRINIMAS

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

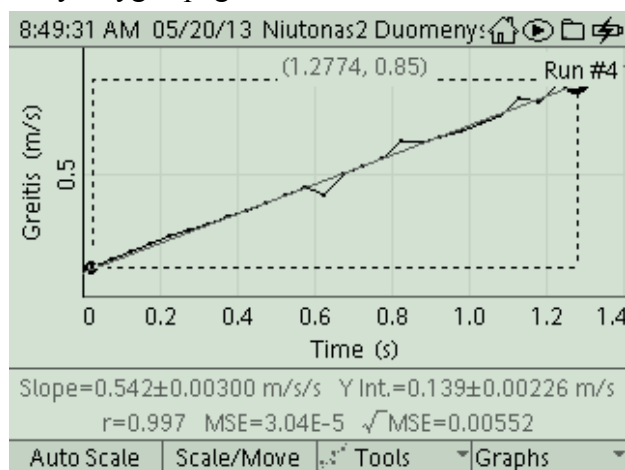
Lygtis  $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$  yra antrasis Niutono dėsnis.

$\vec{F}$  – yra jėga veikianti masės  $m$  kūną (kūnų sistemą) ir  $\vec{a}$  - kūno (kūnų sistemos) įgytas pagreitis. Jeigu kūną ar kūnų sistemą veikia ne viena, o kelios jėgos, tai kūnas juda šių jėgų atstojamosios kryptimi. Ji randama vektoriškai sudedant visas kūną (kūnų sistemą) veikiančias jėgas. „ $\Sigma$ “ yra sumos ženklas.

Įsivaizduokite objektą, kuris iš dviejų priešingų pusių išilgai vienos tiesės yra traukiamas vienodo didumo jėgomis. Taigi šių jėgų atstojamoji bus lygi nuliui. Pagal antrąjį Niutono dėsnį toks kūnas nebus įgreitintas (nejudės su pagreičiu). Tačiau, jeigu jėgos nėra lygios, objektas judės greitėjančiai atstojamosios jėgos kryptimi. Tokio judėjimo koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas bus parabolė (1 pav.), o greičio priklausomybės nuo laiko grafikas – tam tikro polinkio tiesė (2 pav.). Kadangi pagreitis yra apibrėžiamas kaip greičio pokytis per laiko vienetą, tai greičio priklausomybės nuo laiko grafiko krypties koeficientas yra lygus pagreičiui.



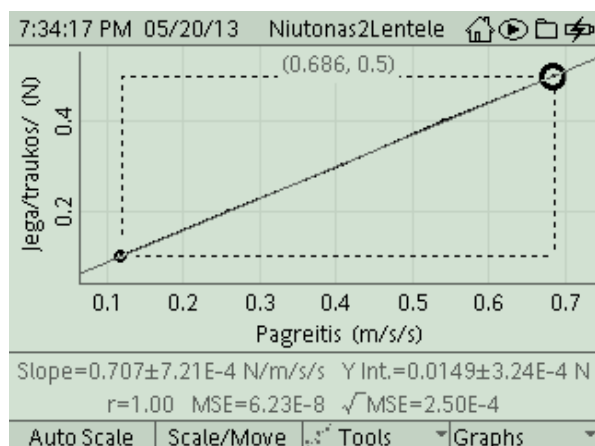
**1 pav.** Pastovios traukos jėgos veikiamos judančios kūnų sistemos koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikas



**2 pav.** Judančios kūnų sistemos greičio priklausomybės nuo laiko grafikas. Kūnų sistemą veikė pastovi traukos jėga. Šio grafiko krypties koeficientas yra lygus pagreičiui. Pagreičio vertę matome užrašę po greičio grafiku. Pagreitis  $a = (0,542 \pm 0,003) \text{ m/s}^2$

Žinant kūną (kūnų sistemą) veikiančias traukos jėgas ir radus sistemos judėjimo pagreičius, kuriuos sistema įgyja veikiant šioms jėgoms, iš jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafiko galima rasti judančios kūnų sistemos masę. Ji lygi tiesės krypties koeficientui (3 pav.).

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



**3 pav.** Tiesės krypties koeficientas (Slope) šiame grafike reiškia judančios kūnų sistemos masę,  $m$  (kg).  $m = (0,707 \pm 7.21E-4) \text{ N/m/s}^2$ .

## LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Eksperimentinį įrenginį sumontuosite iš **kinematikos ir dinamikos rinkinio** detalių pagal paveikslą ir aprašą. Judančios sistemos greitį matuosite **judėjimo/atstumo jutikliu, sujungtu su GLX**. Pastarasis gali būti prijungtas prie kompiuterio.

Šio tyrimo metu, nekeisdami judančios kūnų sistemos (kurią sudarys vežimėlis su krovinėliais ir pririšta prie jo bei per skridinį permesta lėkštelė) masės, keisite traukos jėgą, perkeldami nuo vežimėlio ant lėkštelės pasirinktos masės krovinėlius. Traukos jėgą kiekvienu atveju apskaičiuosite pagal formulę:  $F_{traukos1}=m_1g$ ,  $F_{traukos2}=m_2g$  ir t.t. GLX'as brėš greičio priklausomybės nuo laiko grafikus. Eksperimentinius greičio taškus aproksimavę tiesėmis, pagreičio vertes, veikiant skirtingoms traukos jėgoms, nustatysite pagal užrašus po greičio priklausomybės nuo laiko grafikais. Turėdami sistemą veikiančias traukos jėgas ir joms atatinkamus kūnų sistemos įgytus pagreičius, nubrėšite traukos jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafiką. Iš jo nustatysite judančios kūnų sistemos masę. Grafiškai, pagal  $F_{traukos}$  ir  $a$  matavimo duomenis nustatytą judančios kūnų sistemos masės vertę  $m_{\text{eksperimentinė}}$  palyginsite su verte, gauta sveriant  $m_{\text{sveriant}}$  ir įvertinsite jų santykinį procentinį skirtumą. Užpildysite laboratorinio darbo ataskaitos lapą, padarysite išvadas ir atsakysite į klausimus.

## EKSPERIMENTAS

### *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?

### *Prielaidos – Hipotezės:*

(Savo daromas prielaidas suformuluokite ir užrašykite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.)

*I. Kaip manote, judės pastovios traukos jėgos veikiama sistema? Koks galėtų būti*

šios sistemos judėjimo *koordinatės* priklausomybės nuo laiko grafikas? Grafiko *eskizą* nubrėžkite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.

*II. Koks, manote, galėtų būti šios sistemos greičio* priklausomybės nuo laiko grafikas? Grafiko *eskizą* nubrėžkite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.

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

### *Eksperimento tikslas:*

Eksperimentuojant įrodyti, kad pastovios traukos jėgos veikiama kūnų sistema juda pastoviu pagreičiu, kuris tiesiog proporcingas veikiančiai jėgai. Gauti pagreičio priklausomybės nuo jėgos grafiką ir iš jo nustatyti judančios kūnų sistemos masę.

### *Užduotis:*

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

Suformuluoti išvadas bei atsakyti į klausimus.

## Eksperimento priemonės:

- Kinematikos ir dinamikos rinkinio takelis;
- Vežimėlis;
- Judėjimo /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.

## Darbo eiga

### 4. Priemonių parengimas darbui.

Įrenginys sumontuojamas, kaip 5 pav.:

- 4.1. Takelį sureguliuokite taip, kad stumtelėtas vežimėlis riedėtų pastoviu greičiu per visą takelio ilgį. Jei reikia, reguliuokite sukiodami takelio kojeles, esančias ant abiejų takelio galų.
- 4.2. Skridinį prisukite prie vieno takelio galo. Šis galas turi būti prie pat stalo krašto ir išsikišęs virš jo.
- 4.3. Vieną (maždaug 1 metro ilgio) siūlo galą įsprauskite į krovinėlių laikiklio, lėkštelės įkarpą.
- 4.4. Antrąjį siūlo galą pririškite prie vežimėlio. Vežimėlį, su ant jo esančiu krovininiu, padėkite ant takelio. Siūlą permeskite per skridinį.
- 4.5. Reguliuodami skridinio aukštį, užtikrinkite, kad siūlas būtų lygiagretus takeliui.
- 4.6. Judėjimo atstumo) jutiklį padėkite ant kito takelio galo. Jo šone esančią rankenėlę pasukite taip, kad signalas iš judėjimo jutiklio eitų išilgai takelio ir būtų lygiagretus jam.
- 4.7. Vežimėlį pastatykite 15-20 cm atstumu nuo judėjimo (atstumo) jutiklio.
- 4.8. Judėjimo (atstumo) jutiklį prijunkite prie GLX. Patikrinkite, ar ant jo korpuso esantis perjungiklis yra perjungtas į padėtį vežimėlis (*Cart, short range*).

- 4.9. Atidarykite GLX grafinį ekraną. (Gali būti, kad jis jau bus atsidaręs automatiškai).
5. **Matavimų procedūros**
- 5.1. Ant 5 g masės lėkštelės užmaukite 5 g masės krovinėlį. 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.
- 5.2. Vienu metu spustelkite Start (▶) mygtuką ir paleiskite judėti vežimėlį. GLX ekrane pamatysite besibrėžiantį koordinatės-laiko grafiką (1 pav.).
- 5.3. Vežimėliui priartėjus prie skridinio, spustelkite Start (▶) mygtuką vėl ir baikite rinkti duomenis. Saugokite, kad vežimėlis nesmogtų į skridinį.
6. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**
- 6.1. Koordinatės - laiko grafiką pertvarkykite į greičio - laiko grafiką: du kartus spustelėkite pasirinkimo-patvirtinimo mygtuką (✓) ir, atsivėrusiame „Y“ ašies meniu pasirinkite greitį /Velocity. Skirtumo /Delta Tool įrankiu, išskirkite sritį, kurioje sistema judėjo pastoviu pagreičiu. Aproximavę eksperimentinius duomenis tiese „Linear Fit.“, raskite sistemos judėjimo pagreitį (2 pav.) ir jo vertę įrašykite į lentelę ataskaitos lape.
- 6.2. Kartokite prieš tai buvusių žingsnius, kiekvienu kartu masę ant lėkštelės didindami kas 10 gramų, kol atliksite 4 - 5 matavimų seriją.
- 6.3. Tyrimo duomenims suvesti, ir jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafikui nubrėžti, sukurkite GLX duomenų lentelę (lentelės sukūrimas aprašytas Žr. „Įvadas į darbą GLX“). Į ją suveskite rekoduotus pagreičio ir traukos jėgos duomenis.
- 6.4. Nubrėžkite traukos jėgos - pagreičio grafiką: per eksperimentinius taškus nubrėžkite tiesę, pasinaudodami įrankių meniu komanda „Linear Fit.“ Grafiškai raskite judančios sistemos masę  $m_{\text{eksperimentinė}}$ . Ji lygi tiesės krypties koeficientui (4A pav.a.) Šią vertę užrašykite ataskaitos lape.
- 6.5. Vežimėlį su visais krovinėliais pasverkite ir, eksperimentiškai gautąją judančios sistemos masės vertę  $m_{\text{eksperimentinė}}$ , palyginkite su verte, gauta sveriant  $m_{\text{sveriant}}$ .
- 6.6. Apskaičiuokite santykinį procentinį skirtumą tarp šių verčių.

Laboratorinio darbo  
**ANTROJO NIUTONO DĒSNIO PATIKRINIMAS**  
Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

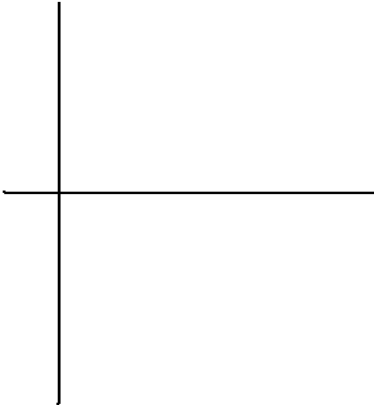

Partneriai. ....

Visa judančios kūnų sistemos masė (sveriant)  $m_{\text{sveriant}} = \dots \text{kg}$

*Prielaidos/hipotezės:*

*I prielaida.* Numatau, kad pastovios traukos jėgos veikiamą kūnų sistemą judės .....

1. **Nubrėžkite koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiko eskizą (1A pav.) vietoje. Tikrą laikį koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiką įterpkite (1A pav.a.) vietoje.**

	
<p><b>1A pav.</b> Judančios kūnų sistemos koordinatės priklausomybės nuo laiko grafiko eskizas. <i>Grafiko eskize, ašyse atidėkite matuojamus dydžius ir pažymėkite jų matavimo vienetus.</i></p>	<p><b>1A pav.a.</b> Judančios kūnų sistemos koordinatės priklausomybės nuo laiko tikrą laikį grafikas.</p>

1.1. Palyginkite tikrą laikį grafiką su jūsų prognozuotu grafiko eskizu.

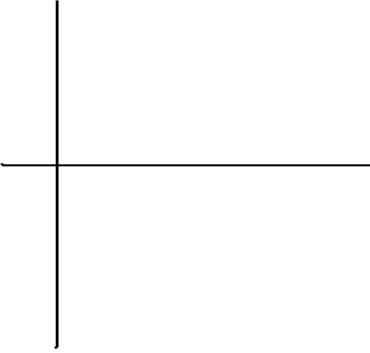
Ar jūsų gautas tikrą laikį grafikas patvirtina ar paneigia jūsų prielaidą?

.....  
.....

Paiškininkite kodėl. ....  
.....

*II. Prielaida:* numatau, kad šios judančių kūnų sistemos greičio priklausomybės nuo laiko grafikas, mano manymu, turėtų būti:

2. **Nubrėžkite grafiko eskizą (2A pav.) vietoje. Bent vieną tikrą laikį greičio priklausomybės nuo laiko grafiką įterpkite (2A pav.a.) vietoje.**

	<p><b>2A pav.</b> Kūnų sistemos judėjimo greičio priklausomybės nuo laiko grafiko eskizas. Grafiko eskize, ašyse atidėkite matuojamus dydžius ir pažymėkite jų matavimo vienetus.</p>
	<p><b>2A pav.a.</b> Judančios kūnų sistemos greičio priklausomybės nuo laiko tikralaikis grafikas. Tiesės krypties koeficientas šiame grafike reiškia . .....</p>

2.1. Palyginkite tikralaikį grafiką su jūsų prognozuotu grafiku.

2.1.1. Ar jūsų gautas tikralaikis grafikas patvirtina ar paneigia jūsų prielaidą?

.....  
 .....

Paiškininkite, kodėl. ....

.....

2.1.2. Iš šio grafiko raskite judančios kūnų sistemos pagreitį.

.....

2.1.3. Apskaičiuokite  $F_{traukos}$ , N, ir surašykite į 1 lentelę.

2.1.4. Iš greičio priklausomybės nuo laiko grafikų raskite judančios kūnų sistemos pagreičius, veikiant skirtingoms traukos jėgoms. Pagreičių vertes surašykite į 1 lentelę.

1 lentelė

Eil. Nr.	m, kg	F <sub>traukos</sub> , N	a, m/s <sup>2</sup>
1	0,010		
2	0,020		
3	0,030		
4	0,040		
5	0,050		

2.2. Sukurkite GLX dviejų skilčių lentelę jėgos ir pagreičio duomenims suvesti, arba atsidarykite sukurtą ir išsaugotą GLX atmintyje failą su sukurta GLX lentele.

12:15:08 PM 07/02/13 Niutonas Lentelė1

	Jėga/traukos/ (N)	Pagreitis (m/s/s)
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

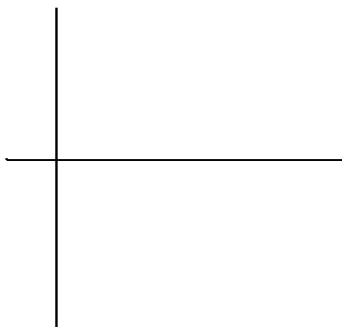
Statistics Edit Cell Edit Tables

3A pav. GLX lentelė matavimo duomenims suvesti

2.3. Klaviatūra suveskite į ją matavimų duomenis ir nubrėžkite priklausomybės tarp jėgos ir pagreičio grafiką.

*III Prielaida:* manau, kad šią judančių kūnų sistemą veikiančios traukos jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafikas, turėtų būti toks:

3. **Nubrėžkite grafiko eskizą (4A pav.) vietoje ir įterpkite jėgos priklausomybės nuo pagreičio tikralaikį grafiką (4A pav. a) vietoje.**

 <p><b>4A pav.</b> Jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafiko eskizas. Grafiko eskize, ašyse atidėkite matuojamus dydžius ir sužymėkite jų matavimo vienetus.</p>	<p><b>4A pav. a).</b> Jėgos priklausomybės nuo -pagreičio tikralaikis grafikas. Tiesės krypties koeficientas (Slope) šiame grafike reiškia. ....          ..... = (Slope) = .....</p>
---	---

3.1. Ar jūsų gautas tikralaikis grafikas patvirtina, ar paneigia jūsų prielaidą?

.....  
 Paaiškinkite, kodėl .....

3.2. Iš šio grafiko raskite judančios sistemos masę:  $m_{\text{eksperimentinė}} =$  .....

3.3. Apskaičiuokite santykinį procentinį skirtumą tarp  $m_{\text{eksperimentinės}}$  ir gautos sveriant  $m_{\text{sveriant}}$ .

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

Tikrąją vertę laikykite judančios sistemos masę, gautą sveriant,  $m_{\text{sveriant}}$ , eksperimentinę,  $m_{\text{eksperimentinė}}$  – gautą iš grafiko.

**Išvados:**

Tyrimo duomenys parodė, kad:



- Pastovios traukos jėgos veikiama sistema judėjo ..... *pagreičiu*. Visais tirtais atvejais gavome, kad koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikai – ..... , greičio priklausomybės nuo laiko grafikai – .....
- Esant pastoviai judančios kūnų sistemos masei, kuo didesnė traukos jėga veikė kūnų sistemą, tuo ..... *pagreičiu* ji judėjo: koordinatės priklausomybės nuo laiko grafikai, didindant traukos jėgą, gauti ..... (parabolė labiau priglūdusi prie ..... ašies), o greičio priklausomybės nuo laiko grafikų tiesių krypties koeficientai , reiškiantys ..... didesni.
- Tirdami sąryšio pobūdį tarp sistemą veikiančios *jėgos ir jos pagreičio*, gauta, kad šis sąryšis yra ..... Šio grafiko krypties koeficientas yra lygus judančios kūnų sistemos .....
- Grafiškai tyrimo metu nustatyta judančios kūnų sistemos masės vertė, paklaidų ribose, sutapo/nesutapo su mase, gauta sveriant.
- Tyrimo rezultatai patvirtino/nepatvirtino antrąjį Niutono dėsnį.

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai ir užduotys	Atsakymai
1. Kokią fizikinę prasmę turi greičio priklausomybės laiko grafiko krypties koeficientas? Paaiškinkite. 2. Kokią fizikinę prasmę turi jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafiko krypties koeficientas? Paaiškinkite. 3. Kokią fizikinę prasmę turi jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafiko vertikalioji sankirta? 4. Parašykite jėgos priklausomybės nuo pagreičio grafiko tiesinę lygtį.	

#### 4. *Papildoma užduotis.*

Tarkime, nepirėštas vežimėlis nuožulniu takeliu juda žemyn:

- 4.1. Nubrėžkite šiam atvejui vežimėlių veikiančių jėgų diagramą.
- 4.2. Ką šiuo atveju galite pasakyti apie vežimėlių veikiančių jėgų sumą?
- 4.3. Ką šiuo atveju galite pasakyti apie vežimėlio judėjimą?

Jei liko laiko, atsakymą patikrinkite eksperimentuodami.

- 4.4. Ar eksperimentas patvirtina jūsų atsakymą?

## 2.1.3 MAKSIMALIOS STATINĖS IR KINETINĖS TRINTIES KOEFICIENTŲ NUSTATYMAS

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

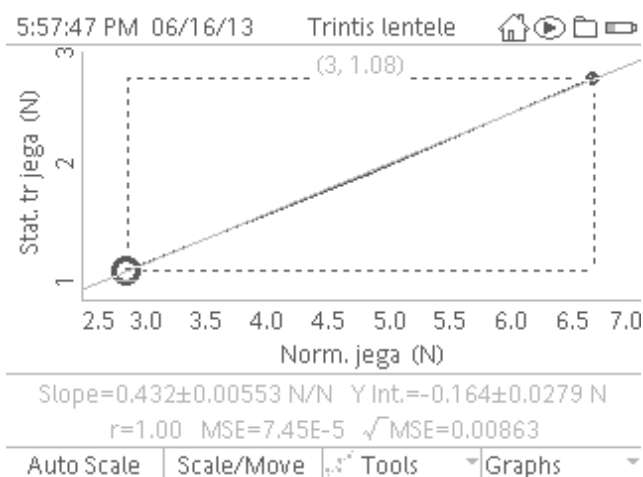
Jeigu ant bet kurio paviršiaus gulintį objektą pradeda veikti jėga, jis nepajuda tol, kol ši jėga yra mažesnė už maksimalią rimties trinties jėgą. Rimties trinties koeficientas ( $\mu_s$ ) yra maksimalios rimties trinties jėgos ( $F_s$ ) ir atramos reakcijos jėgos ( $F_N$ ) santykis:

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

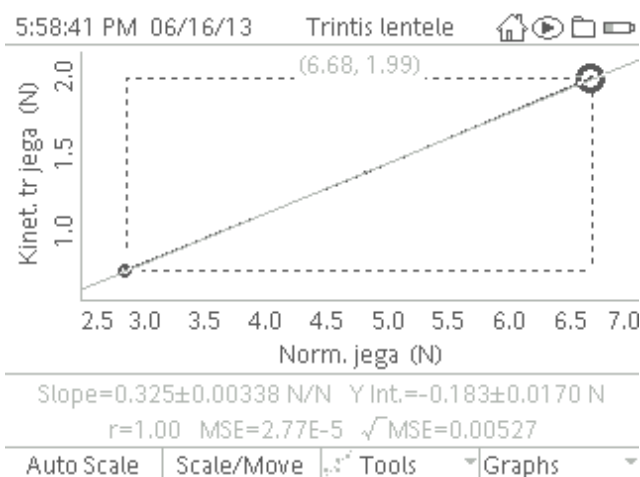
Kad objektas judėtų pastoviu greičiu, jį veikianti jėga turi būti lygi judėjimo trinties jėgai. Taigi, judėjimo trinties koeficientas ( $\mu_k$ ) yra judėjimo trinties jėgos ( $F_k$ ) ir atramos reakcijos jėgos ( $F_N$ ) santykis.

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

*Pastaba.* Maksimali rimties (statinė) trinties jėga lentelėje ir grafikuose žymima ( $F_s$ ), o slydimo (kinetinė) ( $F_k$ ), atramos reakcijos jėgos ( $F_N$ ).



1 pav. Maksimalios rimties (statinės) trinties koeficientas  $\mu_s = 0.432 \pm 0.005$



2 pav. Slydimo (kinetinės) trinties koeficientas  $\mu_k = 0.325 \pm 0.003$

### LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Šio darbo tikslas yra rasti rimties ir slydimo trinties koeficientus skirtingiems paviršiams.

Ekspperimentą atliksite GLX'u ir dviem jutikliais: jėgos ir judėjimo/atstumo.

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

Ekspperimentuojant matuosite maksimalią statinę ir kinetinę/slydimo trinties jėgą, traukdami kūną *horizontaliu* paviršiumi. Tirsite, kaip jos priklauso nuo normalinės/stačiosios jėgos. Nubrėšite maksimalios statinės trinties jėgos ir kinetinės trinties jėgos priklausomybės nuo normalinės/stačiosios jėgos grafikus. Iš jų rasite statinės ir kinetinės trinties koeficientus.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema:

Kaip gavus  $F_s = f(F_N)$  ir  $F_k = f(F_N)$  rasti  $\mu_s$  ir  $\mu_k$ ? Nuo ko jie priklauso?

### Tyrimo hipotezės:

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

### Eksperimento tikslas:

Rasti maksimalios statinės ir kinetinės/slydimo trinties koeficientus bent dviems skirtingiems paviršiams ir ištirti, kaip jie priklauso šių paviršių savybių.

### Eksperimento priemonės:

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



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

### Darbo eiga:

1. **Priemonių parengimas darbui:** Priemonės sumontuojamos, kaip 3 pav. :


- 1.1. Atstumo jutiklis įjungiamas į pirmąjį GLX lizdą, ir pastatomas priešais konteinerį atstumu, ne mažesniu, kaip 15 cm.
- 1.2. Atstumo jutiklio perjungiklis perjungiamas į padėtį vežimėlis (Cart) (3 pav.a.).




3 pav.a. Judėjimo/atstumo jutiklio perjungiklis *perjungtas* į padėtį vežimėlis (Cart).

- 1.3. Jėgos jutikliui įsukamas kabliukas (neįsukite per daug giliai), virve (apie 5 cm ilgio) jutiklio kabliukas sujungiamas su konteineriu. Jėgos jutiklis įjungiamas į GLX antrąjį lizdą.

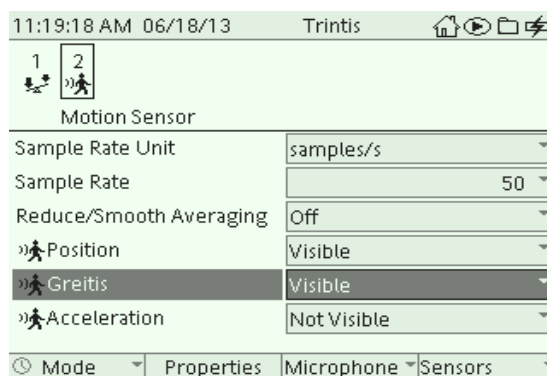
### GLX-o parengimas matavimui:

- 1.4. Spustelėkite Home  mygtuką. Atsidarys pagrindinis ekranas.

### Nustatymai:



Spustelėkite *F4* ir nukeliate į jutiklių (*Sensors*) piktogramą . Atsidariusiame jutiklių lange, matysite abu jutiklius: 1 asis – Judėjimo/Atstumo jutiklis. Jį pasižymėkite. Duomenų rinkimo dažnį nustatykite 50 matavimų per sekundę (4 pav.)

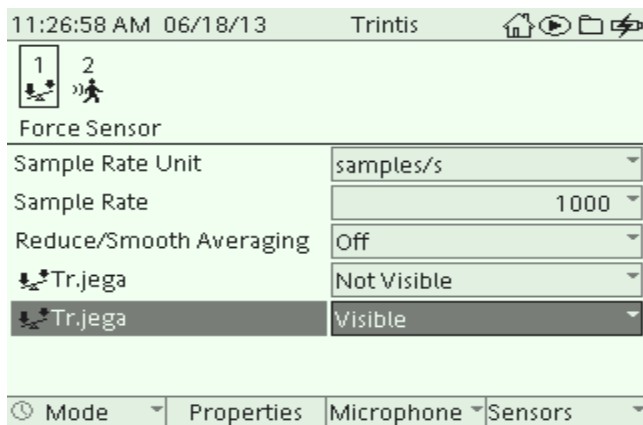
Kadangi tyrimo metu reikės įvertinti, ar konteineris buvo traukiamas pastoviu *greičiu*, tam pakeiskite: Greitis (*Velocity*) į padėtį matomas (*Visible*), kad GLX ekrane būtų matomas greičio priklausomybės nuo laiko grafikas.



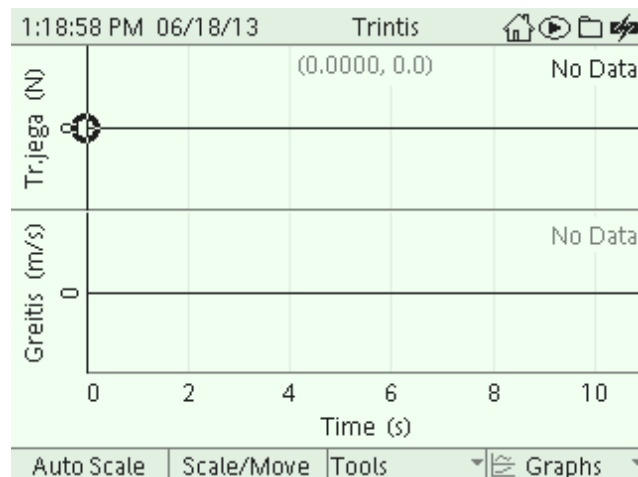
4 pav. Judėjimo/atstumo jutiklio duomenų rinkimo dažnis pasirinktas 50 matavimų per sekundę. Greitis - matomas (*Visible*).

Dabar kairiaja navigatoriaus rodykle nukeliate į jėgos jutiklį. Jėgos jutiklio duomenų rinkimo dažnį pasirinkite 1000 matavimų per sekundę. Jutiklio matuojamą 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 grafikus (*Two Graphs*) (6 pav.).



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



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



2. **Matavimų procedūros:** Sukurkite GLX lentelę (7 pav.) matavimų, skaičiavimų duomenims suvesti ir maksimalios rimties (statinės) bei slydimo (kinetinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos jėgos grafikams nubrėžti. Jeigu lentelė jau yra sukurta mokytojo, atidarykite duomenų failus (*Data Files*), pasirinkite failą su reikiamu pavadinimu ir atidarykite jį.

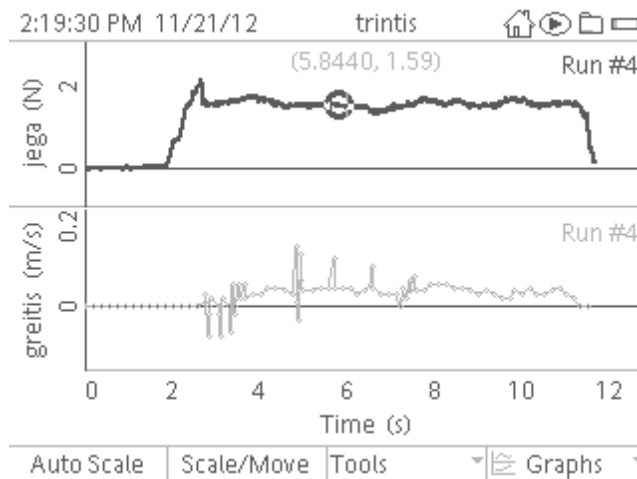
5:10:59 PM 06/16/13 Trintis lentelė

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

Statistics Edit Cell Edit Tables

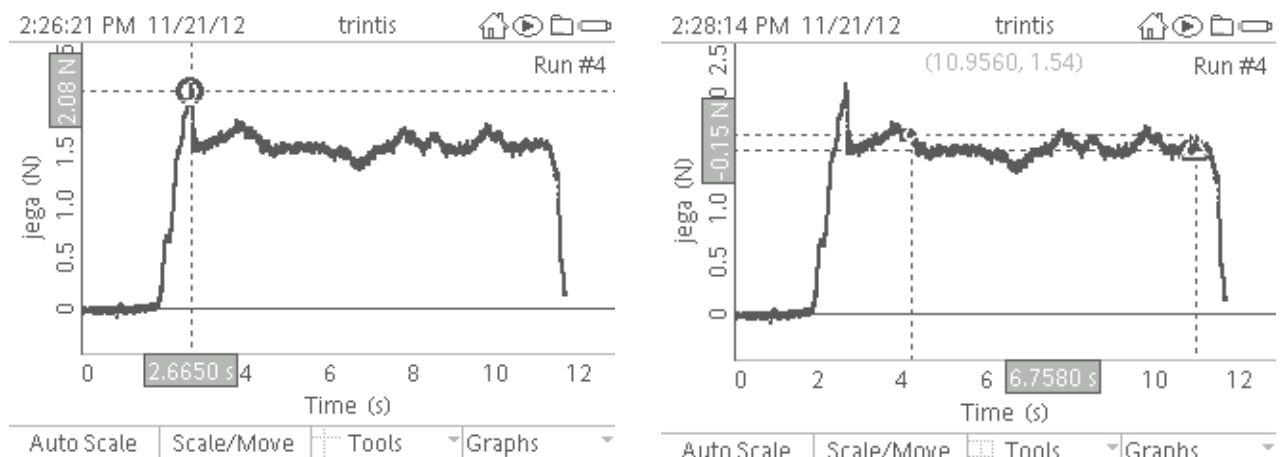
7 pav. GLX lentelė matavimų ir skaičiavimų duomenims suvesti

- 2.2. Pasirinkite konteinerį ir paviršių, kuriuo jį trauksite. Užrašykite į lentelę (6A pav.) laboratorinio darbo ataskaitos lape.
- 2.3. Raskite tuščio konteinerio masę (svorį). Raskite papildomų krovinėlių svorį. Apskaičiuokite normalinę 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 jutikliu konteinerį, tolindami jį nuo padėties/atstumo jutiklio.
- 2.7. Grafiniame GLX ekrane stebėkite besibrėžiančius grafikus (8 pav.). Kai greitis pasidarys beveik pastovus, spustelkite STOP  mygtuką.



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

- 2.8. Tyrimą su tuo pačiu konteineriu apkrautu su tais pačiais krovinėliais atlikite bent 3 kartus. Prieš kiekvieną matavimą nepamirškite spustelti jėgos jutiklio nunulinimo mygtuką. Kiekvienam atvejui iš grafiko raskite maksimalią rimties (statinę) ir slydimo (kinetinę) trinties jėgą. Apskaičiuokite šių jėgų vidurkius ir gautas vertes klaviatūra įveskite į GLX lentelę.
  - 2.9. Aukščiau aprašytus žingsnius kartokite trinties konteinerį apkraudami papildomais krovinėliais.
  - 2.10. Pasirinkite konteinerį kitos medžiagos pagrindu ir traukite jį tuo pačiu horizontaliu paviršiumi. (Tyrimo veiksmų seka tokia pati, kaip ir pirmuoju atveju.) Atramos reakcijos jėgą keiskite konteinerį apkraudami tais pačiais krovinėliais, kaip ir pirmuoju atveju.
  - 2.11. Užpildykite antrąją GLX lentelę konteineriui, kurio pagrindas pagamintas iš kitos medžiagos.
3. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė*** Grafiniame lange spustelkite F3, įrankių (Tools) mygtuką, ir iš meniu pasirinkite išmanųjį (Smart Tool) įrankį. Juo pasinaudokite nustatydami maksimalią rimties (statinę) 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 trinties konteineris judėjo pastoviu greičiu (10 pav.). Dar kartą spustelkite F3 ir, pasinaudodami statistikos (Statistics Tool) įrankiu, raskite vidutinę slydimo trinties jėgos vertę. Rastąją vertę įrašykite į GLX duomenų lentelę.



9 pav. Išmanusis įrankis rodo maksimalią statinę

trinties jėgą. Jos vertę matome patamsintame stačiakampyje prie „Y“ ašies.

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

- 3.3. Duomenų analizę atlikite kiekvienam matavimui atskirai ir baikite pildyti GLX lentelę ataskaitos lape (2A pav.).
- 3.4. Remiantis 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 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 (statinės) trinties koeficientą  $\mu_s$  ir slydimo (kinetinės) trinties koeficientą  $\mu_k$  abiem skirtingos medžiagos pagrindu konteineriams.
- 3.6. Maksimalios rimties (statinės) ir slydimo (kinetinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos jėgos grafikus, gautus remiantis tyrimo duomenimis, įterpkite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje arba pateikite atspausdintus.
- 3.7. Eksperimentiškai nustatytas trinties koeficientų vertes surašykite į lentelę (5A pav.) laboratorinio darbo ataskaitos lape.
- 3.8. Padaryke išvadas ir atsakykite į klausimus, pateiktus laboratorinio darbo ataskaitos lapo gale.

Laboratorinio darbo  
**MAKSIMALIOS RIMTIES (STATINĖS) IR JUDĖJIMO (KINETINĖS)  
TRINTIES KOEFICIENTŲ NUSTATYMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

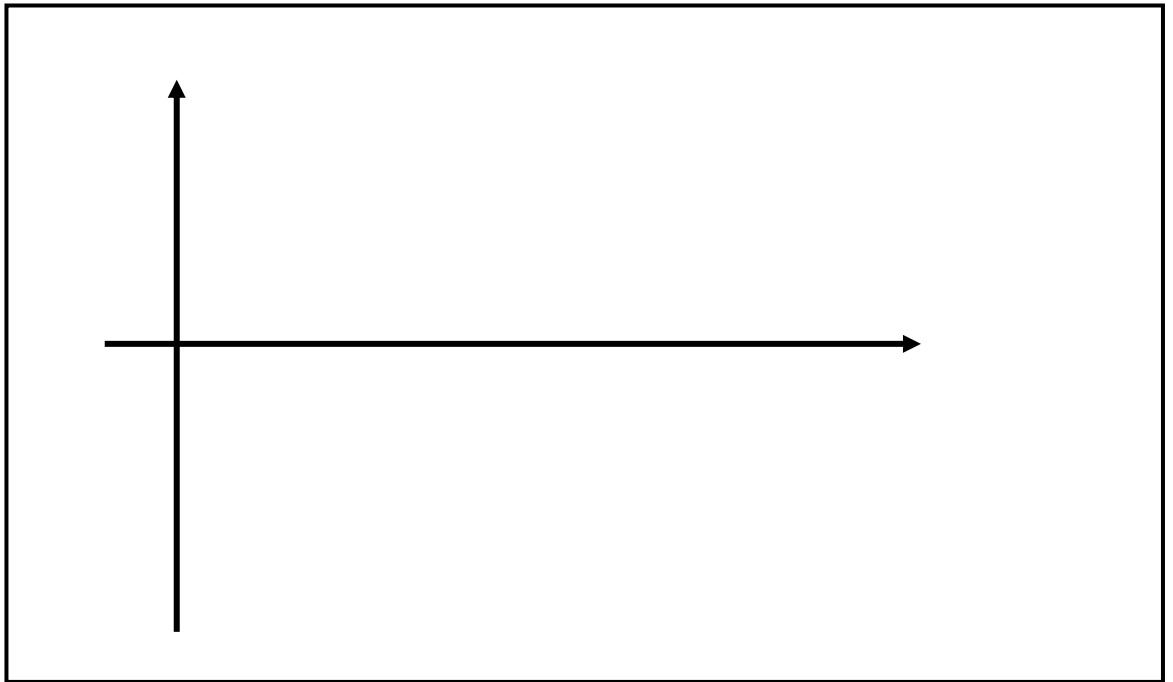
Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Prielaidos/hipotezės:*

- I. Manau, kad trinties koeficiento vertė priklauso nuo .....
- II. Manau, kad maksimalios rimties (statinės) ir slydimo (kinetinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos jėgos grafikai turėtų atrodyti taip:

1. Šioje vietoje įterpkite grafiko eskizą (1A. pav.).



**1A. pav.** Maksimalios rimties (statinės) ir slydimo (kinetinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos (normalinės) jėgos grafikų eskizas. Nepamirškite įvardinti ašis ir fizikinių dydžių matavimo vienetus.

2. Šioje vietoje įterpkite GLX lentelę su gautais tyrimo duomenimis(2A pav.)



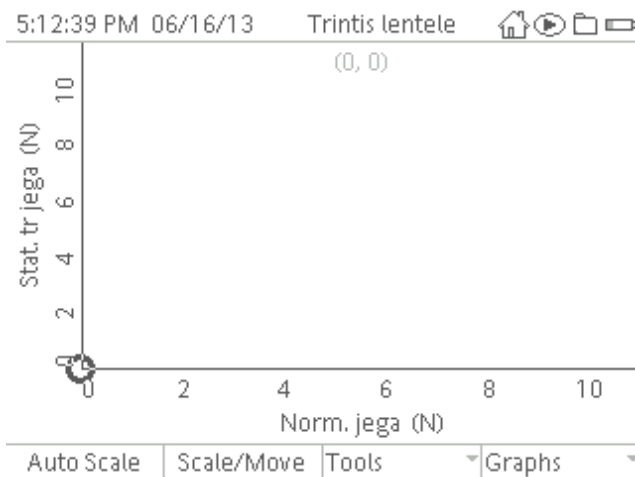
5:10:59 PM 06/16/13 Trintis lentelė

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

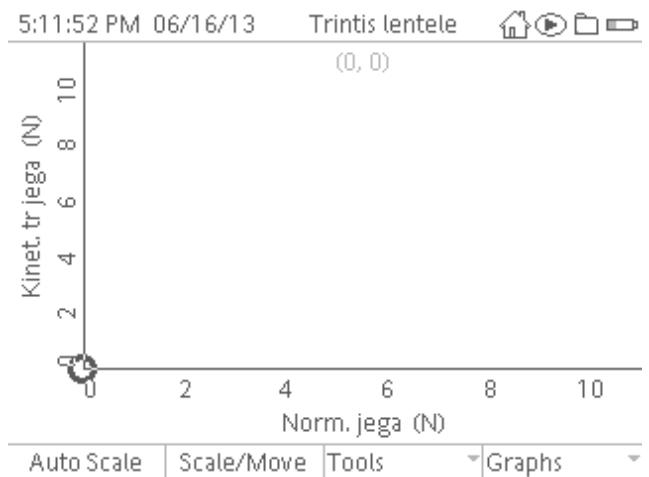
Statistics Edit Cell Edit Tables

**2A pav.**Vieta GLX lentelei su suvestais matavimų ir skaičiavimų duomenimis.

3. Šioje vietoje įterpkite GLX grafikus, gautus pagal tyrimo duomenis (3A pav.ir 4A pav.)



**3A pav.** Šioje vietoje įterpkite maksimalios rimties (statinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos (normalinės) jėgos grafiką.



**4A pav.** Šioje vietoje įterpkite slydimo (kinetinės) trinties jėgos priklausomybės nuo atramos reakcijos (normalinės) jėgos grafiką.

3.1. Palyginkite grafiko eskizą, su analogišku grafiku, gautu remiantis eksperimento duomenimis. Jeigu nesutampa, apginkite savo nuomonę, argumentuodami faktais . . . . .

Iš grafikų raskite  $\mu_s = \dots\dots\dots$  ir  $\mu_k = \dots\dots\dots$

4. Paviršiaus kuriuo buvo tempiamas konteineris, konteinerio pagrindo medžiagą ir grafiškai nustatytas trinties koeficientų vertes įrašykite į lentelę (5A pav.).

Paviršiaus, kuriuo buvo traukiamas konteineris, medžiaga	Konteinerio pagrindo medžiaga	$\mu_s$	$\mu_k$
Medis	Veltinis		
Medis	Kamštis		

**5A pav.** Lentelė konteinerio pagrindo medžiagai ir gautom trinties koeficientų vertėms įrašyti.

Palyginkite  $\mu_s$  ir  $\mu_k$ . Kuris iš jų didesnis? .....

### Išvados:

- Padaryke išvadą 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: .....
- Padaryke išvadą apie  $F_s = f(F_N)$  grafiko krypties koeficiento fizikinę prasmę: ..... ir  $F_k = f(F_N)$  grafiko krypties koeficiento fizikinę prasmę: .....
- Padaryke išvadą apie tai, nuo ko priklauso rimties (statinės) ir slydimo (kinetinės) trinties koeficientas .....
- Palyginkite savo grupėje gautus rezultatus, su analogiškais rezultatais, gautais kitose grupėse.
- Apsvarstykite tyrimo rezultatus tarp grupių ir padarykite apibendrintas išvadas, atsakančias į tyrimo užduoties klausimus. ....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite trinties koeficientą. 2. Nuo ko priklauso trinties koeficientas? 3. Kaip jėgos jutikliu reikia traukti konteinerį horizontaliu paviršiumi, kad teisingai išmatuoti slydimo trinties jėgą? 4. Kokia judėjimo/atstumo jutiklio paskirtis šiame eksperimente? 5. Lyginant rimties, slydimo ir riedėjimo trinties koeficientus, kuris iš jų didžiausias? Mažiausias?	

## 2.1.4 HUKO DĒSNIS

(Gniuždymo deformacija)

(Vežimėlių svaidyklės spyruoklių standumo nustatymas)

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

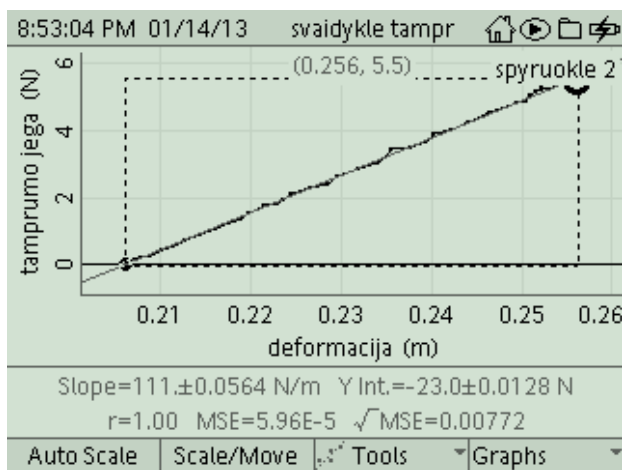
Gniuždant spyruoklę, joje atsiranda tamprumo jėga, kuri priešinasi gniuždančiai jėgai. Kuo labiau suspaudžiame spyruoklę, tuo labiau ji priešinasi, tuo didesnė tamprumo jėga joje atsiranda. Atsiradusi tamprumo jėga yra tiesiog proporcinga deformacijai.

Daugeliui spyruoklių (tam tikrose tamprumo ribose) galioja ryšys:  $F_x = -kx$

$k$  – spyruoklės standumas.

$k = F_x / |x|$ .

$x$  - spyruoklės deformacija /poslinkis iš pusiausvyros padėties. Šis santykis, Huko dėsniai paklustančiai spyruoklei, yra pastovus dydis ir vadinamas spyruoklės standumu. . Tarp spyruoklėje atsirandančios tamprumo jėgos ir deformacijos yra tiesioginis sąryšis. Jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafike jis vaizduojamas tiese, kurios krypties koeficientas lygus standumui (1 pav.).



1 pav. Jėgos-deformacijos grafike tiesės krypties koeficientas reiškia spyruoklės standumą. Jo vertę matome užrašę po grafiku: Standumas  $k = (111,0 \pm 0,0564) \text{ N/m}$

### LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Tyrimą atliksite su vežimėlių svaidyklės spyruoklėmis ir dviem jutikliais: jėgos ir atstumo/padėties. Jūs pajusite didėjančią jėgą, kai, traukdami *jėgos jutikliu*, gniuždysite pritvirtintą prie vežimėlių svaidyklės spyruoklę. Suspaustos spyruoklės deformaciją matuos judėjimo/atstumo *jutiklis*. GLX'o ekrane stebėsite besibrėžiantį tikralaikį jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafiką. Spyruoklės standumą nustatysite pagal grafiko krypties koeficientą (1 pav.).

Tyrimą atliksite su trim vienodų geometrinių parametrų skirtingo standumo spyruoklėmis.

Rasite ir palyginsite trijų svaidyklės spyruoklių standumus. Patikrinsite, ar kiekvienai iš jų galioja Huko dėsnis.

Užpildysite laboratorinio darbo ataskaitos lapą, padarysite išvadas ir atsakysite į klausimus.

### EKSPERIMENTAS

*Tyrimo problema:*

Koks yra sąryšis tarp spyruoklėje atsirandančios tamprumo jėgos ir deformacijos, gniuždymo atveju?

**Tyrimo hipotezė:**

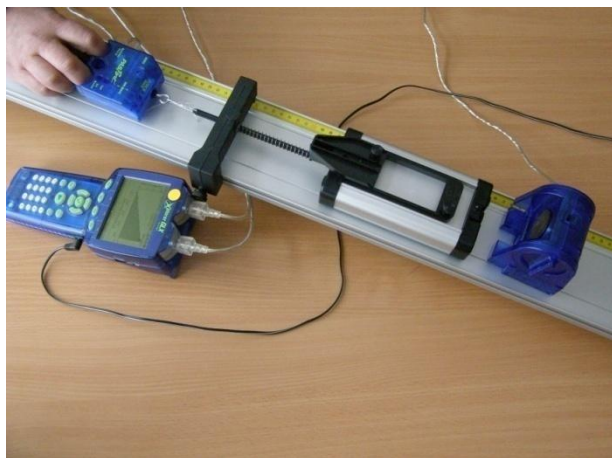
gnuždant spyruoklę, joje atsiranda tamprumo jėga, kuri yra tiesiog proporcinga deformacijai.

**Ekspimento tikslas:**

Gavus  $F_x = f(x)$  grafiką, nustatyti spyruoklių standumą.

**Ekspimento priemonės ir medžiagos:**

- Vežimėlių svaidyklė (su trim 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;
- Judėjimo/Atstumo jutiklis;
- Xplorer'is GLX;
- *Nebūtina:* Kompiuteris su įdiegta DataStudio programa.



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



2 pav.a. Į svaidyklės komplektą įeina trys skirtingo standumo, vienodų (beveik)geometrinių parametrų spyruoklės: Juoda (kieta). Standumas  $k_j = 132$  N/m; Mėlyna (vidutinio standumo)  $k_m = 111$  N/m; Raudona (minkšta)  $k_r = 80,5$  N/m. (Čia pateiktas tyrimo metu gautas spyruoklių standumas. Paklaidų ribose jis sutinka su kataloge pateiktu šių spyruoklių standumu.)

**Darbo eiga**

1. **Priemonių parengimas darbui**

1.1. Įrenginys sumontuojamas, kaip 2 pav.:

1.1.1. Svaidyklė dviem varžtais pritvirtinama prie vežimėlio.

1.1.2. Ant svaidyklės stryo 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 užtvaros/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, ją deformuojant (gniuždant).
- 1.1.6. Judėjimo/Atstumo 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. Judėjimo/Atstumo jutiklis registruos spyruoklės deformaciją (sutrumpėjimą) ją gniuždant.
- 1.2. GLX'o parengiamas matavimui dviem jutikliais:
  - 1.2.1. Jėgos jutiklį įjunkite į pirmąjį GLX jutiklių lizdą; judėjimo/atstumo jutiklį – į antrąjį.
  - 1.2.2. Prijungus jutiklius, atsidaro 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. Pasinaudojus pasiūlymu (Data Properties), koordinatų ašis įvardinkite lietuviškai. Nustatykite matavimų dažnį: abiem 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 ekrane stebėkite besibrėžiantį jėgos priklausomybės nuo deformacijos 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 failą su pavadinimu, tarkime, “Svaidyklės spyruoklių standumas”.

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

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė*

Eksperimento rezultatus analizuokite nagrinėdami jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafikus, kuriuos gausite trims skirtingo standumo spyruoklėms. Gautus eksperimentinius duomenis aproksimuokite tiesėmis ir pagal tiesių krypties koeficientus raskite spyruoklių standumus.

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

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

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



Laboratorinio darbo  
**HUKO DĒSNIS**  
(Gniuždymo deformacija)

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

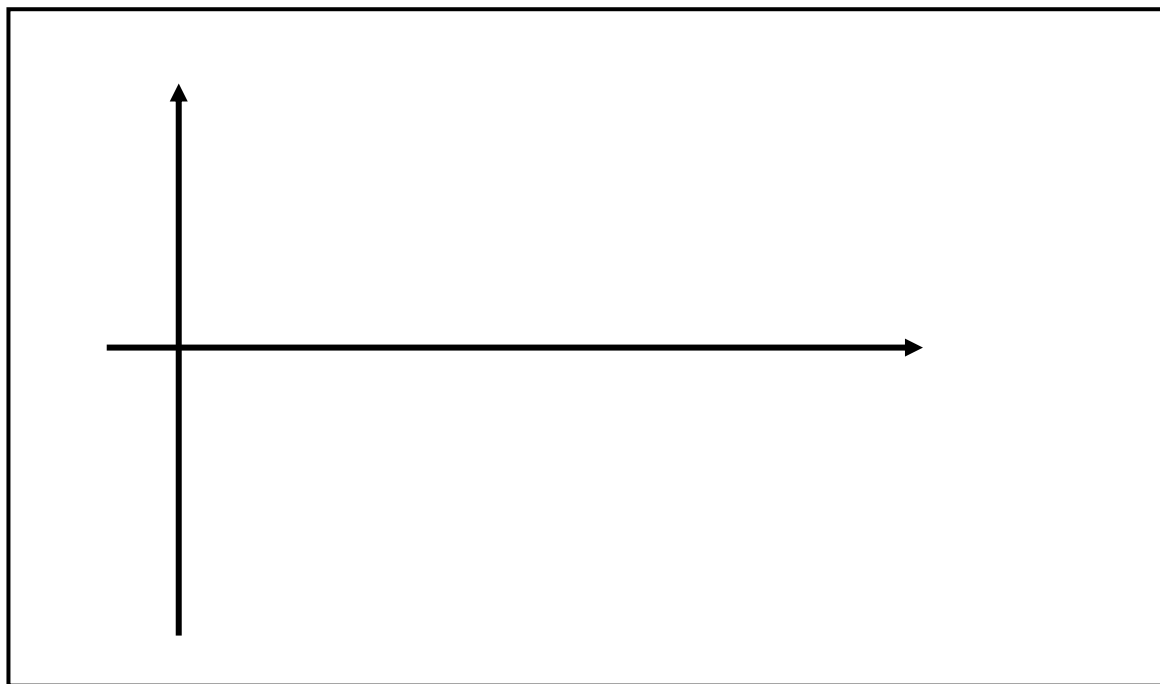
Partneriai. ....

*Prielaidos/hipotezės:*

I. Manau, kad spyruoklių standumas priklauso nuo .....

II. Manau, kad tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafikas tampriai spyruoklei turėtų atrodyti taip:

1. Šioje vietoje įterpkite grafiko eskizą (1A. pav.).



**1A. pav.** Tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafiko eskizas. Nepamirškite įvardinti ašis ir fizikinių dydžių matavimo vienetus.





- Apsvarstykite tyrimo rezultatus tarp grupių ir padarykite apibendrintas išvadas. ....  
.....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nusakykite Huko dėsnį.</li> <li>2. Kas yra absoliutinė deformacija?</li> <li>3. Kas yra standumas?</li> <li>4. Kas sukelia gniuždymo deformaciją?</li> <li>5. Ką fizikoje reiškia tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafiko krypties koeficientas?</li> <li>6. Užrašykite <math>y = mx + b</math> lygtis tamprumo jėgos priklausomybės nuo deformacijos grafikams (tirtoms spyruoklėms):            Juodai .....            Mėlynai .....            Raudonai .....</li> <li>7. Palyginkite deformuojančias jėgas reikalingas 1 cm sugniuždyti juodąją ir tiek pat raudonąją spyruoklę?</li> <li>8. Kaip manote, dėl ko skyrėsi spyruoklių standumai?</li> <li>9. Kur jūsų aplinkoje susitinkate su gniuždymo deformacijom?</li> </ol>	

## 2.1.5 ŠOKINĖJANČIO KAMUOLIO ENERGIJŲ VIRSMAI

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Konservatyvios sistemos mechaninė energija nekinta:  $E = E_p + E_k = \text{const}$ . 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 ATLIKIMO YPATUMAI

Stove, tam tikrame aukštyje virš grindų, įmontuosite judesio/atstumo jutiklį. 15-20 cm atstumu nuo jo laikysite kamuolį, kurį iš rankų paleisite laisvai kristi. Šokinėjančio kamuolio judėjimo grafiką užrašys GLX'as su judesio/atstumo jutikliu. Gautus duomenis panaudosite skaičiuodami potencinę energiją ir kinetinę energiją. Gausite potencinės energijos (paveiksluose ji pažymėta (*gpe*)) priklausomybės nuo laiko, kinetinės energijos (paveiksluose ji pažymėta (*ke*)) priklausomybės nuo laiko ir pilnutinės mechaninės energijos (paveiksluose ji pažymėta (*sum*)) grafiką.

Atliksite šių grafikų analizę ir aprašysite šokinėjančio kamuolio energijų virsmus.

### EKSPERIMENTAS

#### *Tyrimo problema:*

Kokie energijų virsmas vyksta šokinėjant kamuoliui? Ar išsilaiko mechaninė energija tarp smūgių į grindis metu?

#### *Tyrimo hipotezė:*

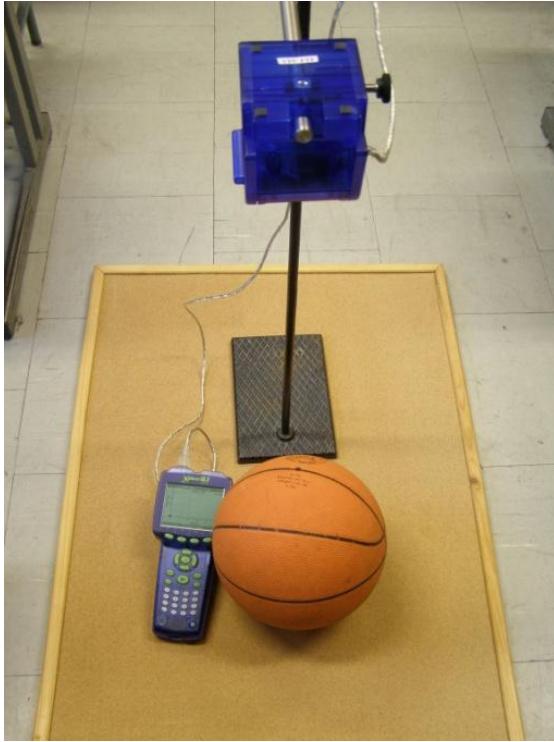
Šokinėjant kamuoliui, pilnutinė mechaninė energija mažėja, o tarp smūgių į grindis - išsilaiko.

#### *Eksperimento tikslas:*

įrodyti, kad tarp smūgių į grindis mechaninė energija išsilaiko.

### Eksperimento priemonės:

- Kamuolys
- Judėjimo/Atstumo jutiklis
- Xplorer'is GLX
- Universalusis stovas su reikmenimis



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





1 pav.a. Kamuolys laikomas 15-20 cm atstumu nuo judėjimo/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.

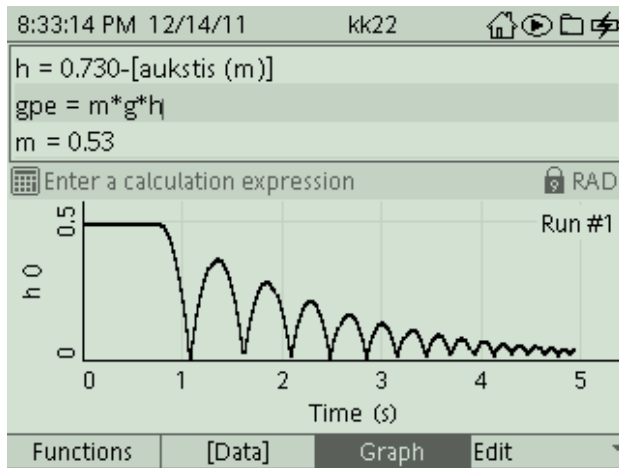
### 2. *Matavimų procedūros:*

- 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 judesio/atstumo jutiklio atžvilgiu. Jį pertvarkykite taip, kaip parodyta 2 paveiksle.

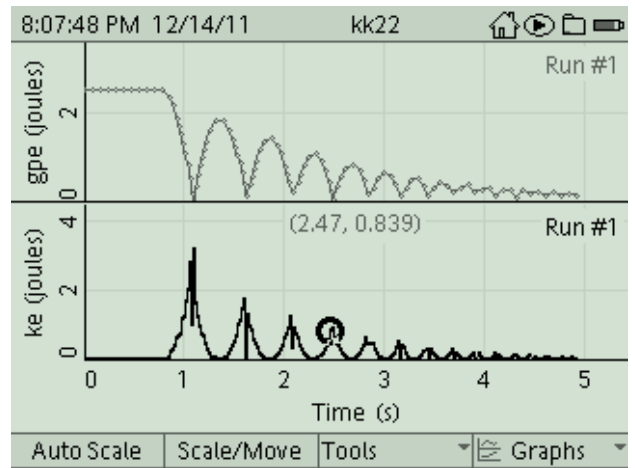
### 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

- 3.1. Spustelėkite "Home" → F3 - pasirinkite skaičiuoklio (Calculator) langą.
- 3.2. GLX skaičiuoklio lange įrašykite potencinės energijos išraišką:  $gpe = m \cdot g \cdot h$  . Įrašykite kamuolio masę (m) ir laisvojo kritimo pagreitį (g), bei, pasinaudodami duomenų įvedimo funkcija ([Data]) F2,- koordinatės (žemės atžvilgiu) priklausomybės nuo laiko matavimo duomenis.

3.3. Peržiūrėkite potencinės energijos priklausomybės nuo laiko grafiką (Žr. 3 pav. viršutinis grafikas).



2 pav. Šokinėjančio kamuolio koordinatės (žemės atžvilgiu) priklausomybės nuo laiko grafikas.

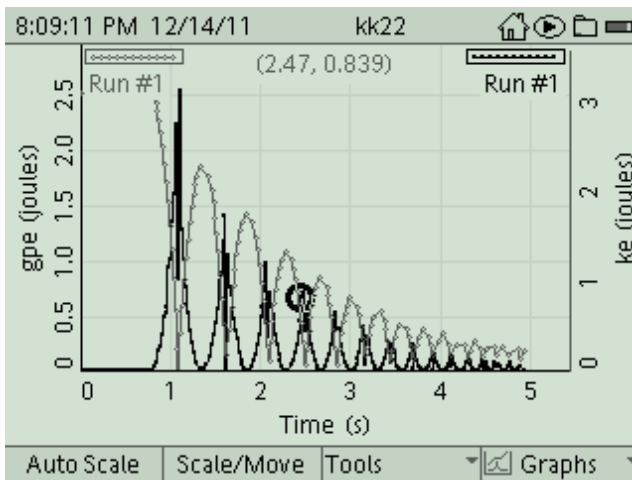


3 pav. Šokinėjančio kamuolio potencinės (viršuje) ir kinetinės energijos (apačioje) grafikai.

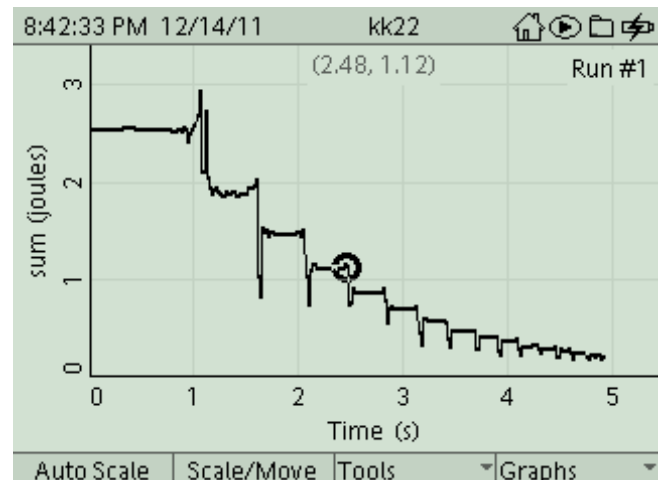
3.4. GLX skaičiuoklio lange įveskite kinetinės energijos išraišką (paveiksluose ji pažymėta „ke“):  $ke = 0,5 * m * v^2$ . Įveskite konstantas ir  $v^2$  matavimų duomenis, pasinaudodami matavimo duomenų įvedimo funkcija ([Data]) F2. Greitį pakelkite kvadratu, pasinaudodami skaičiuoklio lange esančia funkcija (Functions) F1. Peržiūrėkite kinetinės energijos priklausomybės nuo laiko grafiką. (Žr. 3 pav. apatinį grafiką).

3.5. GLX 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. )

3.6. GLX'o kalkuliatoriaus lange įveskite pilnutinės „sum“ mechaninės energijos išraišką:  $sum = gpe + ke$ . Peržiūrėkite pilnutinės mechaninės energijos nuo laiko grafiką. (Žr. 4 pav. )



3 pav.a. Grafiniame lange, pasinaudojus komanda „du matavimai“ (*Two Measurements*) potencinės ir kinetinės energijos kitimo grafikus matome kartu.



4 pav. Šokinėjančio kamuolio pilnutinės mechaninės energijos kitimo grafikas.

Laboratorinio darbo  
**ŠOKINĖJANČIO KAMUOLIO ENERGIJŲ VIRSMAI**

Ataskaitos lapas

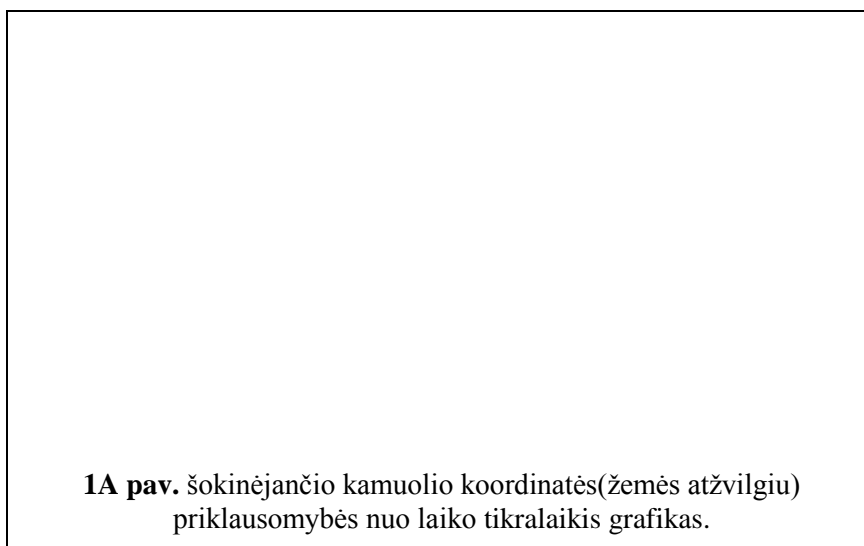
Data .....

Pavardė, vardas .....

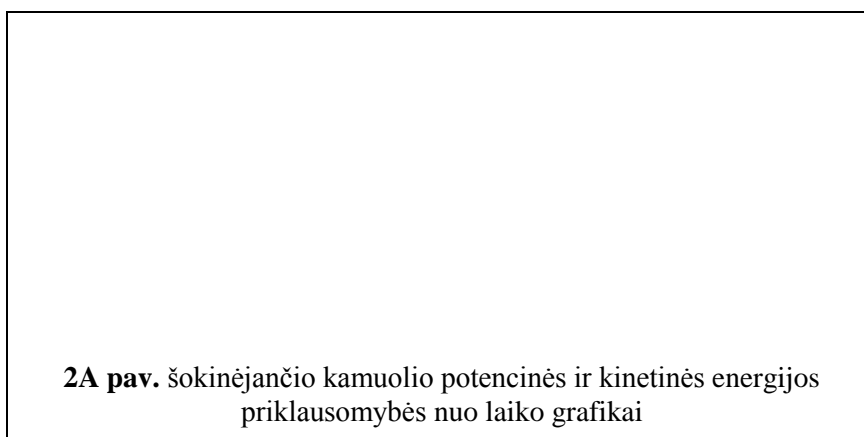
Partneriai .....

*Prielaida/hipotezė:* .....

1. Šioje vietoje įterpkite šokinėjančio kamuolio koordinatės (žemės atžvilgiu) nuo laiko grafiką (1A pav.).



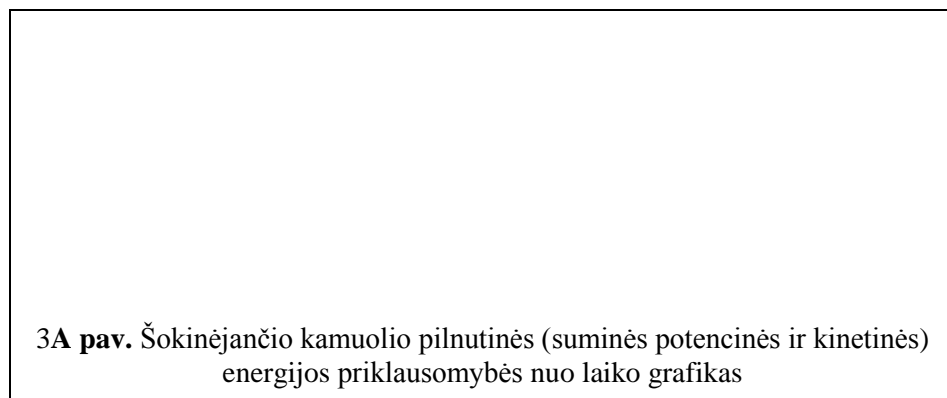
2. Šioje vietoje įterpkite šokinėjančio kamuolio potencinės ir kinetinės energijos priklausomybės nuo laiko grafikus (2A pav.).



- 2.1. Sumaniuoju įrankiu/Smart tool raskite kamuolio potencinės energijos vertę prieš paleidžiant jį iš rankų ir tuo pat metu jo kinetinės energijos vertę :

- $pe_1 = \dots$
  - $ke_1 = \dots$
  - Palyginkite šias vertes:  $\dots$
  - Kam turėtų būti lygi pilnutinė mechaninė energija šiame taške?  $\dots$
  - Raskite pilnutinės mechaninės energijos vertę šiame taške pilnutinės energijos grafike (3A pav.).  $\dots$  Ar vertės sutampa?  $\dots$
- 2.2. Sumaniuoju įrankiu potencinės energijos grafike pažymėkite vietą, kai kamuolys pirmą kartą atsitrenkia į žemę. Raskite tame taške:
- Potencinę energiją,  $pe_2 = \dots$
  - Kinetinę energiją,  $ke_2 = \dots$
  - Palyginkite šias vertes:  $\dots$
  - Kam turėtų būti lygi pilnutinė mechaninė energija šiame taške?  $\dots$
  - Raskite pilnutinės mechaninės energijos vertę šiame taške pilnutinės (suminės) energijos grafike (3A pav.).  $\dots$  Ar vertės sutampa?  $\dots$
- 2.3. Raskite kamuolio greitį pirmojo smūgio į žemę momentu.  $\dots$

3. Šioje vietoje įterpkite šokinėjančio kamuolio pilnutinės (suminės potencinės ir kinetinės) energijos priklausomybės nuo laiko grafiką (3A pav.).



3.1. Raskite, kiek džaulių mechaninės energijos prarandama:

- Po pirmojo smūgio į žemę  $\dots$
- Po antrojo  $\dots$
- Po trečiojo  $\dots$
- Kokiomis energijos rūšimis smūgio į žemę metu virsta mechaninė energija?  $\dots$

### Išvados:

- Padarykite išvadą apie tai, kaip kinta kamuolio *potencinė energija* jam krintant:  $\dots$   
Kylant:  $\dots$
- Padarykite išvadą apie tai, kaip kinta kamuolio *kinetinė energija* jam krintant:  $\dots$   
Kylant:  $\dots$

- Padarykite išvadą apie tai, kaip, šokinėjant kamuoliui, kinta jo pilnutinė mechaninė energija: .....
- Padarykite išvadą apie tai, ar išsilaiko mechaninė energija tarp smūgių į žemę metu: .....
- Pateikite duomenų, kurie patvirtintų jūsų išvadą: .....
- Padarykite išvadą apie tai, 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? .....
- Palyginkite savo grupėje gautus rezultatus su analogiškais rezultatais, gautais kitose grupėse. Apsvarstykite tyrimo rezultatus tarp grupių ir padarykite apibendrintas išvadas. ....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ką teigia mechaninės energijos tvermės dėsnis?</li> <li>2. Apibrėžkite potencinę energiją. Kam lygi potencinė energija?</li> <li>3. Apibrėžkite kinetinę energiją. Kam ji yra lygi?</li> <li>4. Kokia pilnutinės mechaninės energijos kitimo tendencija šokinėjant kamuoliui?</li> <li>5. Kokios energijos rūšimis kamuolio smūgio į grindis metu pavirsta dalis mechaninės energijos?</li> </ol>	

## 2.1.6 SVYRUOJANČIO KŪNO ENERGIJOS VIRSMAI

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Harmoniškai svyruojančio kūno pilnutinė energija lygi jo kinetinės ir potencinės energijų sumai:

$$E = E_k + E_p = \text{const.}$$

Ant spyruoklės pakabinto svyruojančio pasvaro pilnutinė energija lygi:

$$E = m v^2/2 + kx^2/2$$

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

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

Kraštinėse padėtyse

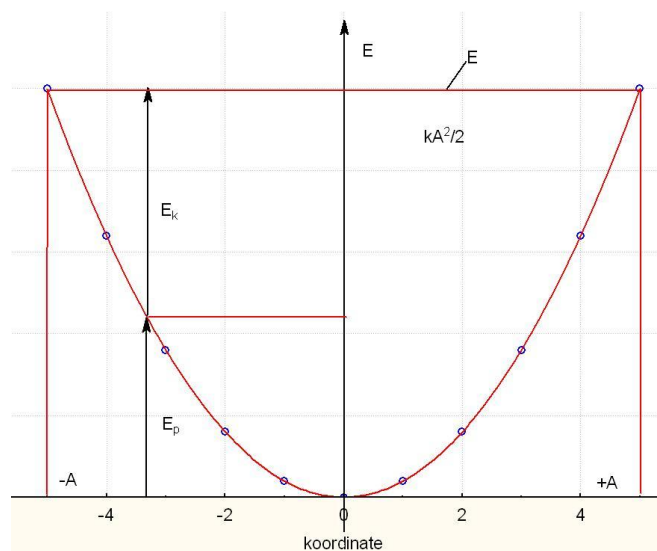
$$E = E_{p \max} = kx_{\max}^2/2 = kA^2/2,$$

o pereinant pusiausvyros padėtį:

$$E = E_{k \max} = m v_{\max}^2/2 = m \omega_0^2 A^2/2 = kA^2/2.$$

Vadinasi, svyruojančio pasvaro potencinė energija periodiškai virsta kinetine ir atvirkščiai. Šie virsmai atitinka mechaninės energijos tvermės dėsnį. Todėl harmoninio svyravimo pilnutinė energija nekinta ir visą laiką lygi  $kA^2/2$ . (1 pav.). Taigi, svyruojančio kūno pilnutinė energija priklauso tik nuo svyravimo amplitudės ir sistemos tamprumo.

Šie teiginiai ir išvados tinka tik harmoniškai svyruojančiam kūnui.



**1 pav.** Harmoninio svyravimo pilnutinė energija nekinta ir visą laiką lygi  $kA^2/2$ .

### LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

GLX‘u užrašysite ant spyruoklės pakabinto pasvaro svyruojamąjį judėjimą. Radę svyravimo amplitudę ir žinodami spyruoklės standumą, apskaičiuosite pilnutinę svyravimo energiją.

Rasite pasvaro masę ir gausite potencinės energijos grafiką. Iš jo nustatysite maksimalią potencinę energiją.

Gausite kinetinės energijos grafiką. Iš jo nustatysite maksimalią kinetinę energiją.

Gausite potencinės ir kinetinės energijos sumos grafiką. Iš jo rasite šių energijų sumos vertę. Gautas energijų vertes palyginsite ir padarysite išvadas.



## EKSPERIMENTAS

### *Tyrimo problema:*

Kokie energijų virsmai vyksta harmoningai pasvarui svyruojant? Ar išsilaiko šiuo atveju pilnutinė energija?

### *Tyrimo hipotezė:*

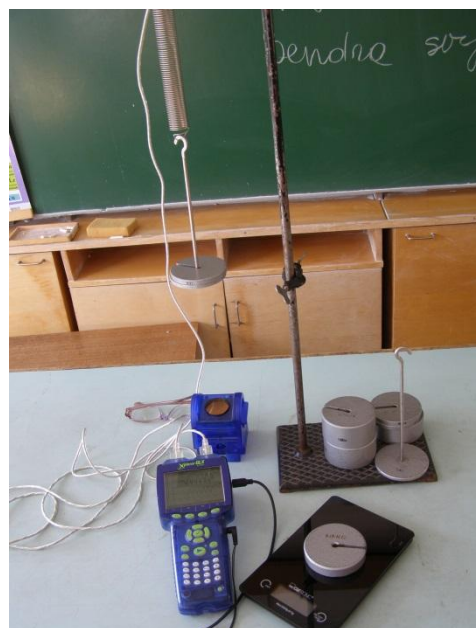
Harmoningai pasvarui svyruojant, potencinė energija (elastinė) virsta kinetine ir atvirkščiai, o pilnutinė energija išsilaiko.

### *Eksperimento tikslas:*

Nustatyti maksimalios potencinės (elastinės) energijos vertę, maksimalios kinetinės energijos vertę. Įrodyti, kad pilnutinė energija išsilaiko.

### Eksperimento priemonės:

- Spyruoklių rinkinys
- Krovinėlių su pakabukais rinkinys
- Stovas su reikmenimis
- Grafinis duomenų kaupiklis Xplorer GLX /PASPORT/
- PASPORT Padėties/atsumo jutiklis/Motion Sensor
- *Nebūtina:*
- Elektroninės svarstyklės
- Kompiuteris su įdiegta "DataStudio" programa (Jeigu eksperimentas atliekamas kaip demonstracinis tyrimas).



2 pav. Sumontuoto įrenginio 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 Padėties jutiklis (jo darbinis paviršius nukreipiamas tiesiai į lėkštelės dugną).

Numatoma, kad apkrovas lėkštelę papildomom masėm ir išvedus sistemą iš pusiausvyros padėties, atstumas iki Padėties Jutiklio, pastatyto po lėkštele, būtų ne mažesnis kaip 15 cm.

1.1.4. Ant stovo pagrindo uždėkite masyvų kūną.

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

1.2.1. Į pirmąjį GLX'o lizdą (viršuje) įjungiamas Padėties Jutiklis.

1.2.2. Jungiklis ant Padėties Jutiklio korpuso perjungiamas į padėtį „Vežimėlis“

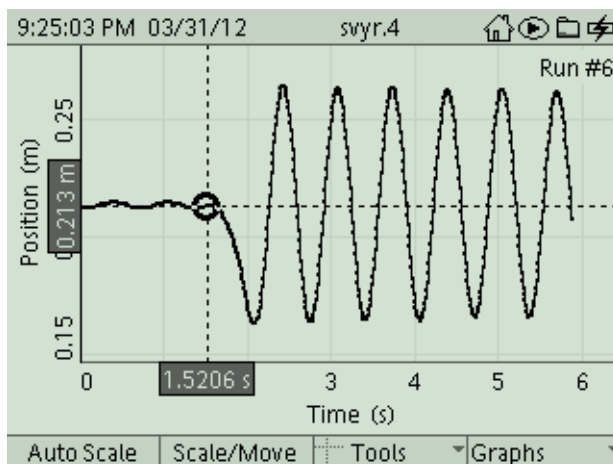
1.2.3. Atidaromas GLX'o Home" ekranas, nukeliamama į „Sensors“(F4) ir pasirenkamas matavimų dažnis - 100 matavimų per sekundę.

1.2.4. Grįžus 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, pradedamas matavimas: nuspaudžiamas „Start“ mygtukas, po poros sekundžių sistema išvedama iš pusiausvyros padėties (strenkitės, kad sistema svyruotų stačiai ir svyruojanti masė su spyruokle nevibruotų į šonus.).

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



**3 pav.** Harmoningai svyruojančio kūno koordinatės nuo laiko tikralaikis grafikas.

**Pastaba:** Jeigu sistema pradėjo svyruoti į šonus arba atsirado kiti nesklandumai matuojant (pasimaišė ranka arba kabelis), matavimą kartokite tol, kol gausite tobulą svyravimo užrašymą.

2.2.1. Matavimų duomenis išsaugokite GLX'e:

„Home“ → „Data Files“ → „Save“(F2) → „Files“ (F4) → „Rename“ (3) ir dar kartą → „Save“(F2).

2.2.2. Grįžkite į išsaugotą Failą.

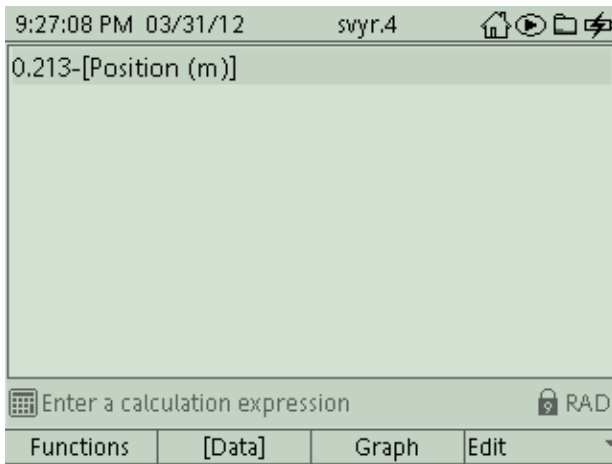
Jei norite išsaugoti GLX'o Flash'e: „Home“ → „Data Files“ → „Copy File“ (F3) → „OK“ ir su dešine rodykle iš „RAM“ → „Flash“ → „Save“(F2).

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

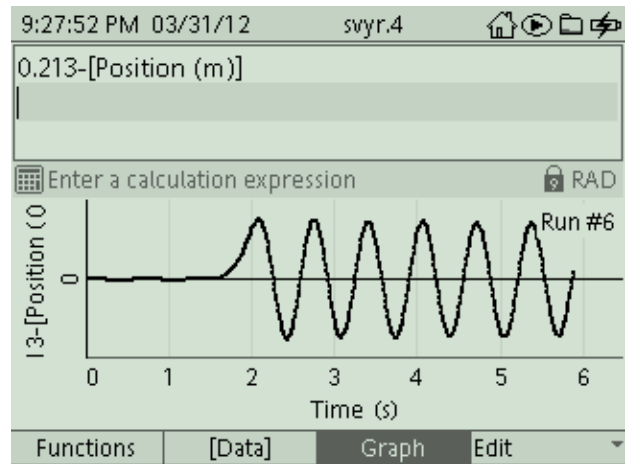
Iš harmoningai svyruojančio kūno koordinatės nuo laiko grafiko randama svyravimo amplitudė,  $A$  ir pagal lygtį:  $E = kA^2 / 2$ , apskaičiuojama pilnutinė energija.

Jūsų sistema svyravo apie pradinę padėtį 0,213 m atstumu nuo Padėties/Atstumo jutiklio. Kur kas patogiau matyti svyravimą apie „0“ padėtį.

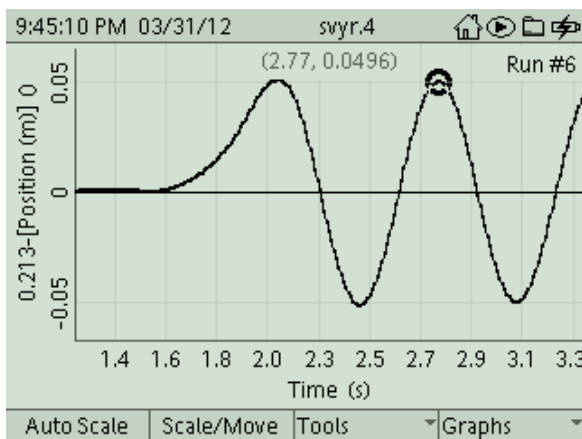
Tai atliekama taip: atsidarius GLX kalkuliatoriaus langą (F3), užrašome pradinę padėties koordinatę, ir iš jos atimame padėties/koordinatės nuo laiko duomenis (4 pav.a).



**4 pav. a.** Kalkuliatoriaus lange užrašome: 0,213 - , po to spaudžiame [Data], iš ten pasirenkame „Position(m)“. Atsiranda lygtis, kurią matote GLX kalkuliatoriaus lango viršuje. Paspaudžiame patvirtinimo mygtuką.



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



**4 pav.c.** Grįžus į grafinį ekraną, sumaniuoju įrankiu /Smart tool/ randama svyravimo amplitudė:  $A = 0.0496$  m.

**Pastaba:**

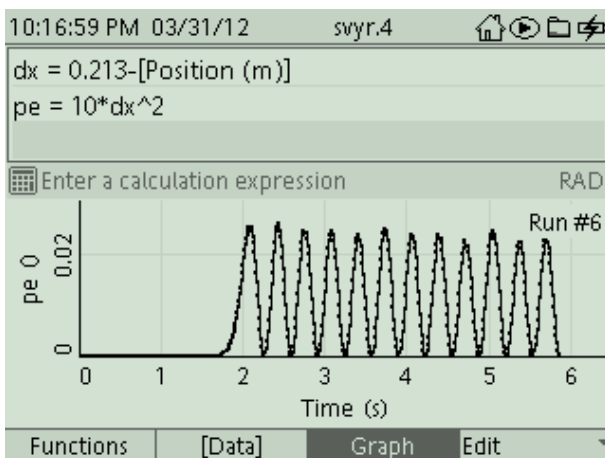
(Spyruoklės standumą,  $k$  pasakys mokytojas.)

Apskaičiuojama pilnutinė svyravimo energija pagal lygtį:

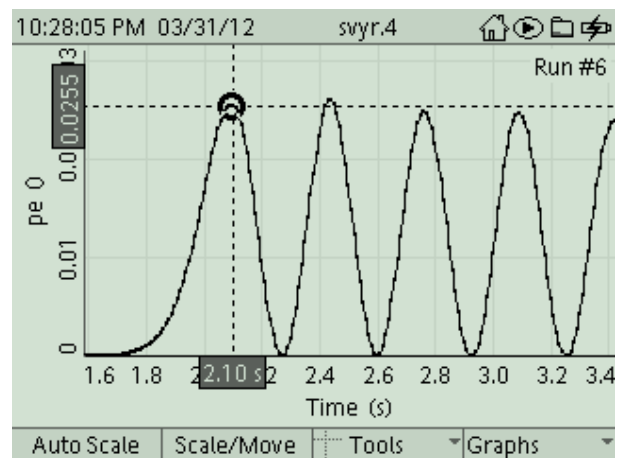
$$E = kA^2/2 = 20 * (0.05)^2/2 = 0.025 \text{ (J)}.$$

Čia  $k = 20$  N/m.

3.1. GLX kalkuliatoriaus lange užrašoma lygtis, potencinei energijai apskaičiuoti:  $pe=10*dx^2$  ir nubrėžiamas potencinės energijos ( $pe$ ) nuo laiko grafikas.



**5 pav.a.** GLX'o kalkuliatoriaus lange įrašius deformuotos spyruoklės potencinės energijos išraišką:  $pe=10*dx^2$ , peržiūrimas potencinės

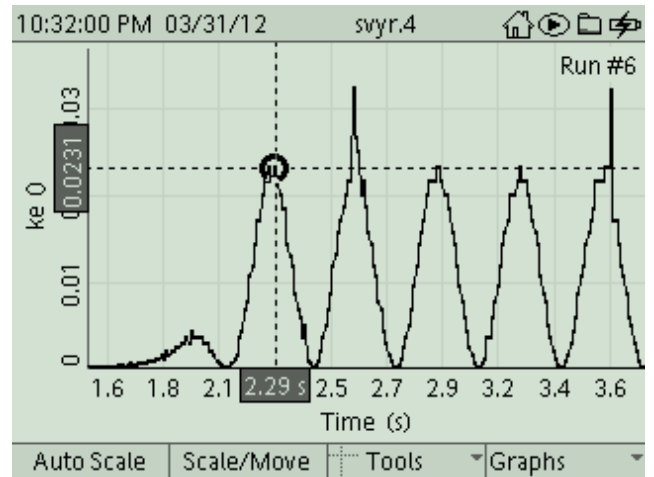
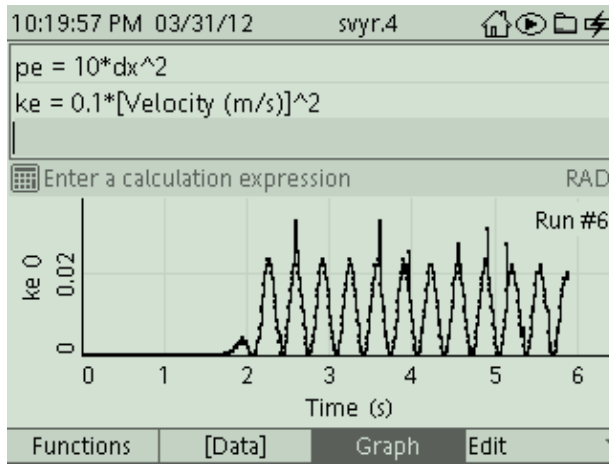


**5 pav.b.** GLX'o grafiniame lange „pe“ grafikas padidinamas ir sumaniuoju įrankiu „Smart Tool“ atskaitoma maksimali potencinė energija. Mūsų

energijos nuo laiko grafikas. Palyginkite šį grafiką su koordinatės nuo laiko grafiku (3 pav.).

atveju ji lygi 0.0255 J

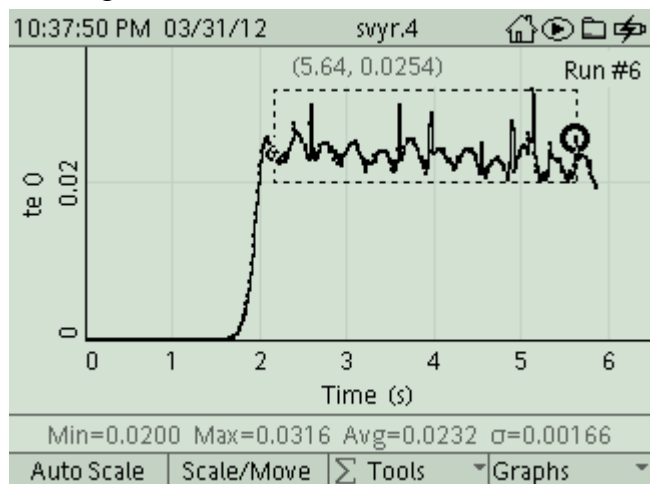
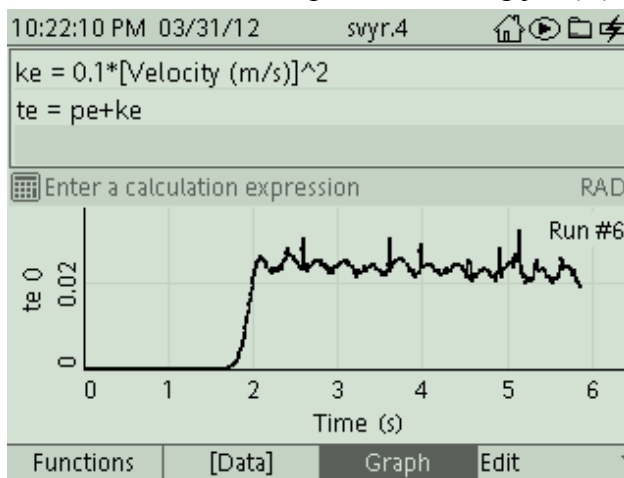
3.2. GLX kalkuliatoriaus lange užrašoma lygtis, kinetinei energijai apskaičiuoti ir nubrėžiamas kininės energijos ( $ke$ ) nuo laiko grafikas.



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

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

3.3. GLX kalkuliatoriaus lange užrašoma lygtis, pilnutinei svyravimo energijai ( $te$ ) apskaičiuoti ir nubrėžiamas pilnutinės energijos ( $te$ ) nuo laiko grafikas.



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

**7 pav.b.** 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 kininę energiją (6 pav.b), geriau naudotis ne „SmartTool“, bet statistikos „Statiscs“ įrankiu.*

Laboratorinio darbo  
**SVYRUOJANČIO KŪNO ENERGIJOS VIRSMAI**

Ataskaitos lapas

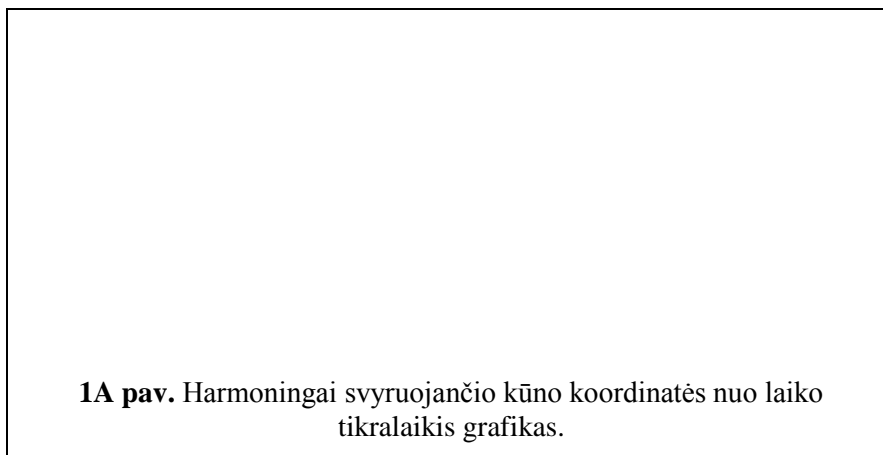
Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Prielaida/hipotezė:* .....

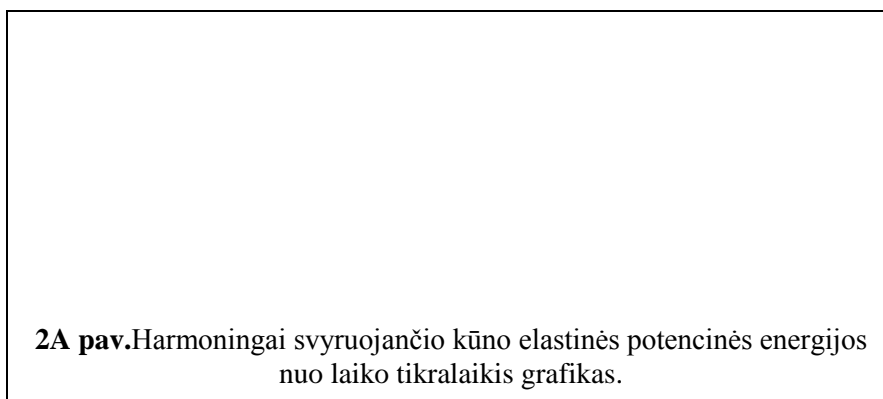
1. Šioje vietoje įterpkite harmoningai svyruojančio kūno koordinatės nuo laiko tikralaikį grafiką (1A pav.).



1.1. Iš grafiko raskite svyravimo amplitudę  $A$ .

- $A = \dots$
- Apskaičiuokite pilnutinę svyravimo energiją:  $E = kA^2/2 = \dots$   
Spyruoklės standumas  $k$  bus nurodytas mokytojo.

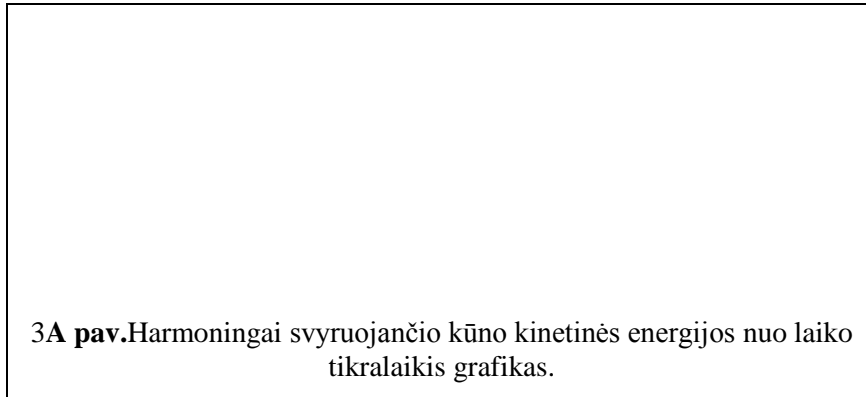
2. Šioje vietoje įterpkite harmoningai svyruojančio kūno elastingą potencinę energiją nuo laiko tikralaikį grafiką. (2A pav.).



2.1. Iš grafiko raskite maksimalią potencinę energiją,  $pe_{max}$ :

$$pe_{max} = \dots\dots\dots$$

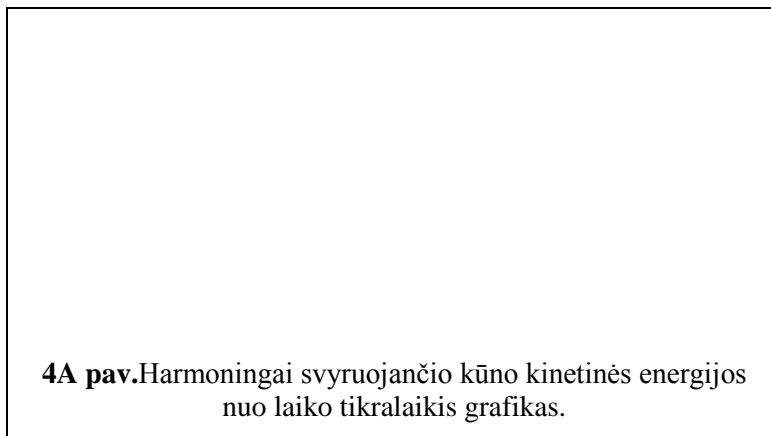
3. Šioje vietoje įterpkite harmoningai svyruojančio kūno kinetinės energijos nuo laiko tikralaikį grafiką (3A pav.).



3.1. Iš grafiko raskite maksimalią kinetinę energiją,  $ke_{max}$ .

$$ke_{max} = \dots\dots\dots$$

4. Šioje vietoje įterpkite harmoningai svyruojančio kūno pilnutinės „te“ energijos nuo laiko tikralaikį grafiką (4A pav.).



4.1. Iš grafiko raskite pilnutinę energiją „te“:

$$te = \dots\dots\dots$$

5. *Gautąsias energijų vertes surašykite į lentelę. Palyginkite ir padarykite išvadas.*

Pilnutinė energija, apskaičiuota pagal $E=kA^2/2$	$E_{p_{max}}, J$	$E_{k_{max}}, J$	$E_t, J$

**Išvados:**

Padarykite išvadą apie tai, ar tyrimo duomenys parodė, kad kraštinėse padėtyse svyruojančio kūno pilnutinė energija lygi:  $E = E_{p_{max}} = kx^2_{max} / 2 = kA^2 / 2$ . Pailiustruokite tyrimo duomenimis. ....

- Padarykite išvadą apie tai, ar tyrimo duomenys parodė, kad svyruojančiam kūnui pereinant pusiasvyros padėtį pilnutinė energija lygi:  $E = E_{k_{max}} = m v^2_{max} / 2 = kA^2 / 2$ . Pailiustruokite tyrimo duomenimis: .....
- Padarykite išvadą apie tai, 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 tyrimo rezultatus tarp grupių ir padarykite apibendrintas išvadas, atsakančias į tyrimo užduoties klausimus. ....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI**

Klausimai	Atsakymai
1. Kam lygi harmoniškai svyruojančio kūno pilnutinė energija?	
2. Kam lygi harmoniškai svyruojančio kūno pilnutinė energija kraštinėse padėtyse?	
3. Kam lygi harmoniškai svyruojančio kūno pilnutinė energija pereinant pusiausvyros padėtį?	

6. *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 pailiustruokite tyrimo duomenimis

## 2.2 MAKROSISTEMŲ FIZIKOS LABORATORINIAI DARBAI

### 2.2.1 ELEKTRINIS ŠILUMOS EKVIVALENTAS

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Šio laboratorinio darbo tikslas atskleisti ryšį tarp istoriškai susiklosčiusio ir ilgą laiką šilumos kiekio matuojamo kalorijomis (1 kalorija [ 1cal] lygi šilumos kiekiui, kurio reikia vienam gramui vandens sušildyti vienu laipsniu: nuo 19,5 °C iki 20,5 °C) ir šilumos kiekio, matuojamo džauliais [J]. 1cal = 4,1868 J  $\approx$  4,2 J.

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:

$$Q = mc\Delta T,$$

kur  $Q$  - 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 konvertuojama 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.

Elektros srovės darbas  $A = IU\Delta t$  pagal energijos tvermės dėsnį turi būti lygus energijos pokyčiui. Energija, kuri išsiskiria rezistoriuje per laiką  $\Delta t$ , lygi srovės darbui. Ši energija, tai rezistoriaus vidinė energija. 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  $A = P\Delta t = Q$ .

Energija, 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 YPATUMAI

Į kalorimetrą su vandeniu panardinsite rezistorių, kuriuo leisite elektros srovę. Palyginsite šilumos kiekį, kurį nuo įkaitusio rezistoriaus gaus vanduo ir vidinis kalorimetro indas su energija, kuri išsiskiria rezistoriuje, tekant juo srovei.

Skaičiuosite bendrą šilumos kiekį, kurį gauna vanduo ir vidinis kalorimetro indas, darydami prielaidą, kad jų temperatūros pokytis  $\Delta T$  bus vienodas. Jį rasite iš temperatūros nuo laiko grafiko, kurį nubrėš GLX'as su prijungtu temperatūros zondų. Kalorimetro vidinio indo ir vandens masę rasite sveriant, vandens ir aliuminio savitąsias šilumas (cal/g°C) rasite šio laboratorinio darbo aprašyme. Šilumos kiekį apskaičiuosite kalorijomis.

Energiją (J), kuri išsiskiria rezistoriuje tekant juo srovei, nustatysite iš galios priklausomybės nuo laiko  $P = f(t)$  grafiko. Jį nubrėš GLX'as su prijungtu įtampos/srovės jutikliu.

Rasite ryšį tarp džaulio ir kalorijos. Gautąją vertę palyginsite su žinyuose pateiktąja. Apskaičiuosite santykinį procentinį skirtumą tarp eksperimentiškai nustatytos ir tikrosios vertės.

#### ***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.

**Klausimai apklausai prieš laboratorinį darbą**

Klausimai	Atsakymai
1. Ar svarbu palaikyti pastovią įtampą eksperimento metu? 2. Kalorimetrą sudaro du indai atskirti izoliuojančiu pagrindu . Kaip manote, dėl ko reikalingi du indai? 3. Atliekant skaičiavimus, naudojami tik vieno kalorimetro indo duomenys. Kurio ir kodėl? 4. Vandens ar aliuminio vieno gramo temperatūrai pakelti 1 °C, reikia mažiau energijos? 5. Kas tai yra vatsekundė (Ws)?	

**EKSPERIMENTAS**

**Tyrimo problema:**

Koks elektros energijos kiekis yra ekvivalentiškas šiluminei energijai?

**Tyrimo hipotezė:**

Elektros energijos kiekis per laiką  $\Delta t$  yra ekvivalentiškas per tą laiką šiluminei energijai. Išreiškiant džauliais ir kalorijomis: 1 cal = 4.18 J

**Eksperimento tikslas:**

Palyginti elektros energijos kiekį per laiką  $\Delta t$  su išsiskyrusiu rezistoriuje šilumos kiekiu per tą laiką. Nustatyti ryšį tarp džaulio ir kalorijos.

**Eksperimento priemonės:**

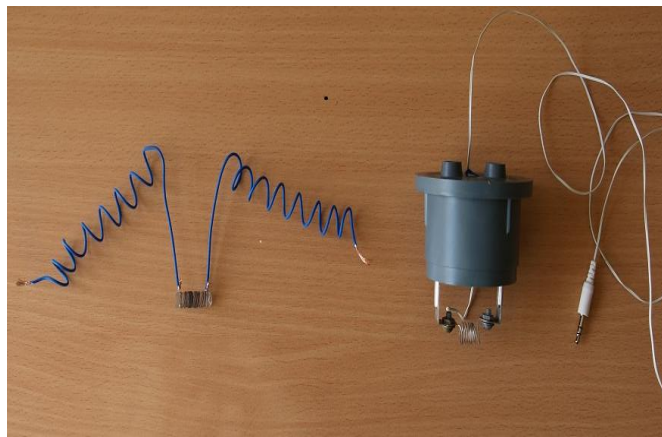
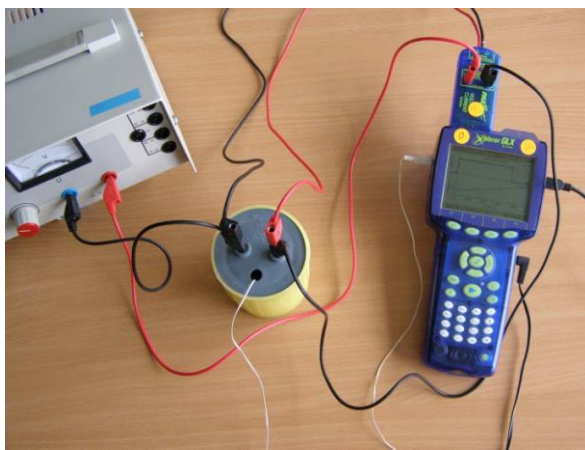
- Xplorer GLX.
- Rezistorius, apie 1.5-2  $\Omega$ , gamyklinis arba savo gamybos (1 pav.a) .
- Nuolatinės srovės šaltinis (su reguliuojama išėjimo įtampa)
- Įtampos-Srovės jutiklis.
- Temperatūros jutiklis/zondas
- Jungiamieji laidai.
- Kalorimetras
- Svarstyklės
- Jungiklis
- DataStudio programinė 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.
- 1.3. Esant atjungtam srovės šaltinio jungikliui, sujunkite elektrinę grandinę, 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.

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



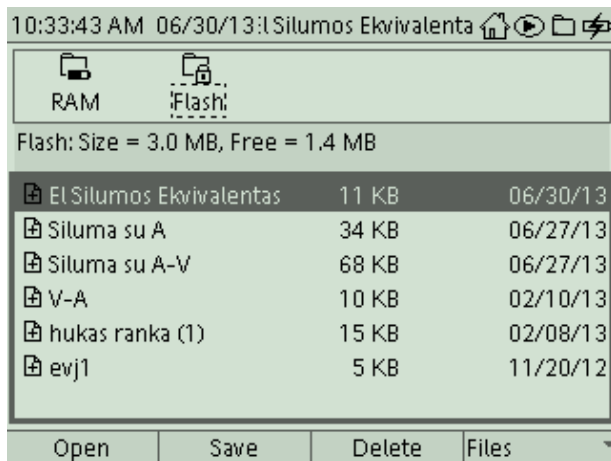
1 pav. Rezistorius panardintas į vidinį kalorimetro indą su vandeniu. Jis nuosekliai sujungtas su srovės šaltiniu ir jutiklio srovės gnybtais. Lygiagrečiai rezistoriui prijungti jutiklio įtampos gnybtai. Temperatūros zondas įjungtas į GLX'o pirmąjį šoninį temperatūros lizdą ir pro dangtelio skylutę įmerktas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

1a pav. Kairėje – rezistorius pagamintas iš nichrominės vielos, kuri apsukta apie lengvą plastiko vamzdelį. Dešinėje - gamyklinis su dangteliu, specialiai pritaikytu kalorimetru. Atkreipkite dėmesį į tai, kad kaitinimo elemento masė labai maža lyginant su kalorimetro vidinio indo ir vandens mase.

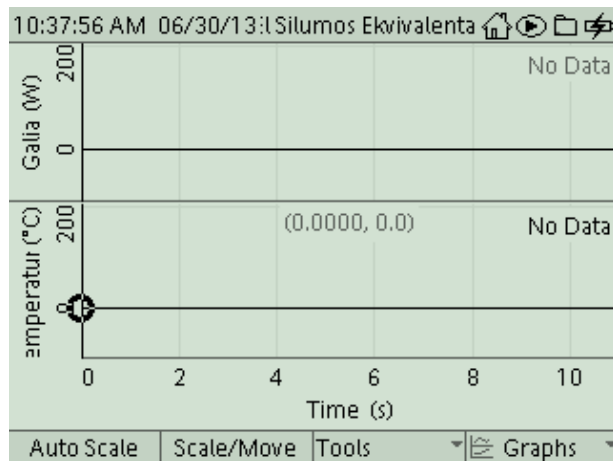
- 1.4. Raskite vidinio kalorimetro indo masę. Masę gramais įrašykite į ataskaitos lapą.
- 1.5. Paruoškite vandenį, kurio temperatūra būtų apie 5°C žemesnė už kambario temperatūrą. Į vidinį kalorimetro indą įpilkite apie 50 g vandens. Nusistovėjus pusiausvyrai tarp vandens ir vidinio kalorimetro indo, jau galite pradėti eksperimentą. Pageidaujama, kad pradinė temperatūra būtų apie 3°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 vandenyje ir neliestų kaitinamo rezistoriaus.
- 1.8. Atidarykite GLX failą, įvardintą „Elektr.Šilumos ekvival.“ (2 pav.). GLX'o grafiniame ekrane rasite įvardintas koordinačių ašis galios priklausomybės nuo laiko ir temperatūros nuo laiko grafikams brėžti (3 pav.).

- 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 kaip išsaugoti (Save As) Įvardinkite sukurtą failą ir išsaugokite jį GLX'o Flash'e: spustelėkite „Copy File“, rodyklėmis nukeliate į „Flash“ ir spustelėkite „Save“.



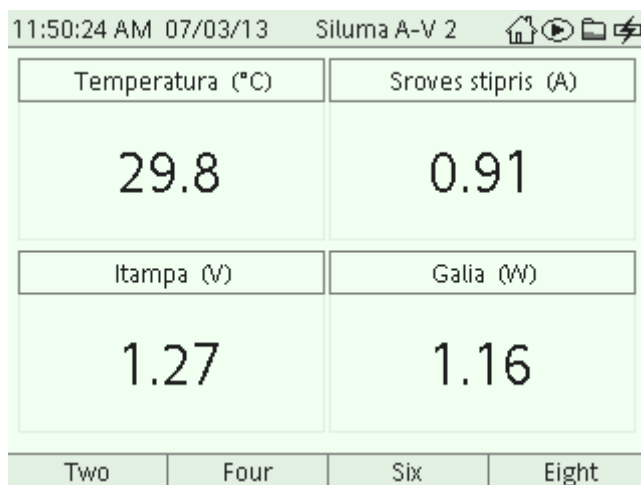
**2 pav.** atidaromas mokytojo parengtas ir GLX „Flash'e“ išsaugotas failas su atitinkamu pavadinimu, pavyzdžiui: „El. Šilumos Ekvivalentas“.



**3 pav.** GLX'o Grafiniame ekrane matome įvardintas koordinacių ašis, parengtas galios priklausomybės nuo laiko ir temperatūros nuo laiko grafikų brėžimui.

- 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 grafinį langą.



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

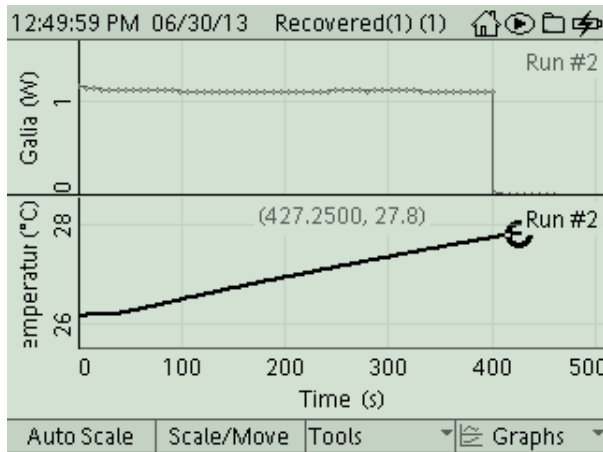
- 1.12. Nustatykite leistiną srovės stiprį: atsidarykite GLX'o skaitmeninį (Digits) langą. Jame pasirinkite keturias (Four) skiltis. Vienu metu galėsite matyti temperatūrą, srovės stiprį, įtampą ir galią (4 pav.).

- 1.13. 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 grafinį langą.

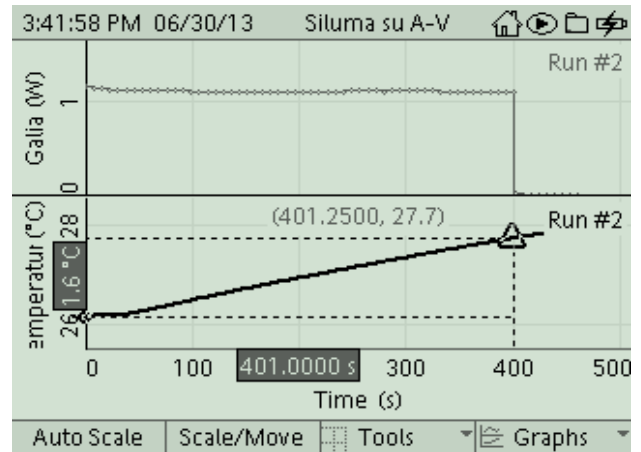
## 2. Matavimų procedūros

- 2.1. Spustelėkite Start mygtuką ir įjunkite srovės šaltinį. Pradėkite GLX'u rinkti duomenis. Stebėkit besibrėžiančius grafikus.

- 2.2. Kas 15 sekundžių švelniai pasukiokite 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.** Baigus matuoti, GLX ekrane matome du grafikus: galios priklausomybės nuo laiko (viršutinis) ir temperatūros priklausomybės nuo laiko – apatinis.



**6 pav.** Temperatūrų skirtumas  $\Delta T$  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:

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

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

Informacijos šaltiniuose suraskite kiekvieno savitąją šilumą ir įrašykite į laboratorinio darbo ataskaitos lapą.

$$c_{\text{vandens}} = 1.00 \text{ cal/g}^\circ\text{C} \text{ ir } c_{\text{Aliuminio}} = 0,215 \text{ cal/g}^\circ\text{C}.$$

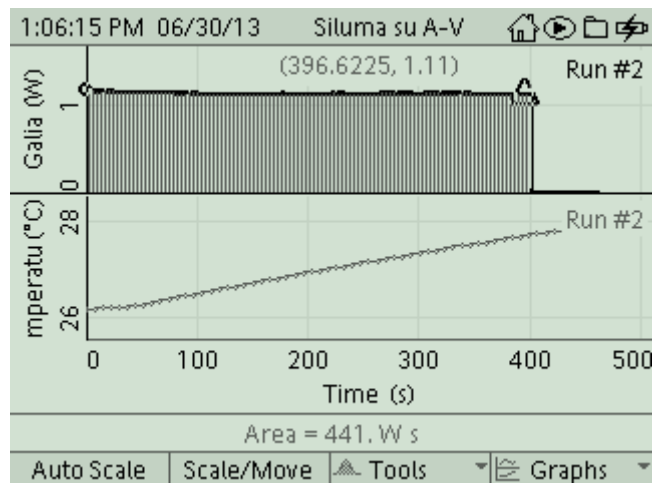
Temperatūrų skirtumą  $\Delta T$  raskite iš temperatūros-laiko grafiko: aktyvinkite temperatūros nuo laiko grafiką. Jis bus tamsesnis. Pasinaudokite skirtumo įrankiu (*Delta tool*) iš įrankių (*Tools*) (F3) meniu.

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

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

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

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



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

### 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. Skaičiuokite ataskaitos lape.

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

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

**Pastaba.** Visus skaičiavimus galite atlikti GLX kalkuliatoriaus lange.

Laboratorinio darbo  
**ELEKTRINIS ŠILUMOS EKVIVALENTAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Prielaidos/hipotezės:*

.....

1. **Apskaičiuokite šilumos kiekį  $Q$ , kurį gavo vanduo ir kalorimetro vidinis indas.**

- Vidinio kalorimetro indo masė,  $m_{Aluminio} = \dots\dots\dots$  g .
- Vidinio kalorimetro indo su vandeniu masė  $\dots\dots\dots$  g .
- Vandens masė,  $m_{vandens} = \dots\dots\dots$  g .
- $c_{vandens} = \dots\dots\dots$  cal/g°C .
- $c_{Aluminio} = \dots\dots\dots$  cal/g°C .

2. **Šioje vietoje įterpkite viename ekrane gautus temperatūros priklausomybės nuo laiko ir galios priklausomybės nuo laiko grafikus**



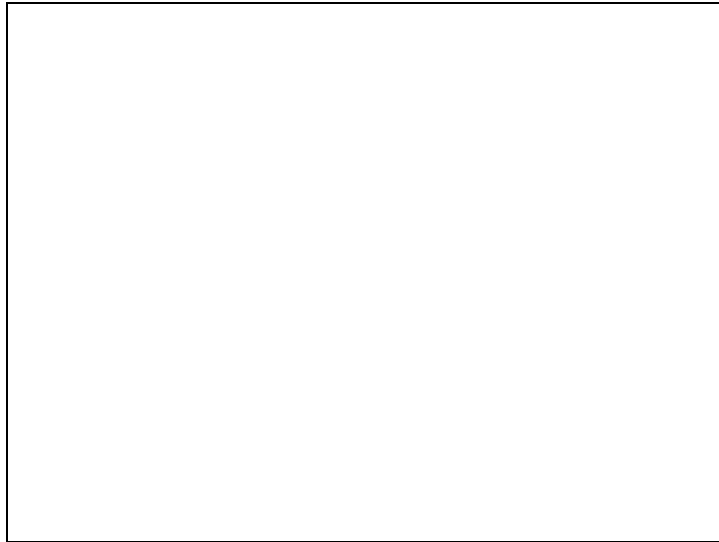
**1A. pav.** temperatūros priklausomybės nuo laiko ir galios priklausomybės nuo laiko grafikai

2.1. 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.

- $\Delta T = \dots\dots\dots$  °C
- Apskaičiuokite  $Q$  kalorijomis:  
 $Q = \dots\dots\dots$

3. **Raskite energiją, kuri išsiskyrė rezistoriuje tekant juo srovei per laiką  $\Delta t$ .**

3.1. Šioje vietoje įterpkite galios priklausomybės nuo laiko grafiką su pažymėtu plotu (2A. pav.).



**2A. pav.** galios priklausomybės nuo laiko grafikas su pažymėtu plotu

3.2. Aktyvinkite galios priklausomybės nuo laiko grafiką. Iš įrankių (*Tools*) meniu (F3), pasirinkite ploto įrankį (*Area tool*) (6).

- Užrašykite ploto vertę, kurią matote po grafikais:  
 $S = \text{Area} = \dots \dots \dots$
- Ką fizikoje šiuo atveju jis reiškia?  $\dots \dots \dots$
- Kiek tai bus džaulių?  $\dots \dots \dots$

3.3. Raskite ryšį tarp džaulio ir kalorijos.

$\dots \dots \dots$

- Gautąją vertę palyginkite su lentelėse pateiktąja ir apskaičiuokite jų santykinį procentinį skirtumą.  
 $\%skirtumas = \dots \dots \dots$
- Kiek skiriasi?  $\dots \dots \dots$

**Išvados**

- Padarykite išvadą apie tai, ar šiame eksperimente energija buvo prarandama ar gaunama. Paašškinkite savo gautus rezultatus remdamiesi energijos išsilaikymo koncepcija  $\dots \dots \dots$
- Padarykite išvadą apie tai, kaip kito rezistoriaus vidinė energija, tekant juo srovei  $\dots \dots \dots$
- Padarykite išvadą apie tai, kas šiame tyrime perdavė ir kas gavo šilumos kiekį.  $\dots \dots \dots$
- Padarykite išvadą apie ploto ribojamo galios *priklausomybės nuo* laiko grafiku ir laiko ašimi fizikinę prasmę  $\dots \dots \dots$
- Tyrimo metu gautąją vertę palyginkite su lentelėje pateiktąja: didesnė ar mažesnė jūsų gautoji vertė  $\dots \dots \dots$  Ką tai pasako apie jūsų eksperimentą?  $\dots \dots \dots$

.....

.....

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	• Atsakymai
1. Koks procesas vyksta tekant elektros srovei nejudančiu laidininku?	•
2. Kaip apskaičiuojamas šilumos kiekis, išsiskyręs laidininke tekant juo srovei?	•
3. Energijos tvermės dėsnis.	•
4. Kaip apskaičiuojamas šilumos kiekis, kūnui gaunant arba atiduodant šilumą?	•
5. Ką vaizduoja plotas $S$ po galios priklausomybės-laiko grafiku?	•
6. Koks yra ryšys tarp džaulio ir kalorijos?	•
7. Kur buityje sutinkate šilumos kiekį (energiją), matuojamą kalorijomis?	•



## 2.2.2 IDEALIŲ DUJŲ BŪSENOS LYGTIES PATIKRINIMAS

*/GLX su DataStudio/*

### 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 Klapeirono ir Mendelejevo lygtimi ir yra viena idealiųjų dujų būsenos lygties formų. Iš šios lygties seka, kad bet kurios būsenos dujų tūrio ir slėgio sandaugos santykis su absolute 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 ypatumai

Tyrimą atliksite 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 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, gausite slėgio ir temperatūros kitimo grafikus proceso metu ir juos analizuodami, patikrinsite idealiųjų dujų būsenos lygtį.

*Papildomai*, galėsite patikrinti Boilio ir Marioto dėsnių.



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

### EKSPERIMENTAS

*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.

### **Eksperimento tikslas:**

Įrodyti, kad pakeitus dujų būseną, dujų tūrio ir slėgio sandaugos santykis su absoliutine temperatūra lieka nepakitęs.

### **Eksperimento priemonės:**

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



**2 pav.** Paveiksle matome mini erdvinę (stereo)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.

### **Darbo eiga**

#### **1. Priemonių parengimas darbui**

Įrenginį sumontuokite, kaip 2 pav. :

- 1.1. Mini erdvinę (stereo) jungtį įkiškite į jutiklio temperatūros lizdą.
- 1.2. Greito prijungimo/atjungimo jungtį - į jutiklio slėgio lizdą kaip parodyta. (Ši balta plastikinė jungtis gali būti atjungiamą ir vėl prijungiamą bandymo metu, taip sudarant sąlygas skirtingoms stūmoklio pradinėms padėtims.)
- 1.3. Slėgio /Temperatūros jutiklis prijungiamas prie GLX'o.

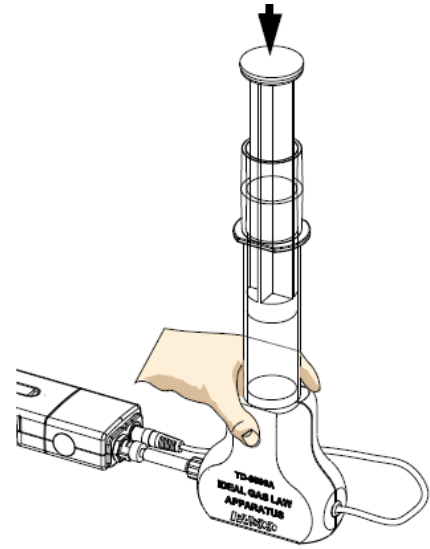
Baigus montuoti įrenginį, švirkštas pastatomas stačiai.

#### **2. Matavimų procedūros**

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



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

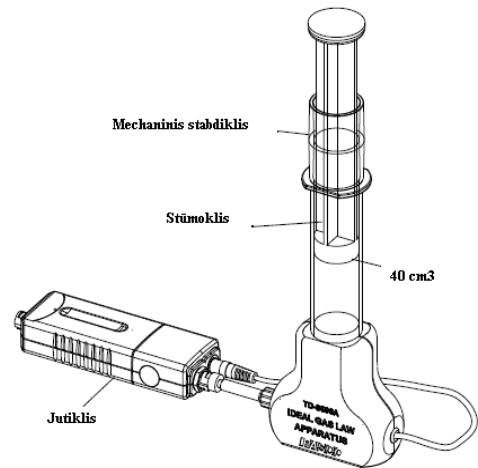


**3 pav.b.** Stipriai atrėmus švirkšto pagrindą į tvirtą horizontalų paviršių, stūmoklis delnu nuspaudžiamas žemyn.

- 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.

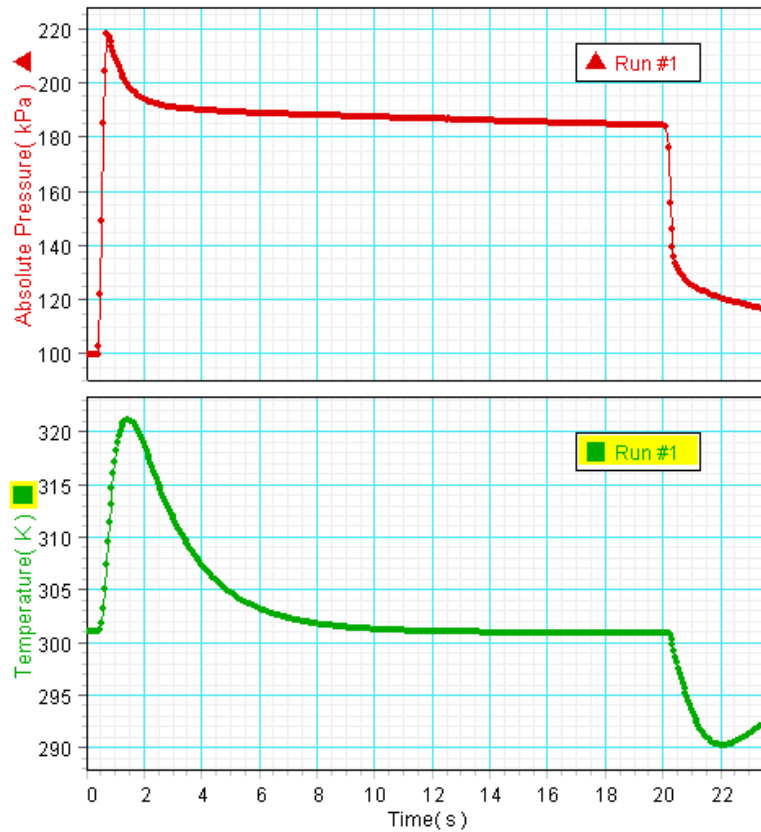
**Pastaba.** Nenaudokite stūmokliui kūjelio ar medinio plaktuko! Stūmoklį nuspauskite savo rankos delnu.

- 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 atžyma (4pav.). Prijunkite slėgio movą ir įsitikinkite, kad temperatūros jungtis taip pat prijungta.



**4 pav.** Stūmoklis nustumtas į padėtį ties  $40 \text{ cm}^3$  tūrio atžyma. Slėgio mova ir temperatūros jungtis prijungta.

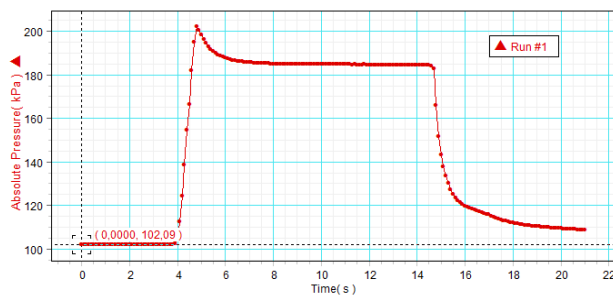
- 2.8. \*Atidarykite DataStudio failą "Ideal Gas Law"/Idealiųjų dujų dėsnis. Atsivers interaktyvus failas su koordinatinių ašimis slėgio ir temperatūros nuo laiko grafikams nubrėžti.
- 2.9. Spustelkite „Start“ mygtuką, kad pradėti matavimą. Pilnai ir greitai nuspauskite stūmoklį, kad stabdiklis pasiektų 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 sugradavimą ant švirkšto.
- 2.11. DataStudijoje paspauskite mygtuką „Stop“ ir baikite matavimą. Kompiuterio ekrane pamatysite grafikus, kaip 5 pav. .



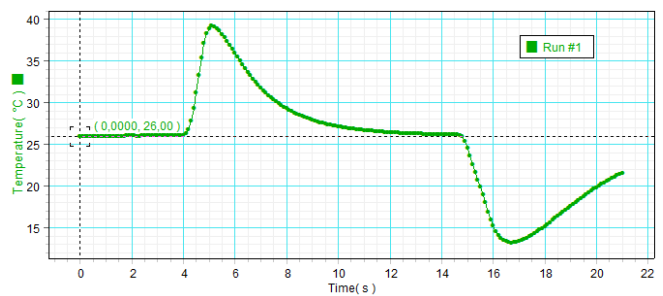
**5 pav.** Baigę matavimą, kompiuterio ekrane pamatysite du grafikus: slėgio priklausomybės nuo laiko - viršuje, temperatūros nuo laiko - apačioje.

**3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė**

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

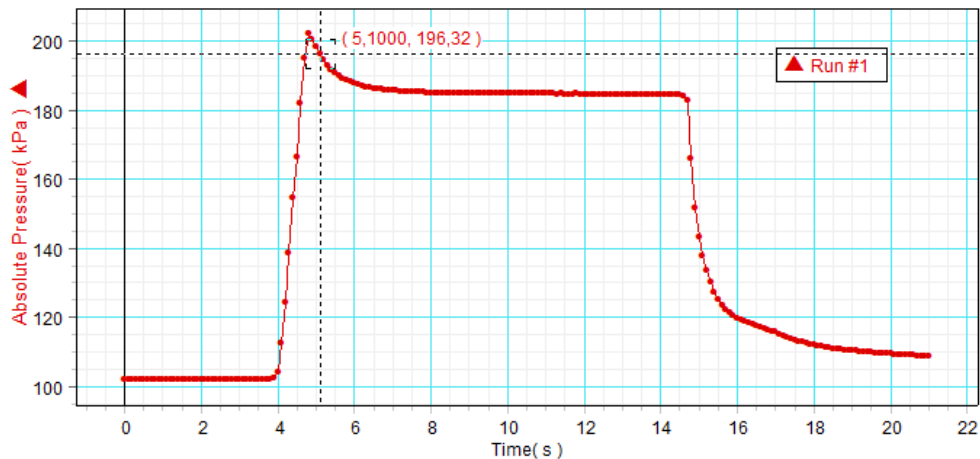
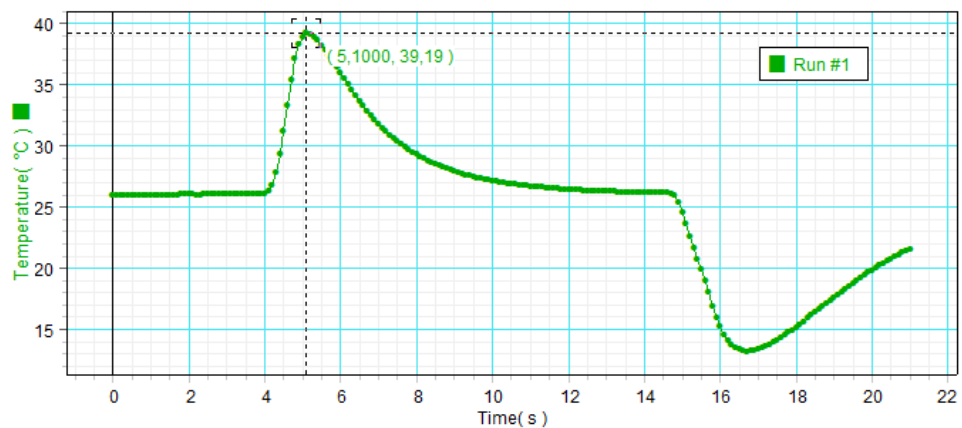


**6 pav.** Slėgio grafike paryškintas laukelis prieš suspaudžiant orą. Užrašoma pradinio slėgio ( $P_1$ ) reikšmė lentelėje.



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

3.2. Pažymėkite laukelį temperatūros grafike, kur ji 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.). (Jums reikalingos dvi reikšmės, gautos tuo pat metu.)



**8 pav.** Temperatūros grafike atskaitoma aukščiausia temperatūra, o slėgio grafike - jai atitinkanti slėgio vertė. (Abi vertės atskaitomos tam pačiam laiko momentui).

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

Idealiųjų dujų dėsnis konstatuoja, kad:

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

Apskaičiuokite santykius:

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

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

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

Užpildykite laboratorinio darbo ataskaitos lapą, padarykite išvadas ir atsakykite į klausimus. Jei liks laiko, sugalvokite, kaip remiantis šio tyrimo metu gautais duomenimis, patikrinti Boilio ir Marioto dėsnį. Patikrinkite.

\*Interaktyvusis DataStudio langas: "DataStudio-Ideal Gas Law (PP).ds. (10 pav.) atsidaro iš kompaktinio disko „CD (EX-9922D PASCO , "Experiment Resources", Volume 1“, arba jį galite rasti: CD "Ideal Gas Law Syringe“, TD-8596A, Experiment Configuration Files for DataStudio™ arba "Ideal Gas Law“. Be to, dar galite pasinaudoti prieiga per internetą: [www.pasco.com](http://www.pasco.com).

Laboratorinio darbo  
**IDEALIŲ DUJŲ BŪSENOS LYGTIES PATIKRINIMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Hipotezė:*

Pakeitus dujų būseną, dujų tūrio ir slėgio sandaugos santykis su absoliutine temperatūra

.....

1. Šioje vietoje įterpkite dujų slėgio priklausomybės nuo laiko ir dujų temperatūros priklausomybės nuo laiko grafiką (1A. pav.).



**1A. pav.** Dujų slėgio priklausomybės nuo laiko ir dujų temperatūros priklausomybės nuo laiko grafikai.

1.1. Dujų tūrio, slėgio ir temperatūros vertes, nustatytas iš grafikų, surašykite į lentelę.

1 lentelė

Dujų būseną	Tūris, cm <sup>3</sup>	Slėgis, kPa	Temperatūra, K
1			
2			

- Apskaičiuokite santykį :

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \dots\dots\dots$$

- Apskaičiuokite santykį

$$\frac{p_2 V_2}{T_2} = \dots\dots\dots$$

- Ar santykiai vienodi?..... Kiek skiriasi? .....
- Apskaičiuokite jų santykinį procentinį skirtumą:

*Santykinis procentinis skirtumas* = .....

1.2. Patikrinkite, ar rezultatas pagerėtų, jeigu tūrį skaičiuotumėte su pataisa  $V_0$ . Ši pataisa atsiranda dėl jungiamajame vamzdyje esančio oro. Į švirkšto gradavimą šis tūris neįskaitytas. Trumpiausiojo vamzdelio  $V_0 = 1,07 \text{ cm}^3$ . (*Pataisos skaičiavimą Žr. lab. darbe "Izoterminis procesas"*).

.....

### Išvados:

- Padarykite išvadą apie tai, kaip kito oro slėgis ir temperatūra švirkšte, kai staiga sumažinote tūrį .....
- Padarykite išvadą apie tai, ar tyrimas patvirtino idealiųjų dujų būsenos lygtį .....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Užrašykite Klapeirono ir Mendelejevo lygtį	
2. 413 K išreikškite °C	
3. Ar galite teigti, kad tyrimo metu oras elgėsi taip, kaip idealiosios dujos	
4. Ar pasikeistų tyrimo rezultatai labai tankioms dujoms?	
5. Kai dujų tūris staiga sumažinamas pusiau, slėgis pasikeičia daugiau nei 2 kartus (8 pav.). Kodėl jis akimirksniu pašoka virš 200 kPa?	
6. Kai švirkšto 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?	
7. Kai stūmoklis yra atlaisvinamas paskutinėje duomenų surinkimo dalyje, kas vyksta su temperatūra (8 pav.)? Kodėl?	

### 2. Papildoma užduotis

2.1. Sugalvokite ir pasiūlykite, kaip, remiantis gautais duomenimis, patikrinti Boilio ir Marioto dėsnį.

.....

.....

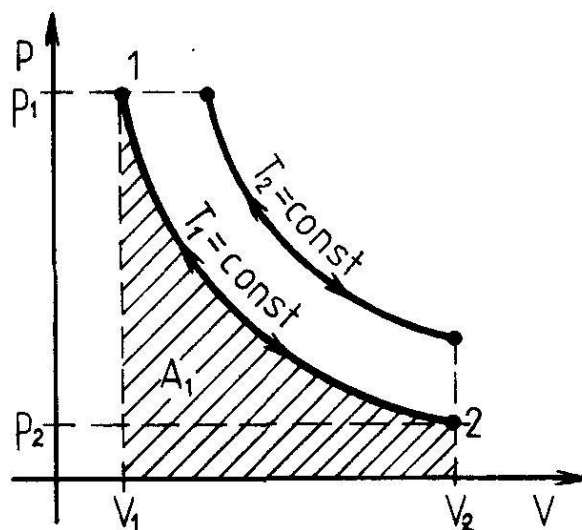


## 2.2.3 IZOTERMINIS PROCESAS

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Izoterminio proceso metu, dujų temperatūra nekinta:  $T = \text{const}$ . 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:  $p_1V_1 = p_2V_2 = \text{const}$ .

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.



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

### LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Ekspimento metu:

1. Patikrinsite Boilio ir Marioto dėsnį.
2. Rasite darbą izoterminio proceso metu.
  1. *Boilio ir Marioto dėsnį* tikrinsite sandariame švirkšte prie pastovios temperatūros spausdami orą. Brėšite slėgio priklausomybės nuo tūrio grafiką GLX'o grafiniame displejuje. Slėgį matuos slėgio jutiklis. Slėgio vertės bus automatiškai fiksuojamos grafiko „Y“ ašyje. Tūrio vertės į „x“ ašį suvesite savarankiškai. Pagal gautą eksperimentinę izotermę skaičiuosite ir palyginsite dujų tūrio ir slėgio sandaugas įvairias proceso etapus.
  2. *Darbą izoterminio proceso metu* rasite pagal grafiko ribojamos figūros plotą.

### EKSPERIMENTAS

*I dalis. Boilio ir Marioto dėsnio patikrinimas.*

**Tyrimo problema:**

Kaip kintantis dujų slėgis, jeigu, esant pastoviai temperatūrai ir nekintant dujų masei, mažinsime jų tūrį?

**Tyrimo hipotezė:**

Jeigu dujų masė pastovi, prie pastovios temperatūros dujų slėgis atvirkščiai proporcingas jų tūriui: dujų tūrio ir slėgio sandauga yra pastovus dydis.

## Eksperimento priemonės

- Cilindras su stūmokliu (60 ml švirkštas (2 pav.)) arba prietaisas idealiųjų dujų būvio lygties patikrinimui (2 pav.a).
- Xploreris GLX.
- Slėgio-Temperatūros (arba kitas slėgio) jutiklis.
- Plastiko vamzdelis su specialiais antgaliais (švirkštui su slėgio jutikliu sujungti).
- Kompiuteris su įdiegta DataStudio programa (nebūtinai.)

Darbo su *prietaisu idealiųjų dujų būvio lygties patikrinimui* ypatumai aprašyti darbe „Idealiųjų dujų būvio lygties patikrinimas“. Tikrinant Boilio ir Marioto dėsnį šiuo prietaisu dvigubo Slėgio-Temperatūros jutiklio temperatūrinė jungtis nejungiama.



**2 pav.** Į pirmąjį GLX'o lizdą įjungtas slėgio jutiklis, kuris plastiko vamzdeliu su specialiu antgaliu sujungtas su švirkštu.



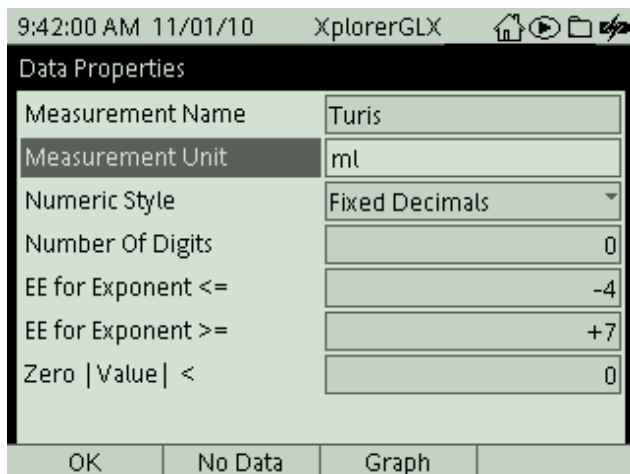
**2 pav. a)** Prietaisas idealiųjų dujų būvio lygties patikrinimui.

## Darbo eiga

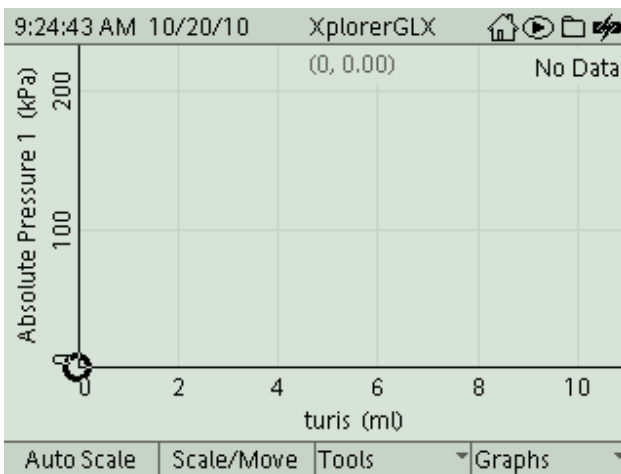
### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Įrenginys sumontuojamas kaip (2 pav.) arba (2 pav.a.). 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"-ų ašyje slėgis kPa, "x" ašyje – laikas, t, sekundėmis. Izotermei nubrėžti „x“ ašyje turi būti atidedamos dujų tūrio vertės. Į „x“ ašį jas suvesime savarankiškai:
- 1.3. Paspaudžiame „Home“ → F4 (Sensors) → F1. Atsivėrusiame meniu pasirenkama komanda „Manual“ (kas reiškia savarankišką duomenų įvedimą) ir patvirtiname pasirinkimą, paspausdami ✓

1.4. Atsiveria langas, kaip (3 pav. a). Atsivėrusiame lange įvardiname norimą matuoti dydį ir jo matavimo vienetus.



**3 pav. a)** Atsivėrusiame lange įvardintas: „Tūris“ ir jo matavimo vienetai „ml“. Paspaudžiamas OK (FI).




**3 pav. b)** . . . . keliamume į „x“ ašį. Atsivėrusiame meniu pasirenkame – tūris (ml). Ekrane atsiranda koordinatinių ašys, su slėgiu (kPa) „Y-ų“ ašyje ir tūriu (ml) „x-ų“ ašyje.

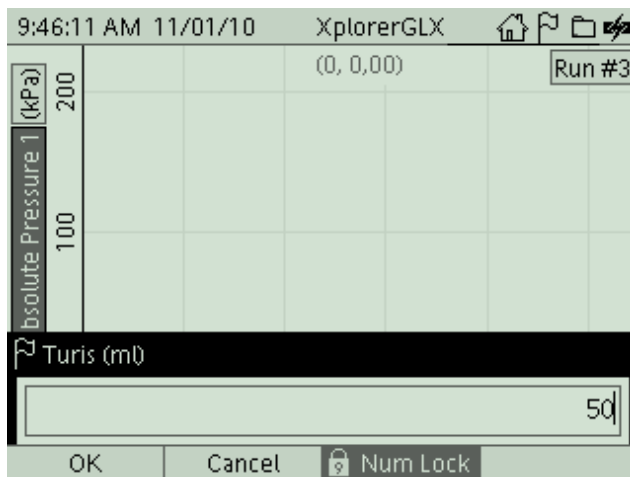
## 2. *Matavimų procedūros*

2.1. *Numatome tyrimo sąlygas:* Dujas spausime mažindami jų tūrį, pavyzdžiui, nuo 50 ml iki 10 ml, žingsniu, kas 2-5 ml. (Čia moksleivių pasirinkimas gali būti pats įvairiausias).

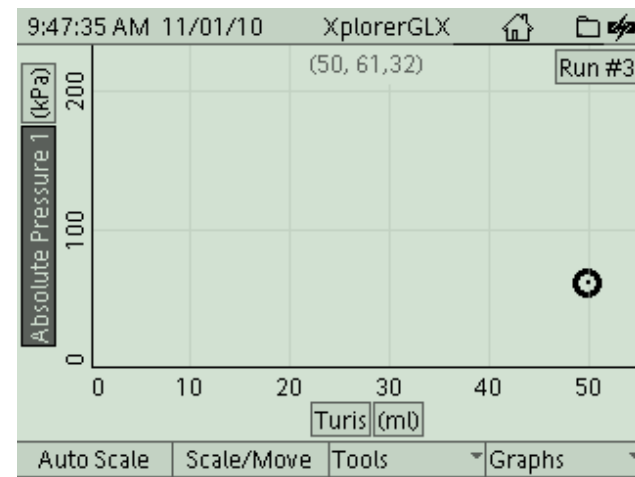
2.2. Tūrio vertę įvesime savarankiškai klaviatūra. Naudosimės savarankiško duomenų įvedimo įrankiu – vėliavėle.

2.3. Švirkšto stūmoklį nustumiame į kurią nors norimą padėtį, pav.: 50 ml.

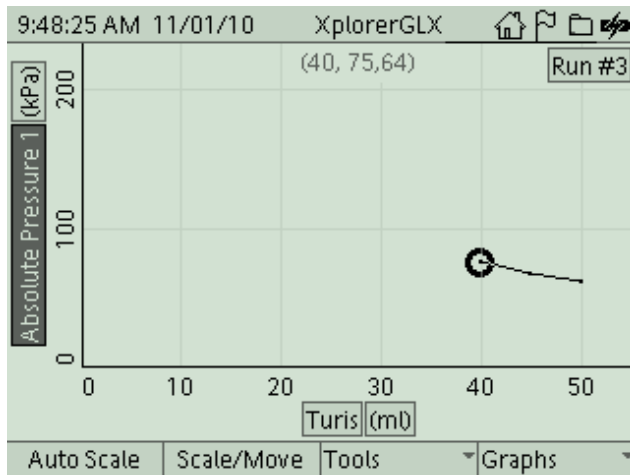
2.4. Pradedame matavimą: paspaudžiame Start . GLX'o ekrane nieko nematom, bet GLX-o lango viršuje, pamatome judančią vėliavėlę (4 pav.a). Tai rankinio duomenų įvedimo indikatorius (*Manual sampling indikatorius*). Paspaudžiame vėliavėlę ant GLX-o. Po grafiku atsiveria stačiakampis langelis į kurį klaviatūra įrašome tūrio vertę: pavyzdžiui, 50 ml. (4 pav. a) ir paspaudžiame patvirtinimo mygtuką „OK“.



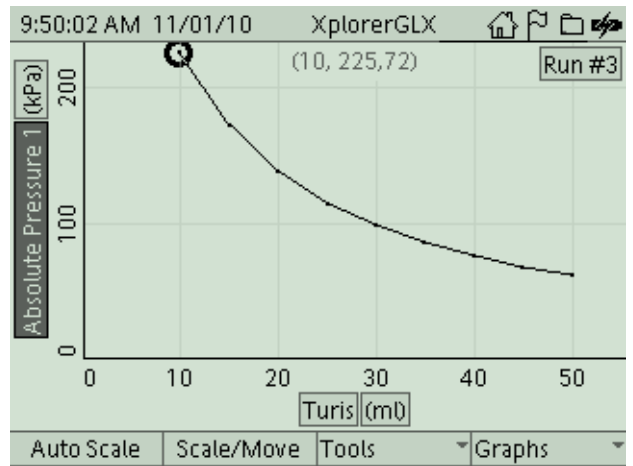
**4 pav.a.** Atsivėrusiame langelyje įrašome pradinę tūrio vertę (Čia - 50)



**4 pav. b.** 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 pav. c)** Suspaudžiame dujas iki 40 ml., paspaudžiame vėliavėlę ir „OK“. Skrituliukas su tašku nukeliauja į kitą padėtį. Dabar šio taško koordinatės: - dujų tūris 40 ml ir dujų slėgis 75.64kPa.



**4 pav.d)** Suvedus 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. Padidinam grafiką, paspausdami *F1*. GLX'o grafiniame ekrane matome vaizdą, kaip (4 pav.d). Skliausteliuose virš grafiko - paskutiniojo taško koordinatės (10, 225.72).

### 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė (1)*

3.1. *Pirmas būdas:* Skaičiuojamos ir lyginamos dujų įvairių būsenų tūrio ir slėgio sandaugos esant pastoviai temperatūrai  $P_1V_1 = P_2V_2$  arba ieškoma santykio:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{P_2}{P_1} \dots \dots \dots (1)$$

Apskaičiuokite kelioms būsenoms šiuos santykius .....

.....

Ar santykiai vienodi? .....

Gautos vertės šiek tiek 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:*

$$\frac{V_1 + V_0}{V_2 + V_0} = \frac{P_2}{P_1} (2)$$

*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  $V_0$ .*

$V_0 = \dots \dots \dots$

**Pastaba:** tūrio pataisa gali skirtis, priklausomai nuo jungiančiojo vamzdelio ilgio. Pavyzdžiui, atliekant tyrimą su trumpiausiu jungiamuoju vamzdeliu, tūrio pataisa buvo gauta:  $V_0 = 1,07$  ml.

- Įvedę tūrio pataisą, bent kelioms būsenoms patikrinkite (1) lygtį. Tūrio ir slėgio duomenis imkite iš jūsų gauto  $p$  nuo  $V$  grafiko (4 pav. d.) arba jas galite rasti GLX'o lentelės **ekrane**. (Prie tūrio vertės nepamirškite pridėti tūrio pataisą  $V_0$ .)

.....  
 .....

#### 4. **Eksperimento rezultatai ir jų analizė (2)**

Antras būdas remiasi slėgio priklausomybės nuo tūrio inversijos grafiko analize.

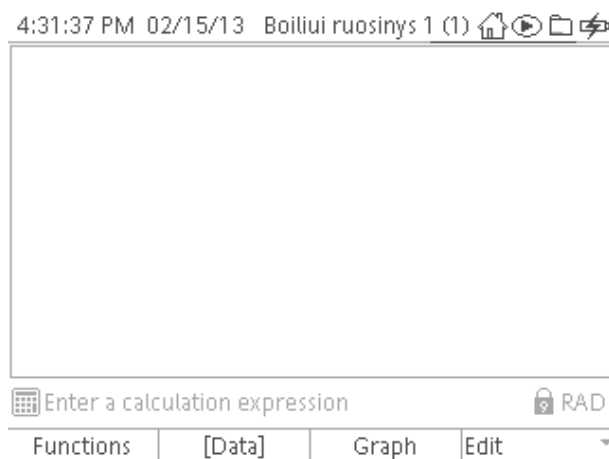
Boilio ir Marioto dėsnį  $pV = const$  galime perrašyti:

$$p = const \times 1/V.$$

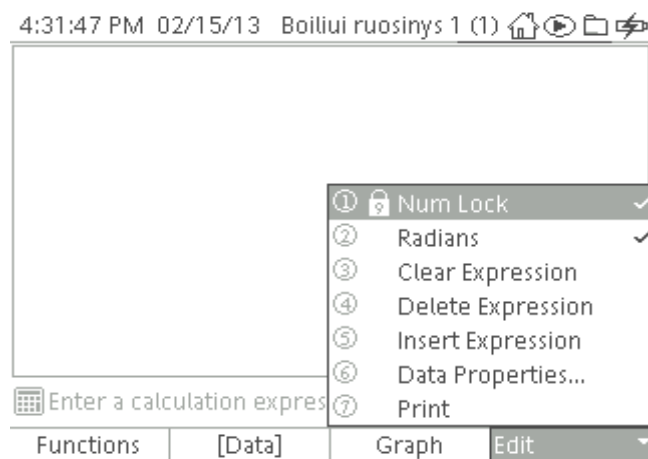
Dydį  $1/V$  įprasta vadinti tūrio inversija. Atidėjus  $1/V$  „x“ ašyje, grafikas  $p$  nuo  $1/V$  bus tiesė, kurios krypties koeficientas lygus  $const$ . Konstantą, rastą grafiškai pažymėsime „const<sub>graf</sub>“.

- Gautąją izotermę  $p$ - $V$  ašyse (4 pav. d), pavaizduokite  $p$  nuo  $1/V$  ašyse.
- Iš gautojo  $p$  nuo  $1/V$  grafiko raskite konstantą, „const<sub>graf</sub>“.
- Gautąją vertę palyginkite su konstanta, apskaičiuota pagal slėgio ir tūrio sandaugą  $p_1V_1$  pradinėmis sąlygomis. Tūrį imkite su apskaičiuota pataisa  $V_0$ . Raskite santykinį procentinį skirtumą tarp jų.

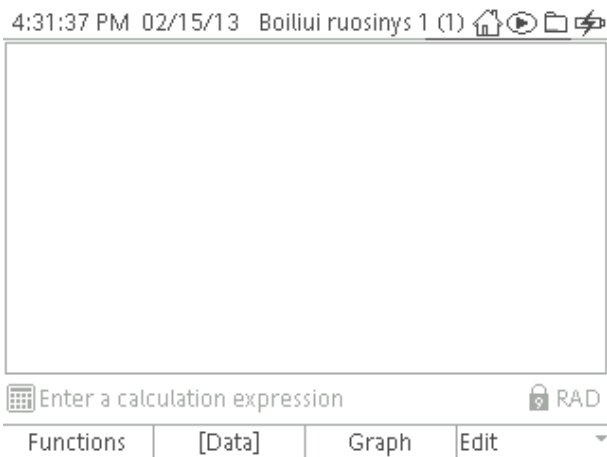
Paveiksluose nuo (5 pav.) iki (20 pav.) pateikta veiksmų seka, kaip GLX'u gauti slėgio  $p$  nuo tūrio inversijos  $1/V$  grafiką ir kaip jį analizuoti.



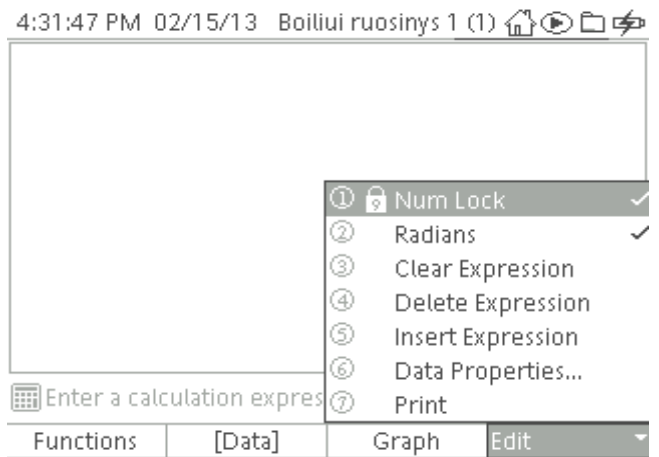
**5 pav.** Spustelkite Home→ Calculator → OK  
 Atsiveria GLX skaičiuoklio langas ir paprašo įrašyti skaičiavimo išraišką (Enter a calculation expression).



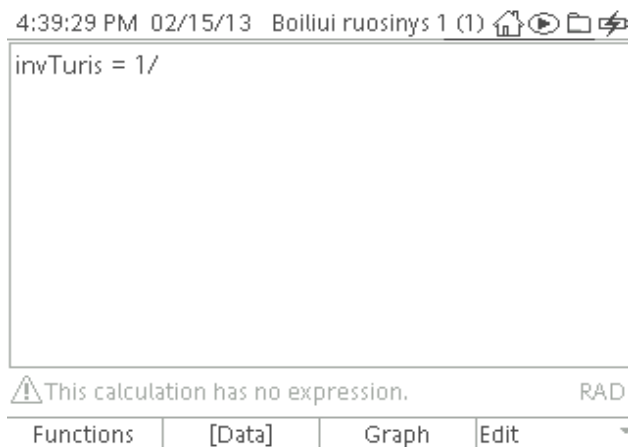
**6 pav.** Spustelėjus „Edit“, pasirenkame „Num Lock“ ir patvirtiname pasirinkimą.



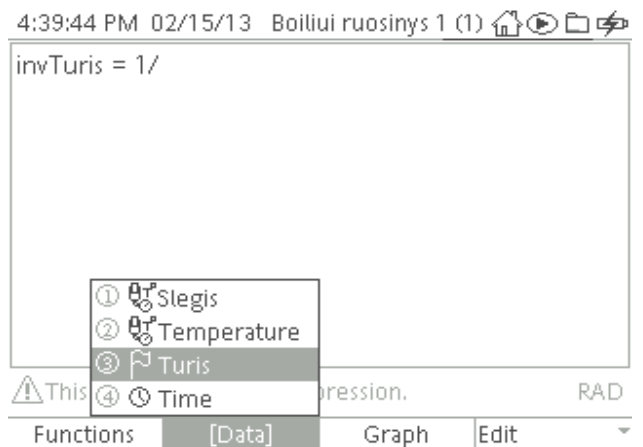
**5 pav.** Spustelkite Home→ Calculator → OK  
Atsiveria GLX skaičiuoklio langas ir paprašo įrašyti skaičiavimo išraišką (*Enter a calculation expression*).



**6 pav.** Spustelėjus „Edit“, pasirenkame „Num Lock“ ir patvirtiname pasirinkimą.



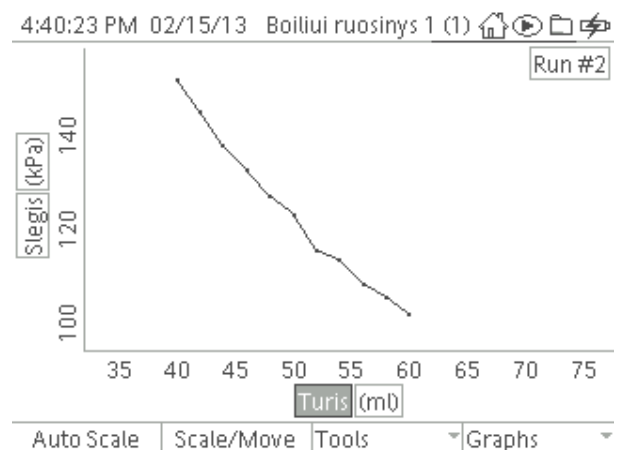
**7 pav.** Klaviatūra įrašome „invTuris=1/“ . „invTuris“ užrašė nepalikite tarpelio ar kitų ženklų.



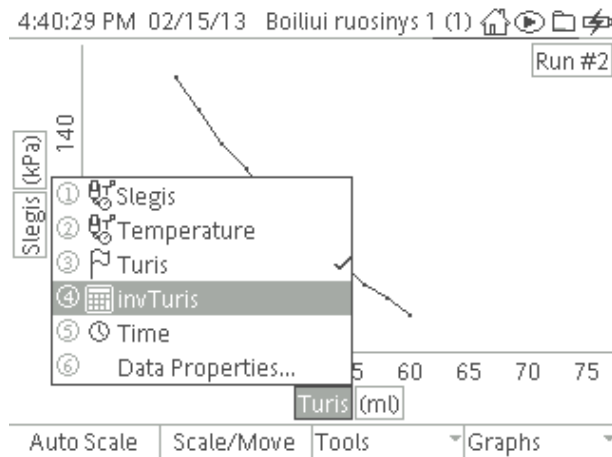
**8 pav.** Spustelime [Data] ir atsivėrusiame pasiūlyme pasirenkame tūrį su vėliavėle. (Rankomis įvesti tūrio duomenys atkeliaus į vardiklį.)



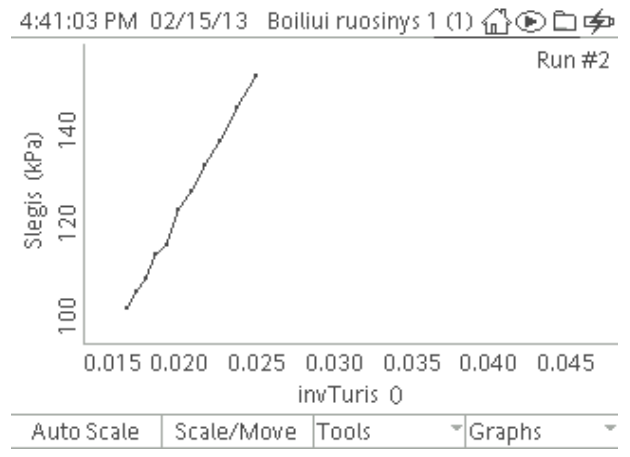
**9 pav.** GLX skaičiuoklio lange atsiranda užrašas „invTuris=1/[Turis(ml)]. Jį patvirtinus, lango apačioje atsiranda užrašas „Calculation is OK“



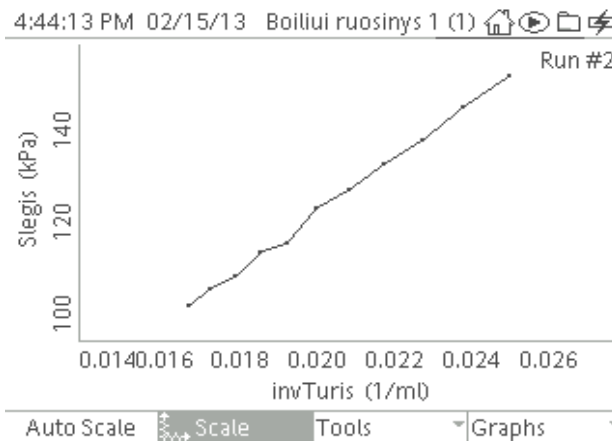
**10 pav.** Grįžtame į grafinį ekraną: „Home“ - „Graph“ (F1). Atsiveria GLX grafinis langas. Keliaujame į „x“ ašį -t.y. į tūrio ašį.



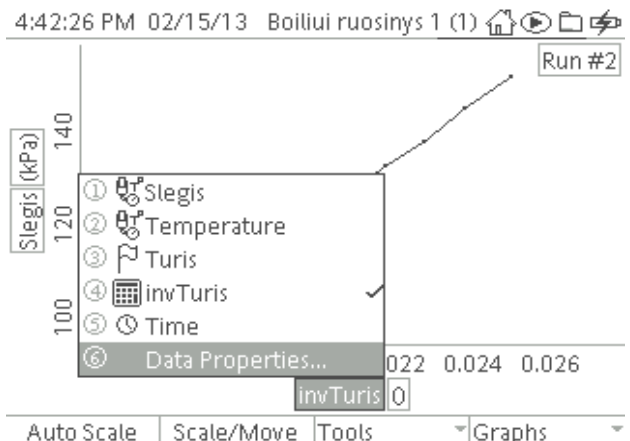
**11 pav.** Atsiveria pasiūlymas. Pasirenkame „invTuris“ su skaičiuoklio lango simboliu ir, patvirtinus pasirinkimą, atsiveria grafikas su tūrio inversija „x“ ašyje (12 pav.).



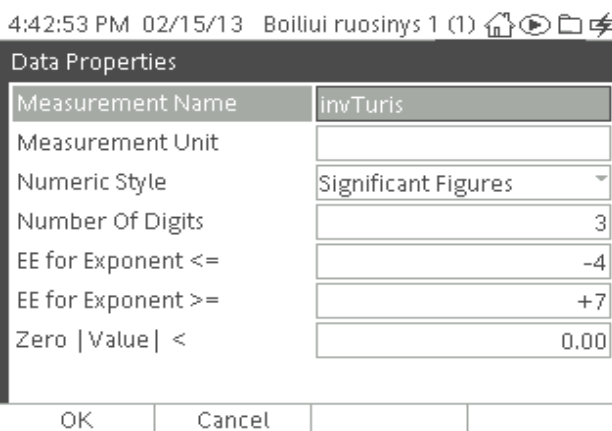
**12 pav.** . . . . „x“ ašyje atsiranda „invTūris()“



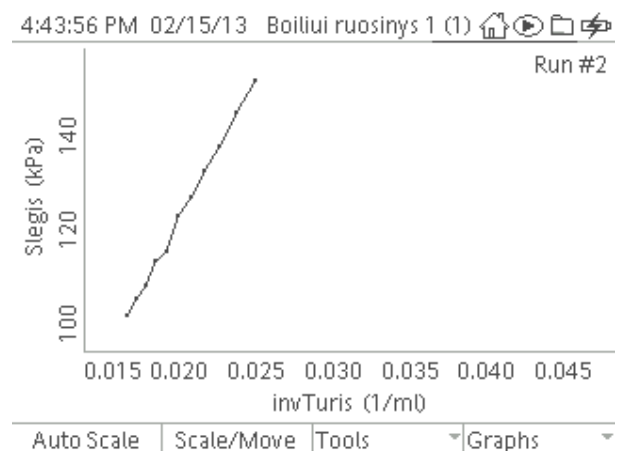
**13 pav.** Spustelėję F2 (Scale/Move), pasirenkame „Scale“ ir grafiką padidiname (jeigu reikia).



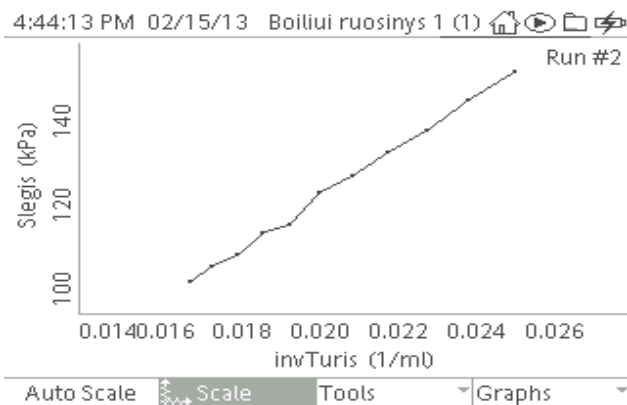
**14 pav.** Norėdami įvesti tūrio inversijos vienetus, keliamume į „x“ ašį, gauname pasiūlymą, pasirenkame „Data Properties. . . . .“ ir . . .



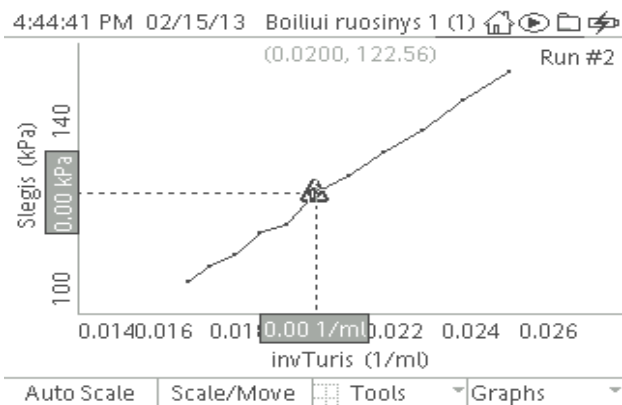
**15 pav.** . . . baltame langelyje klaviatūra įvesime tūrio inversijos matavimo vienetą „1/ml“, ir nuspausime „OK“.



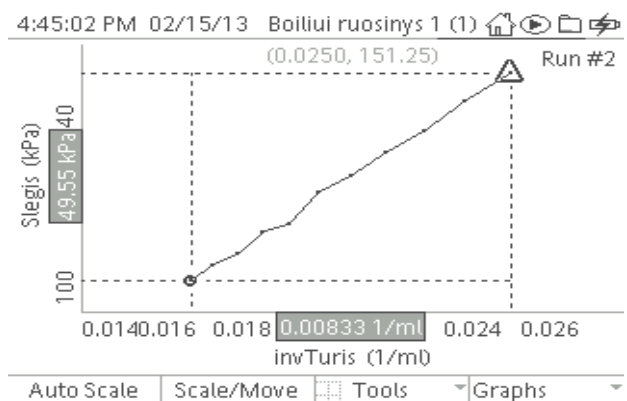
**16 pav.** . . . „x“ ašyje atsiranda tūrio inversijos matavimo vienetai „1/ml“.



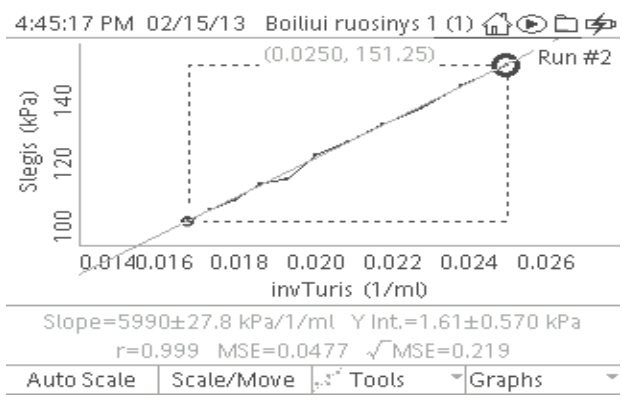
**17 pav.** Spustelėję F2 (Scale/Move), pasirenkame „Scale“ ir grafiką padidiname



**18 pav.** Spustelime “Tools“ (F3) ir, gavę pasiūlymą, pasirenkame skirtumo įrankį (Delta Tool).



**19 pav.** Skirtumo įrankiu(Delta Tool) pasižymime matavimo duomenų pradžią ir galą.



**20 pav.** Spustelime “Tools“ (F3) ir, gavę pasiūlymą, pasirenkame „Linear Fit“, kad aproksimuoti matavimo duomenis tiese.

Aproksimavus matavimo duomenis tiese, po grafiku matome šios tiesės krypties koeficientą:

$$\text{Slope} = 5990 \pm 27.8 \text{ kPa/1/ml.}$$

Šiame tyrime jis reiškia konstantą “const”

$$pV = \text{const arba } p = \text{const} \cdot 1/V$$

4.4. Gautąją konstantą „const<sub>(graf)</sub>“ palyginkite su konstanta, apskaičiuota pagal slėgio ir tūrio sandaugą  $p_1 V_1 = \text{const}_1$  pradinėmis sąlygomis. Tūrį imkite su apskaičiuota pataisa  $V_0$ .

4.5. Apskaičiuokite santykinį procentinį skirtumą tarp konstantos, nustatytos grafiškai „const<sub>(graf)</sub>“ ir apskaičiuotosios pradinėmis sąlygomis  $\text{const}_1$ .

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

Tikraja verte laikykite  $\text{const}_1$ .

## EKSPERIMENTAS

### II dalis. Darbo, atlikto izotermiškai spaudžiant dujas, radimas.

#### Tyrimo problema:

Kaip rasti darbą izoterminio proceso metu?



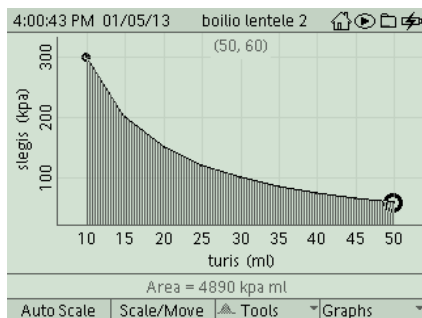
### Tyrimo hipotezė:

Darbas izoterminio proceso metu lygus plotui po izoterme.

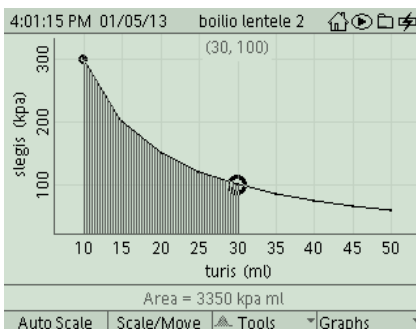
Šiame eksperimente darbą izoterminio proceso metu rasite grafiškai. Plotas po izoterme skaitine reikšme lygus darbui.

Tyrimo eiga tokia pati, kaip aprašyta aukščiau. Gavę izotermę (4 pav.d), pasinaudokite ploto (Area Tool) įrankiu ir suraskite plotą po izoterme.

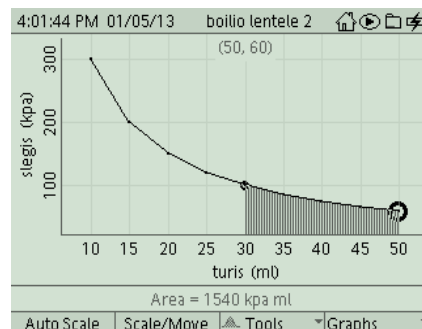
### 5. Eksperimento rezultatai ir jų analizė



**5 pav.a.** Pasinaudojus ploto įrankiu (Area Tool) iš įrankių(F3) meniu, randamas plotas po izoterme. Jis reiškia darbą izoterminio proceso metu. Užrašas po grafiku reiškia darbą:  
 $A = \text{Area} = 4890 \text{ kPa ml}$



**5 pav.b.** Užštrichuotas plotas po grafiku reiškia darbą, dujas suspaudžiant nuo 30 ml iki 10 ml.  
 $A_1 = \text{Area} = 3350 \text{ kPa ml}$ .



**5 pav. c.** Užštrichuotas plotas po grafiku reiškia darbą, dujas suspaudžiant nuo 50 ml iki 30 ml.  
 $A_2 = \text{Area} = 1540 \text{ kPa ml}$ .

Laboratorinio darbo  
**IZOTERMINIS PROCESAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

***I dalis. Boilio ir Marioto dėsnio patikrinamas.***

*Prielaidos/hipotezės:*

Dujų tūrio ir slėgio .....

1. ***Šioje vietoje įterpkite dujų slėgio priklausomybės nuo tūrio grafiką (1A. pav.).***



**1A. pav.** dujų slėgio priklausomybės nuo tūrio grafikas

1.1. Apskaičiuokite bent kelioms būsenoms dujų tūrio ir slėgio santykius ir juo palyginkite:

.....

- Ar santykiai vienodi? .....

Kiek skiriasi? .....

- Apskaičiuokite tūrio pataisą  $V_0$ :

$V_0 =$  .....

- Įvedę tūrio pataisą, bent kelioms būsenoms patikrinkite (1) lygtį. Tūrio ir slėgio duomenis imkite iš jūsų gauto  $p$  nuo  $V$  grafiko (1A pav. ) arba iš GLX'o lentelės.

.....

2. ***Šioje vietoje įterpkite dujų slėgio priklausomybės nuo tūrio inversijos grafiką (2A. pav.).***



2A. pav. Dujų slėgio priklausomybės nuo tūrio inversijos grafikas

- Iš grafiko raskite konstantą „const<sub>(graf)</sub>“

const<sub>(graf)</sub> = .....

- Palyginkite su konstanta, apskaičiuota pagal slėgio ir tūrio sandaugą  $p_1V_1 = \text{const}_1$  pradinėmis sąlygomis. Tūrį imkite su apskaičiuota pataisa  $V_0$ .

const<sub>1</sub> =  $p_1V_1$  = .....

- Apskaičiuokite santykinį procentinį skirtumą tarp konstantos, nustatytos grafiškai „const<sub>(graf)</sub>“ ir apskaičiuotos pradinėmis sąlygomis  $\text{const}_1$ .

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

Tikraja verte laikykite  $\text{const}_1$ .

### Išvados:

- Padarykite išvadą apie  $p$  priklausomybės  $V$  grafiką: .....
- Padarykite išvadą apie tai, ar visame tūrio kitimo intervale sisteminė tūrio paklaida  $V_0$  vienodai įtakojo galutinį rezultatą .....
- Padarykite išvadą apie grafiko  $p$  nuo  $1/V$  krypties koeficiento fizikinę prasmę: .....
- Padarykite išvadą, ką galėtų reikšti tai, jeigu  $\text{const}_1 > \text{const}_{\text{graf}}$ : .....
- Padarykite išvadą, ar jūsų atliktas tyrimas patvirtino ar atmetė jūsų padarytą prielaidą /hipotezę: .....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Kokį procesą tyrė Boilis ir Mariotas?	
2. Kaip vadinama matematikoje izotermės	

kreivė?	
3. Ar tarp dujų tūrio ir slėgio yra tiesioginė ar atvirkštinė priklausomybė?	
4. Kuris sąryšis: $pV=const$ ar $p=const/V$ teisingai aprašo izoterminį procesą?	
5. Paaiškinkite, kodėl darosi vis sunkiau stumti švirkšto stūmoklį spaudžiant orą?	
6. Izoterminiam procesui $pV=k$ . Koks turėtų būti konstantos $k$ priklausomybės nuo $V$ grafikas idealiom dujom ?	
7. Prie didelių, ar prie mažų tūrių labiau nukrypstama nuo idealiųjų dujų?	
8. Kurioje slėgio nuo tūrio grafiko dalyje oras elgiasi panašiau į idealias dujas? Kurioje – į realias?	
9. Koks bus oro slėgis švirkšte, kai tūris bus 15 ml? Apskaičiuokite pagal savo tyrimo rezultatus.	
10. Ką ir kaip pakeistumėte eksperimente, kad būtų panašiau į idealiąsias dujas?	

**II dalis. Darbo, atlikto izotermiškai spaudžiant dujas, radimas.**

Prielaidos/hipotezės:

Dujų darbas izoterminio proceso metu .....

1. Šioje vietoje įterpkite dujų slėgio priklausomybės nuo tūrio grafiką su pažymėtu plotu (3A. pav.).



**3A. pav.** Dujų slėgio priklausomybės nuo tūrio grafikas su pažymėtu plotu po izoterme

- Užrašykite plotą po izoterme .....  
Ką fizikoje šiuo atveju jis reiškia? .....  
Darbą [kPa·ml] išreikškite džauliais .....  
 $A = \dots \dots \dots [kPa \cdot ml] = \dots \dots \dots J$
- Raskite darbą  $A_1$ , dujas suspaudžiant nuo 30 ml iki 10 ml ir darbą  $A_2$ , dujas suspaudžiant nuo 50 ml iki 30 ml:  
 $A_1 = \dots \dots \dots$   
 $A_2 = \dots \dots \dots$

**Išvados**

- Padarykite išvadą apie tai, ką reiškia plotas po izoterme: .....
- Kokią galite padaryti išvadą apie darbų skirtumą, suspaudžiant jas nuo 30 ml iki 10 ml ir suspaudžiant nuo 50 ml iki 30 ml: .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI**

Klausimai	Atsakymai
1. Kokį procesą tyrė Boilis ir Mariotas?	
2. Kaip vadinama matematikoje izotermės kreivė?	
3. Ką reiškia plotas po izoterme?	
4. Dujas slėgėte. Šiuo atveju, pačių dujų	

darbas teigiamas ar neigiamas?	
5. Paaiškinkite, kodėl darosi vis sunkiau stumti švirškšto stūmoklį spaudžiant orą?	
6. Darbą $kPa \cdot ml$ išreikškite džaulias	

## 2.3 ELEKTROS LABORATORINIAI DARBAI

### 2.3.1 LAIDININKO VARŽOS NUSTATYMAS

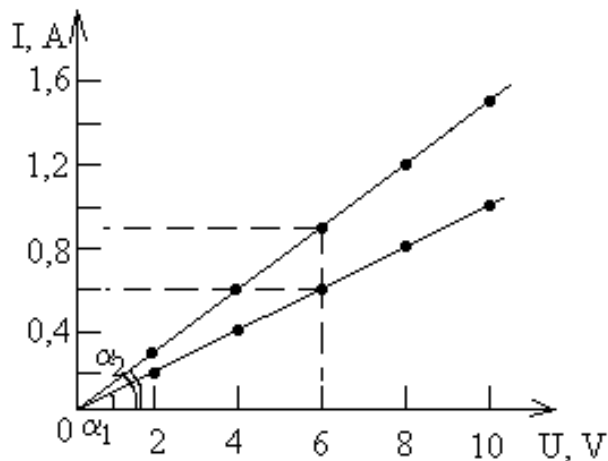
#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

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:



1 pav. Voltamperinė charakteristika

$$R = \frac{1}{k}.$$

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  $R$ .

$$I = \frac{U}{R}.$$

Išreiškus  $R$ , gaunama

$$R = \frac{U}{I}.$$

Varžos vienetas yra omas:  $[R] = 1V:1A = 1\Omega$ .

#### EKSPERIMENTAS

##### Tyrimo problema

Kaip gavus  $U = f(I)$  grafiką, nustatyti tiriamojo laidininko varžos vertę.

##### Eksperimento tikslas








Nustatyti tiriamojo laidininko varžos vertę.

##### Eksperimento priemonės:

- *Xplorer GLX*;
- Varžai (47  $\Omega$ , 100  $\Omega$  ir kt.);
- *GLX galios* stiprintuvas;
- Galvanometro jutiklis;
- Jungiamieji laidai.

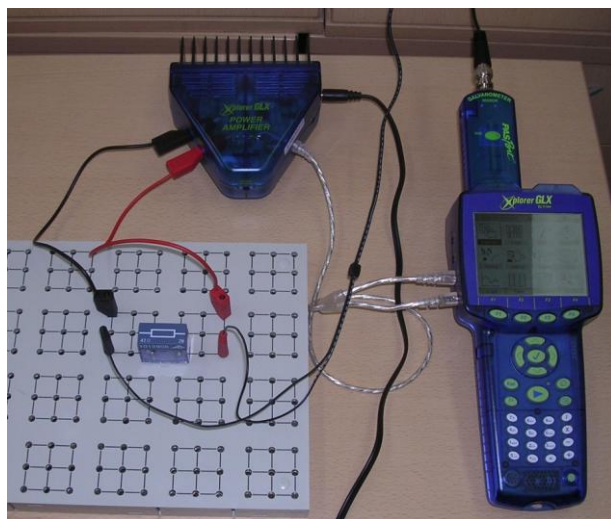
## Darbo eiga:

### 1. *Xplorer GLX* parengimas naujam eksperimentui:

- 1.1. Paspauskite mygtuką – *Home Screen* – 
- 1.2. Paspauskite mygtuką –  ir atidarykite *Data Files* ekraną.
- 1.3. Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spauskite . Atsidaro *New Files*.
- 1.4. Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .




### 2. *Priemonių* parengimas darbui:

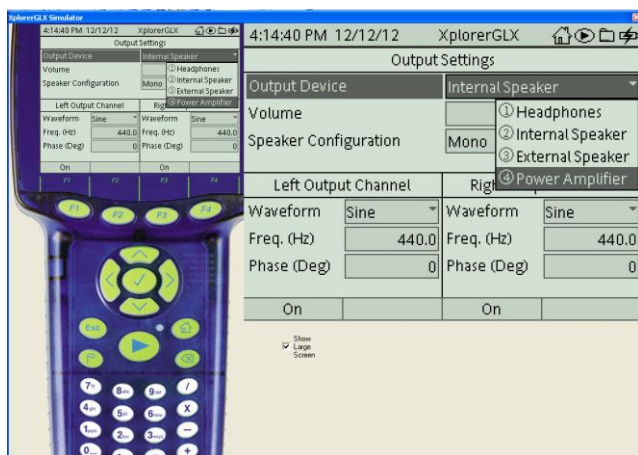
- 2.1. Prijunkite *GLX* galios stiprintuvą prie *GLX* (prijungti du laidus į *GLX* kairiąją pusę). Vienas laidas jungiamas į *GLX* įtampos jutiklio lizdą, kitas – į išorinį garsiakalbio išvesties lizdą. Kiekvieną laidą galite nustatyti pagal lizdo dydį (2pav.).
- 2.2. *GLX* galios stiprintuvą prijunkite prie maitinimo šaltinio (žalias šviesos diodas turėtų įsižiebt).
- 2.3. Prijunkite *GLX* galios stiprintuvo raudoną lizdą prie vieno varžo galo, o juodą – prie kito. *GLX* galios stiprintuvas bus naudojamas matuoti srovei, tekančiai per varžą.
- 2.4. Prijunkite galvanometro jutiklį prie *Xplorer GLX*, kad matuotų įtampą tarp varžo galų.
- 2.5. Prijunkite galvanometro jutiklį prie varžo. Derinti raudoną, juodą kištukus, ateinančius iš *GLX* galios stiprintuvo.



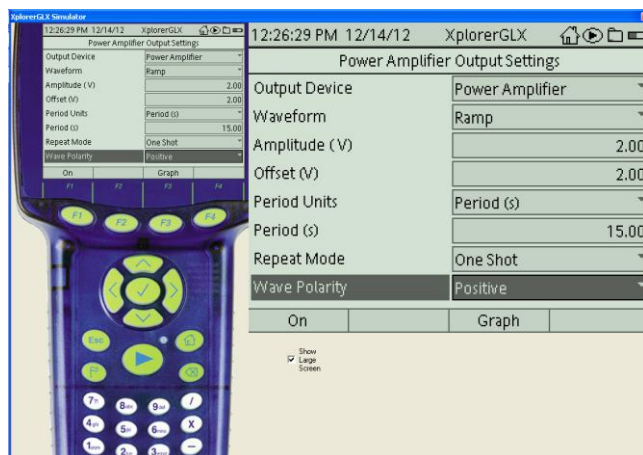
2 pav. Eksperimento stendas

### 3. *Matavimų procedūros*:

- 3.1. Paspauskite mygtuką – *Home Screen* – , pasirinkite *Output* ir spauskite mygtuką – 
- 3.2. *Large Output Settings* pasirinkite *Power Amplifier* ir spauskite –  (3 pav.)



3 pav. Galios stiprintuvo (*Power Amplifier*)



4 pav. Parametų nustatymas



nustatymas

- 3.3. Vyksta *Power Amplifier* kalibravimas ir atsidaro langas, kuriame reikia nustatyti parametrus, kaip parodyta 4 pav.
- 3.4. Tada įjunkite galios stiprintuvą (*On/F1*) ir tuo pačiu metu paspauskite *Start/Stop* mygtuką – pradėti matavimus.
- 3.5. Duomenų rinkimą sustabdykite prieš galios stiprintuvo automatinį išsijungimą (matuoti iki 15 s). Tai padeda išvengti klaidingų duomenų.

## Laboratorinio darbo

### L AidININKO VARŽOS NUSTATYMAS

#### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

#### *Hipotezė*

Manau, kad įtampos priklausomybė nuo srovės stiprio yra .....  
....., o grafiko polinkis proporcingas .....

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

- 1.1. Po matavimo spauskite *F3/Graph*, grafiko lange pasirinkite *New Graph Page*. Braižomas grafikas.
- 1.2. Jei gaunate  $U(t)$  priklausomybę, laiką (*Time*) pakeiskite į srovės stiprį (*Current*).
- 1.3. Jei reikia, pakeiskite grafiko mastelį, kad pamatytumėte tiesės polinkį (mygtukas *Scale*).
- 1.4. Atlikite grafiko  $U(I)$  tiesinę aproksimaciją (paspauskite mygtuką *Tools* ir pasirinkite *Linear Fit*). Braižomas grafikas ir apskaičiuojamas tiesės polinkio kampo tangentas – krypties koeficientas.
- 1.5. Įterpkite gautą įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio grafiką (1A pav.).



1A pav.  $U = f(I)$  grafikas, kai varža  $R_1$

- 1.6. Užrašykite tiriamojo varžo varžos vertę.

$R_1 = \dots \Omega$ .


- 1.7. Atlikę visus matavimus su kitu varžu.
- 1.8. Gaukite  $U = f(I)$  grafiką ir nustatykite jo varžos vertę.
- 1.9. Įterpkite  $U = f(I)$  grafiką, kai varža  $R_2$  (2A pav.).



**2A pav.**  $U = f(I)$  grafikas, kai varžo varža  $R_2$

- 1.10. Užrašykite tiriamojo varžo varžos vertę.

$R_2 = \dots \dots \dots \Omega.$

- 1.11.11. Ištyrinkite, kaip tiesės polinkio kampas priklauso nuo varžo varžos:
  - 1.11.1. atlikite aukščiau minėtus matavimus su dviem skirtingais varžais;
  - 1.11.2. viename grafike nubraižykite abiejų varžų  $U = f(I)$  priklausomybes;
  - 1.11.3. spauskite F4 (*Graphs*), pažymėkite *Two Runs* ir spauskite ;
  - 1.11.4. įvertinkite, kaip tiesės polinkio kampas priklauso nuo varžos.
  - 1.11.5. Įterpkite gautą grafiką (3A pav.).



**3A pav.** Dviejų varžų  $U = f(I)$  grafikai

- 1.12. Įvertinkite, kaip tiesės polinkis priklauso nuo varžos

.....

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką .....
- padarykite išvadą apie grafiko tiesės polinkio kampo tangento ( $\text{tg}(\frac{\Delta U}{\Delta I})$ ) fizikinę prasmę .....
- padarykite išvadą apie tiriamųjų varžų varžas .....
- padarykite išvadą, kaip grafiko polinkio kampas priklauso nuo varžo varžos .....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite Omo dėsnį grandinės daliai. 2. Kas yra varža? 3. Kokie varžos vienetai? 4. Kokia įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio $U = f(I)$ tiesės polinkio kampo tangento fizikinė prasmė?	

## 2.3.2 LAIDININKO SAVITOSIOS VARŽOS NUSTATYMAS

### 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:

$$I = kU.$$

Proporcingumo koeficientas  $k$  vadinamas laidininko elektriniu laidžiu.  $I = f(U)$  grafike (1 pav.) laidį  $k$  vaizduoja kampo tarp  $U$  ašies ir grafiko tangentas:  $\operatorname{tg}\alpha_1$ ,  $\operatorname{tg}\alpha_2$ .

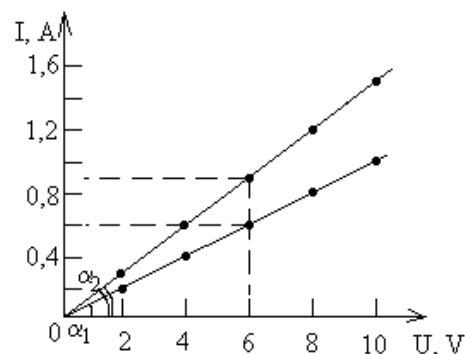
Atvirkščias laidžiui dydis yra laidininko varža:

$$R = \frac{1}{k}.$$

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, jame esančių 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  $1 \text{ m}^2$ .

### EKSPERIMENTAS

*Tyrimo problema.*

Kaip nustatčius vielos varžą ir jos ilgį, gauti savitąją varžą.

### ***Eksperimento tikslas***








Nustatyti vielos savitąją varžą.

### **Eksperimento priemonės:**

- *Xplorer GLX*;
- Prietaisas varžai tirti;
- Mikrometras;
- *GLX* galios stiprintuvas;
- Galvanometro jutiklis;
- Jungiamieji laidai.

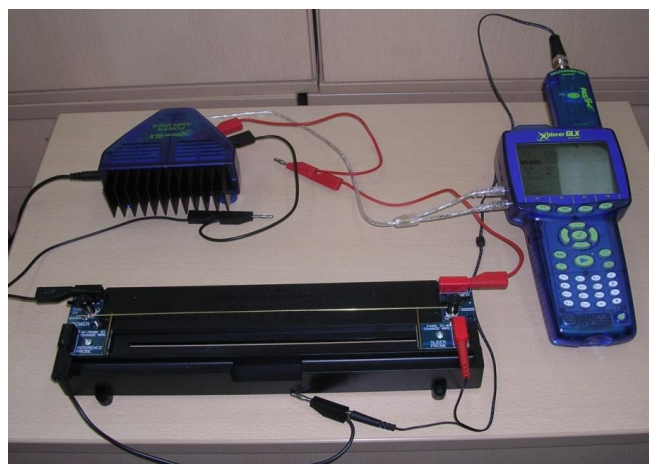
### **Darbo eiga:**

#### **1. *Xplorer GLX* parengimas naujam eksperimentui:**

- 1.1. Paspauskite mygtuką –*Home Screen* – .
- 1.2. Paspauskite mygtuką –  ir atidarykite *Data Files* ekraną.
- 1.3. Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spauskite . Atsidaro *New Files*.
- 1.4. Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti, spauskite , nenorėdami išsaugoti –  jei norite ištrinti – .

#### **2. *Priemonių parengimas darbui:***

- 2.1. 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.
- 2.2. Įstatykite ploniausią vielą į prietaisą varžai tirti.
- 2.3. Nustatykite vieną gnybtą ties 0 cm žyme ir slankiklio gnybtą ties 24 cm žyme.
- 2.4. 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.
- 2.5. *GLX* galios stiprintuvą prijunkite prie maitinimo šaltinio (žalias šviesos diodas turėtų įsižiebt).
- 2.6. 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.
- 2.7. Prijunkite galvanometro jutiklį prie *Xplorer GLX*, kad matuotų įtampą






**2 pav.** Eksperimento stendas

visame vielos ilgyje.

2.8. Prijunkite galvanometro jutiklį prie prietaiso. Raudoną kištuką prijunkite prie slankiklio (+).

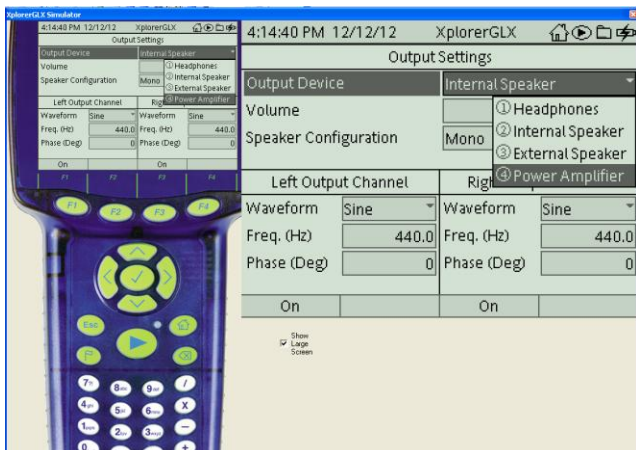
### 3. *Matavimų procedūros:*

3.1. Paspauskite mygtuką – *Home Screen* – , pasirinkite *Output* ir paspauskite mygtuką – .

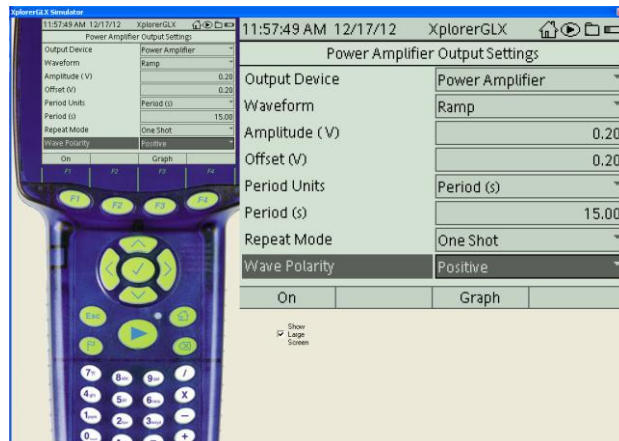
3.2. Lango *Output Settings* pasirinkite galios stiprintuvą (*Power Amplifier*) ir paspauskite –  (3 pav.).

3.3. Vyksta galios stiprintuvo (*Power Amplifier*) kalibravimas ir atsidaro langas, kuriame reikia nustatyti parametrus, kaip parodyta 4 pav.

3.4. Tada įjunkite galios stiprintuvą (*On/FI*) ir tuo pačiu metu paspauskite *GLX Start/Stop* mygtuką, kad pradėtumėte matavimus.



**3 pav.** Galios stiprintuvo (*Power Amplifier*) nustatymas



**4 pav.** Parametrų nustatymas

3.5. Duomenų rinkimą sustabdykite prieš galios stiprintuvo automatinį išsijungimą (matuoti iki 15 s). Tai padeda išvengti klaidingų duomenų.

Laboratorinio darbo  
**LAIDININKO SAVITOSIOS VARŽOSNUSTATYMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

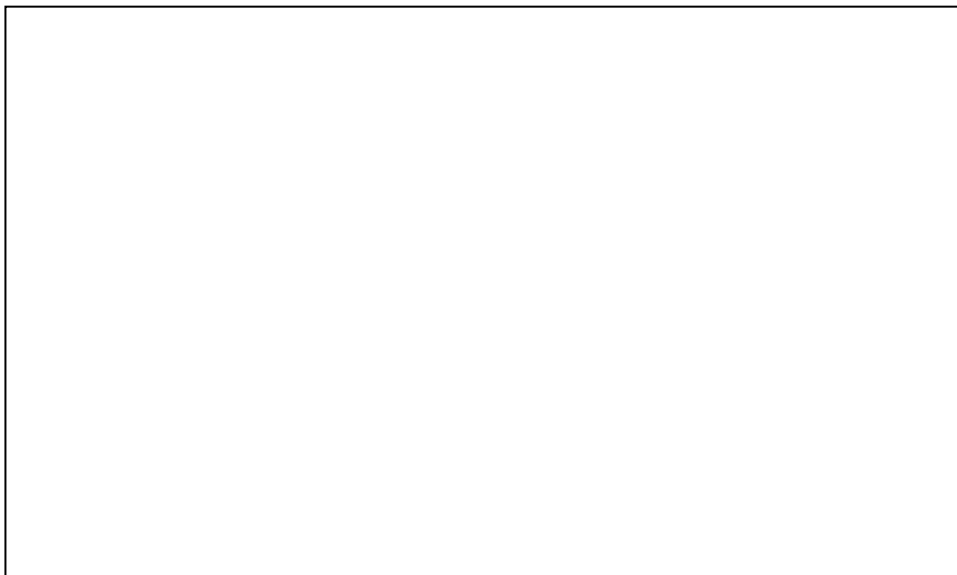
Partneriai. ....

*Hipotezė*

Manau, kad varžos priklausomybė nuo vielos ilgio yra .....  
....., o grafiko polinkis proporcingas .....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

- 1.1. Po matavimo spauskite *F3/Graph*, grafiko lange pasirinkite *New Graph Page*. Braižomas grafikas.
- 1.2. Jei gaunama  $U(t)$  priklausomybė, laiką (*Time*) reikia pakeisti į srovės stiprį (*Current*).
- 1.3. Jei reikia, pakeiskite grafiko mastelį, kad išryškėtų tiesės polinkis (mygtukas *Scale*).
- 1.4. Atlikite grafiko  $U(I)$  tiesinę aproksimaciją (paspauskite mygtuką *Tools* ir pasirinkite *Linear Fit*). Braižomas grafikas ir apskaičiuojamas tiesės polinkis.
- 1.5. Įterpkite gautą įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio grafiką (1A pav.).



**1A pav.**  $U(I)$  grafikas

- 1.6. Užrašykite varžos vertę:

$R = \dots \Omega$ .

- 1.7. *Xplorer GLX* atidarykite lentelę ir įrašykite vielos ilgį  $l_1 = \dots$  cm.
- 1.8. Iš tiesės polinkio kampo tangento nustatykite varžą:  $R = \dots \Omega$ .
- 1.9. 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.



1.10. Matavimų duomenis surašykite į 1 lentelę:

**1 lentelė.** Eksperimento duomenys

Matavimo Nr.	$l$ , cm	$R$ , $\Omega$
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

1.11. 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.).

1.12. Atlikite grafiko  $R(l)$  tiesinę aproksimaciją (paspauskite mygtuką *Tools* ir pasirinkite *Linear Fit*).

1.13. Įterpkite gautą varžos priklausomybės nuo vielos ilgio grafiką (2A pav.).



**2A pav.**  $R(l)$  grafikas

1.14. Paaiškinkite tiesės polinkio fizikinę prasmę:

.....  
.....

1.15. Užrašykite tiesės polinkio  $\text{tga} = \dots\dots\dots$

1.16. Naudodamiesi šio polinkio verte, apskaičiuokite savitąją varžą  $\rho$ :

$$\rho = \dots\dots\dots \mu\Omega \cdot \text{cm}.$$

1.17. Nustatykite, iš kokios medžiagos pagaminta tiriamoji viela.

**Tiriamoji viela** – .....

1.18. Palyginkite eksperimento metu gautą savitosios varžos  $\rho$  vertę su pateikta 2 lentelėje.

1.19. Įvertinkite santykinį nuokrypį nuo lentelėse pateiktos vertės (procentais):

$$\varepsilon = \frac{|\rho_l - \rho|}{\rho_l} 100\% .$$

$$\varepsilon = \dots\dots\dots \% .$$

1.20. Nurodykite galimas paklaidų priežastis:

.....  
 .....

**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

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką  
 .....
- padarykite išvadą apie tiesės polinkio kampo ( $\text{tg}\alpha = \Delta U / \Delta I$ ) fizikinę prasmę  
 .....
- padarykite išvadą apie varžos priklausomybę nuo vielos ilgio  $R = f(l)$   
 .....
- padarykite išvadą apie tiesės polinkio kampo ( $\text{tg}\alpha = \Delta R / \Delta l$ ) fizikinę prasmę  
 .....
- padarykite išvadą apie tiriamosios medžiagos savitąją varžą  
 .....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę  
 .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite Omo dėsnį grandinės daliai.	
2. Kas yra varža?	

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>3. Nuo ko priklauso varža?</li><li>4. Kaip apskaičiuoti savitąją varžą?</li><li>5. Ką duoda grafiko <math>R = f(l)</math> polinkio kampo tangentas?</li><li>6. Kaip apskaičiuoti savitąją varžą iš grafiko <math>R(l)</math>?</li><li>7. Kaip apskaičiuoti rezultato santykinį nuokrypį nuo tikrosios vertės?</li></ol> |  |
|---|--|

### 2.3.3 ELEKTROS SROVĖS STIPRIO NUOSEKLOJO LAIDININKŲ JUNGIMO GRANDINĖJE NUSTATYMAS

#### 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 nuoseklusis, lygiagretusis, mišrusis.

**Nuoseklusis laidininkų jungimas** (1 pav.).

- Srovės stipris yra pastovus, todėl galima rašyti:

$$I = I_1 = I_2 = I$$

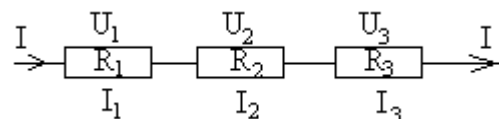
- Nuosekliai sujungtų laidininkų bendra (ekvivalentinė) varža lygi atskirų laidininkų varžų sumai:

$$R = R_1 + R_2 + R_3.$$

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



1 pav. Nuoseklus laidininkų jungimas

$$\frac{U}{R} = \frac{U_1}{R_1} = \frac{U_2}{R_2} = \frac{U_3}{R_3}$$

ir gauname

$$\frac{U}{U_1} = \frac{R}{R_1}, \frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}, \frac{U_2}{U_3} = \frac{R_2}{R_3}, \text{ ir t. t.}$$

- Nuosekliai sujungtų laidininkų įtampa tiesiai proporcinga jų varžoms.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kaip iš  $U = f(R)$  grafiko nustatyti srovės stiprį nuosekliojo laidininkų jungimo grandinėje.

### Eksperimento tikslas








Nustatyti srovės stiprį nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje.

### Eksperimento priemonės:

- Xplorer GLX;
- Įtampos jutiklis (Voltage Probe);
- Skirtingos varžos ( $100 \Omega$ – $1000 \Omega$ ) – 4–5 vienetai;
- Srovės šaltinis („AA“, „C“, „D“ ir pan.)  $\pm 10$  V;
- Jungiamieji laidai ir antgaliai;
- Jungiklis.

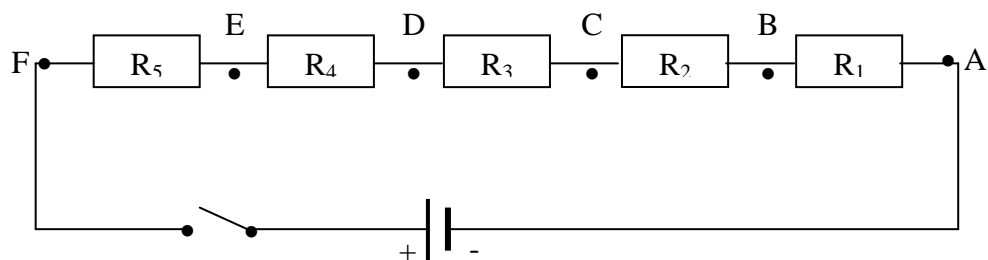
### Darbo eiga:

#### 1. Xplorer GLX parengimas naujam eksperimentui:

- 1.1. Paspauskite mygtuką –Home Screen – 
- 1.2. Paspauskite mygtuką –  ir atidarykite Data Files ekraną.
- 1.3. Paspauskite mygtuką , atsidaro Files menu ir spauskite  Atsidaro New Files.
- 1.4. Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti, spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .

#### 2. Priemonių parengimas darbui:

- 2.1. Sujunkite grandinę pagal duotą schemą (2 pav., 3 pav.). Įtampos jutiklis į GLX dar nejungiamas.





2 pav. Grandinės schema




## 2.2. Įtampos jutiklio prijungimas prie GLX:



2.2.1. įtampos jutiklį įjunkite kairėje GLX pusėje;



2.2.2. jei į GLX yra įjungti kiti sensoriai, išjunkite juos.

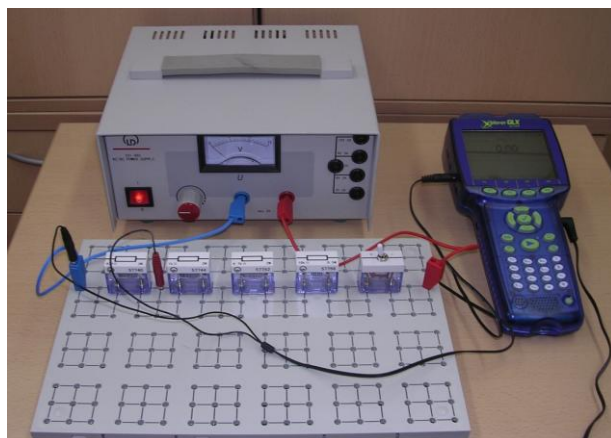
## 2.3. GLX nustatymas duomenų rinkimui:

2.3.1. paspauskite  – grįžti į pradžią (*Home Screen*); paspaudę , atidarykite jutiklių pasirinkimo ekraną (*Sensors screen*);

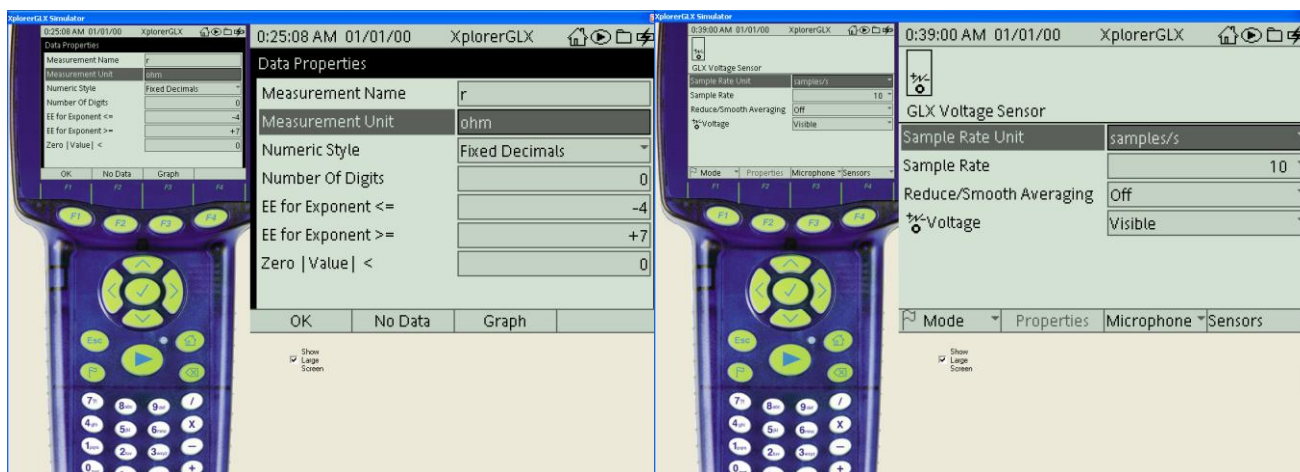
2.3.2. paspauskite , atsidaro *Mode menu*, paspaudę , pasirinkite rankinį režimą (*Manual*); spauskite ;

2.3.3. atsidaro duomenų savybių (*Data Properties*) langas, spauskite , parašykite „r“ ir vėl spauskite /OK; GLX ekrane laidininko varža žymima „r“.

2.3.4. matavimo vienetų nustatymui rodykle eikite žemyn iki matavimo vienetų (*Measurement Unit*). Spauskite , parašykite varžos vienetus („ohm“) ir vėl spauskite  (4 pav.).




3 pav. Eksperimento stendas





4 pav. Varžos užrašymo langas



5 pav. Įtampos jutiklio nustatymo langas


2.3.5. Spauskite  – pasirinkimui patvirtinti (OK) ir uždarykite duomenų savybių (*Data Properties*) langą.

2.3.6. Matomas įtampos jutiklio nustatymo langas (5 pav.)

## 2.4. Pasirengimas grafiko braižymui:

2.4.1. 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*) reikia pažymėti varžą (*resistance*):


- ✓ spauskite , eikite rodykle žemyn ir pažymėkite *Time*;
- ✓ spauskite , atsidaro matavimų rūšys – *data source menu*;

✓ šiame lange pažymėkite „r“ ir patvirtinimui spauskite .

2.4.2. Pasiruošta brėžti įtampos priklausomybės nuo varžos grafiką. Lange matome įtampos (V) ir varžos (ohm) ašis (6 pav.).

### 3. **Matavimų procedūros:**


3.1. Įtampos šaltinį nustatykite iki 10 V. Įjunkite jungiklį.

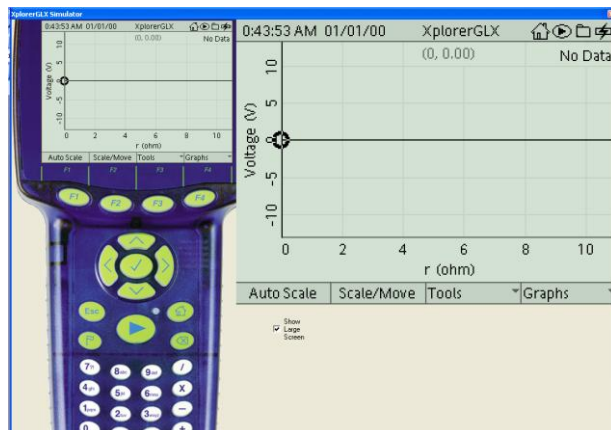
3.2. Paspauskite matavimo mygtuką . Dabar *GLX* jau gali matuoti įtampą, tačiau rodmenų dar nefiksuos.

3.3. Įtampos jutiklio juodąjį galą prijunkite prie šaltinio neigiamo poliaus, įtampos jutiklio raudonąjį galą prijunkite prie grandinės taško A (1 pav.).

3.4. Spauskite vėliavėlę , kad būtų atliktas vienas įtampos matavimas.

3.5. Spauskite *enter*, kad pamatytumėte bendrą varžą, kurios galuose matuojama įtampa.

3.6. Užsirašykite varžos skaitinę vertę (taške A „r“ = 0, nes įjungti tik jungiamieji laidai) ir spauskite /OK.



6 pav. Grafiko langas

Laboratorinio darbo  
**ELEKTROS SROVĖS STIPRIO NUOSEKLIJO LAIDININKŲ  
JUNGIMO GRANDINĖJE NUSTATYMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....


Partneriai. ....

*Hipotezė*

Manau, kad įtampos priklausomybė nuo varžos yra .....,  
o grafiko polinkis proporcingas .....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**


1.1. Kartodami 3.4 – 3.6 punktus, išmatuokite įtampas ir nustatykite varžas, jungdami raudoną jutiklio galą tarp taškų A–B, A–C, A–D ir t.t. (1 pav.).

1.1.1. Baigę matavimus spauskite .

1.1.2. Duomenis surašykite į 1 lentelę:

**1 lentelė.** Eksperimento duomenys

Bandymo Nr.	Jungimo taškai	Varža $R(\Omega)$
1.	(-) - A	
2.	A–B	
3.	A–C	
4.	A–D	
5.	A–E	

1.2. Spauskite , bus automatiškai parinktas grafiko mastelis.



1.3. Įterpkite gautą įtampos priklausomybės nuo varžos grafiką (1A pav.).



**1A pav.**  $U(R)$  1 grafikas



1.4. Grafiką aproksimuokite tiese ir raskite tiesės polinkio kampo tangentą:

1.4.1. spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*), spauskite , pažymėkite aproksimaciją tiese (*Linear Fit*);

1.4.2. Gaunamas 2-as grafikas.

1.5. Įterpkite antrąjį grafiką (2A pav.).



**2A pav.**  $U(R)$  2 grafikas

1.6. Grafiko polinkio kampo analizė:

1.6.1. Užrašykite tiesės polinkio kampo tangentą:

**tg  $\alpha$**  = .....  $V/\Omega$ ;

1.6.2. Paaiškinkite tiesės polinkio kampo fizikinę prasmę:

.....  
.....

1.6.3. užrašykite srovės stiprio vertę:

**$I$**  = ..... mA.

### Išvados:

- padarykite išvadą apie įtampos priklausomybę nuo varžos nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie bendrą varžą nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie  $U = f(R)$  tiesės polinkio  $\text{tg}\alpha$  fizikinę prasmę  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie srovės stiprį nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje  
.....  
.....

- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę

.....

.....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kas yra elektros srovė?</li> <li>2. Kokios būtinos sąlygos, kad laidininku tekėtų srovė?</li> <li>3. Koks srovės stiprio dėsnis nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje?</li> <li>4. Koks įtampos pasiskirstymo dėsnis nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje?</li> <li>5. Kaip apskaičiuoti nuoseklaus laidininkų jungimo grandinės bendrą varžą?</li> <li>6. Koks nuosekliai sujungtų laidininkų įtampų ir varžų pasiskirstymo dėsnis?</li> <li>7. Kokia <math>U(R)</math> grafiko polinkio fizikinė prasmė?</li> </ol>	

**Papildomas tyrimas**  
**SROVĖS STIPRIO NUOSEKLIJO LAIDININKŲ JUNGIMO GRANDINĖJE**  
**NUSTATYMAS**

**Tyrimo problema.** Kaip, gavus įvairių nuoseklaus laidininkų jungimo grandinių (skirtingų varžų)  $U = f(R)$  grafikus, nustatyti srovės stiprio priklausomybę nuo bendros grandinės varžos.

**Ekspimento tikslas** – nustatyti srovės stiprio priklausomybę nuo bendros grandinės varžos, esant tos pačios įtampos šaltiniui.

**Ekspimento priemonės:**

- Xplorer GLX;
- Įtampos jutiklis (Voltage Probe);
- Skirtingi varžai (100  $\Omega$  – 1000  $\Omega$ ) – 4–5 vienetai;
- Srovės šaltinis („AA“, „C“, „D“ ir pan.)  $\pm 10$  V;
- Jungiamieji laidai ir antgaliai;
- Jungiklis.

1. **Rekomendacijos darbo eigai:**

1.1. Suformuluokite tyrimo hipotezę.

.....  
 .....

1.2. Atlikite bandymą į grandinę nuosekliai jungdami skirtingus varžus.

1.3. Duomenis surašykite į 2 lentelę.

1.4. Nubraižykite srovės stiprio  $I$  priklausomybės nuo varžos  $R$  grafiką ( $I = f(R)$ ) (3A pav.).

**2 lentelė.** Ekspimento duomenys

Bandymo Nr.	Jungimo taškai	I grandinė Varža $R, \Omega$	II grandinė Varža $R, \Omega$	III grandinė Varža $R, \Omega$
1.	(-) - A			
2.	(-) - B			
3.	(-) - C			
4.	(-) - D			
5.	(-) - E			
6.	(-) - F			
Srovės stipris		$I_1 = \dots\dots\dots$ A	$I_2 = \dots\dots\dots$ A	$I_3 = \dots\dots\dots$ A



3A pav.  $I(R)$  grafikas

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie įtampos priklausomybę nuo varžos nuoseklaus laidininkų jungimo grandinėje  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie grafiko  $U = f(R)$  polinkio kampo fizikinę prasmę  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie srovės stiprio priklausomybę nuo varžos  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę.  
.....  
.....

## 2.3.4 REZISTORIAUS VARŽOS NUSTATYMAS

### 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:  $\operatorname{tg}\alpha_1, \operatorname{tg}\alpha_2$ .

Atvirkščias laidžiui dydis yra laidininko varža:

$$R = \frac{1}{k}.$$

Tai fizikinis dydis, apibūdinantis laidininko pasipriešinimą elektros srovės tekėjimui.

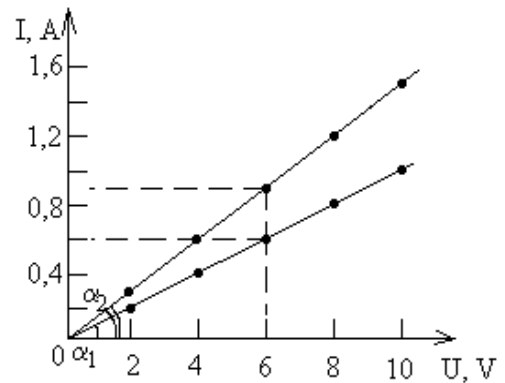
Omo dėsnis grandinės daliai: srovės stipris  $I$  grandinės dalyje tiesiai proporcingas įtampai  $U$  ir atvirkščiai proporcingas grandinės dalies varžai  $R$ .

$$I = \frac{U}{R}.$$

Išreiškus  $R$ , gaunama

$$R = \frac{U}{I}.$$

Varžos vienetas yra omas:  $[R] = 1 \text{ V} : 1 \text{ A} = 1 \Omega$ .



1 pav. Voltamperinė charakteristika

### EKSPERIMENTAS

#### Tyrimo problema.

Kaip gavus  $U = f(I)$  grafiką, nustatyti tiriamosios varžos vertę.

#### Ekspimento tikslas:

nustatyti tiriamosios varžos vertę.

#### Ekspimento priemonės:

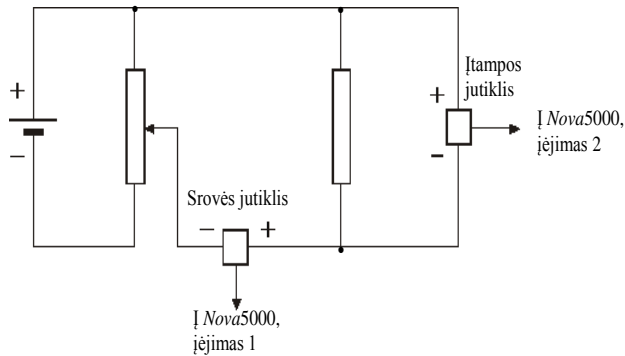
- Nova5000;
- Metalinė viela, įtvirtinta ant liniuotės, arba  $470 \Omega$  varžas;
- 1,5 V baterijos (2–3 vien.) arba 12 V nuolatinės srovės šaltinis;
- Reostatas ( $\sim 15 \Omega$ ) arba  $220 \Omega$  potenciometras;
- Įtampos jutiklis  $\pm 2,5 \text{ V}$  (arba  $\pm 25 \text{ V}$ );
- Srovės jutiklis  $\pm 2,5 \text{ A}$ ;
- Jungiamieji laidai.

## Darbo eiga

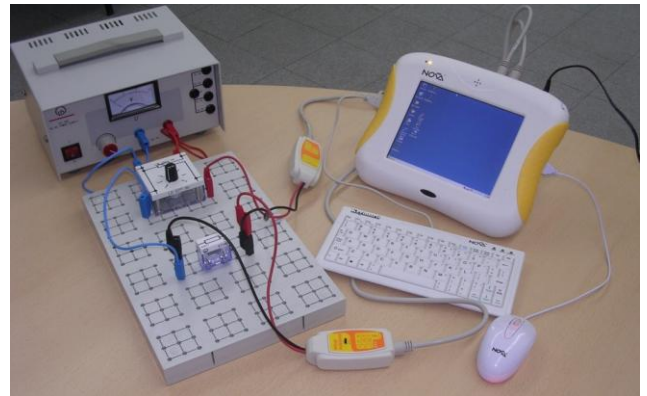
### 1. Priemonių parengimas darbui:

1.1. Sujunkite elektrinę grandinę pagal pateiktą schemą (2 pav.) ir stendą (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

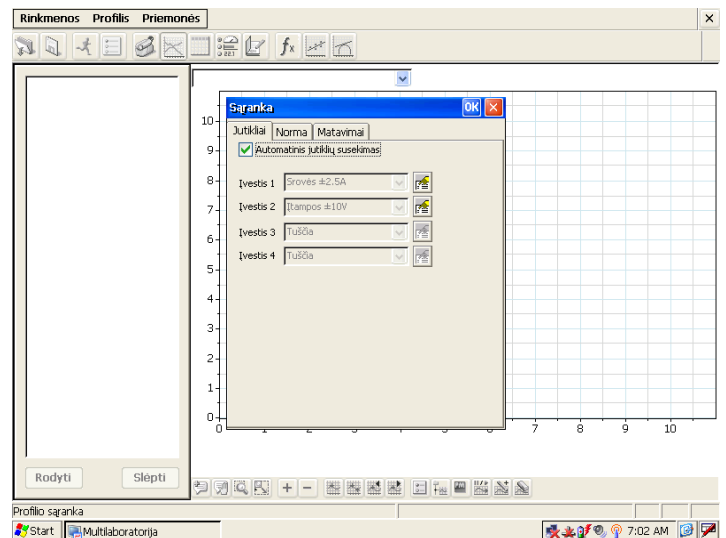


3 pav. Eksperimento stendas

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)	± 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-ąšis (*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*).

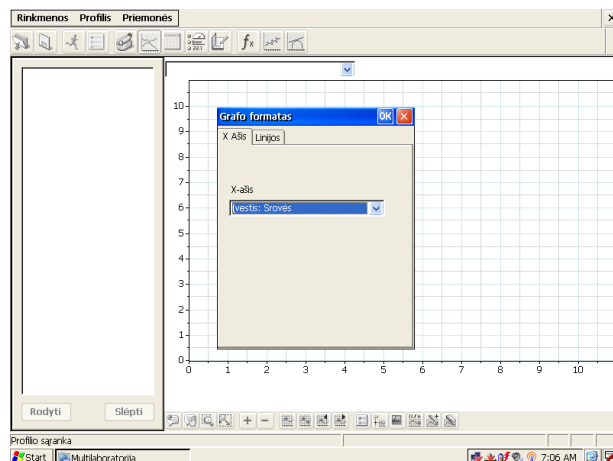
2.5. Reostatu keiskite įtampos kritimą ant tiriamosios varžos. Po kiekvieno pakeitimo atlikite matavimą mygtuku  (*Run*).

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.

**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*).



5 pav. Grafikų formato lango vaizdas

Laboratorinio darbo  
REZISTORIAUS VARŽOS NUSTATYMAS

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....


Partneriai. ....

*Hipotezė*

Manau, kad įtampos priklausomybė nuo srovės stiprio yra .....  
o grafiko polinkis proporcingas .....

1. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

1.1. Atidarykite tiriamosios vielos voltamperinės charakteristikos grafiką: duomenų medyje pažymėkite grafiko piktogramą ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti (Show)*.

1.2. Paspaudę mygtuką  (*Linear fit*), atlikite tiesinę aproksimaciją. Grafiko apačioje bus matoma tiesės lygtis.

1.3. Įterpkite gautą įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio grafiką (1A pav.).



**1A pav.**  $U = f(I)$  grafikas

1.4. 4. Užsirašykite varžos vertę.

$R = \dots \Omega$ .

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką: .....
- padarykite išvadą apie grafiko polinkio kampo tangento ( $\text{tg}(\Delta U / \Delta I)$ ) fizikinę prasmę: .....



- padarykite išvadą apie tiriamojo varžo varžą: .....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę: .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite Omo dėsnį grandinės daliai. 2. Kas yra varža? 3. Kokie varžos vienetai? 4. Nuo ko priklauso varža? 5. Kokia $U(I)$ grafiko polinkio kampo fizikinė prasmė?	

## Papildomas tyrimas REZISTORIAUS VARŽOS NUSTATYMAS

### *Tyrimo problema*

Kaip, turint kelis skirtingus tiriamuosius varžus, gavus  $U = f(I)$  grafikus, nustatyti jų varžų vertes ir jas palyginti.

### *Eksperimento tikslas*

Iš  $U = f(I)$  grafikų nustatyti tiriamųjų laidininkų varžas ir jas palyginti.

### **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  $\pm 2,5$  V (arba  $\pm 25$  V);
- Srovės jutiklis  $\pm 2,5$  A;
- Jungiamieji laidai.

### 1. *Rekomendacijos darbo eigai:*

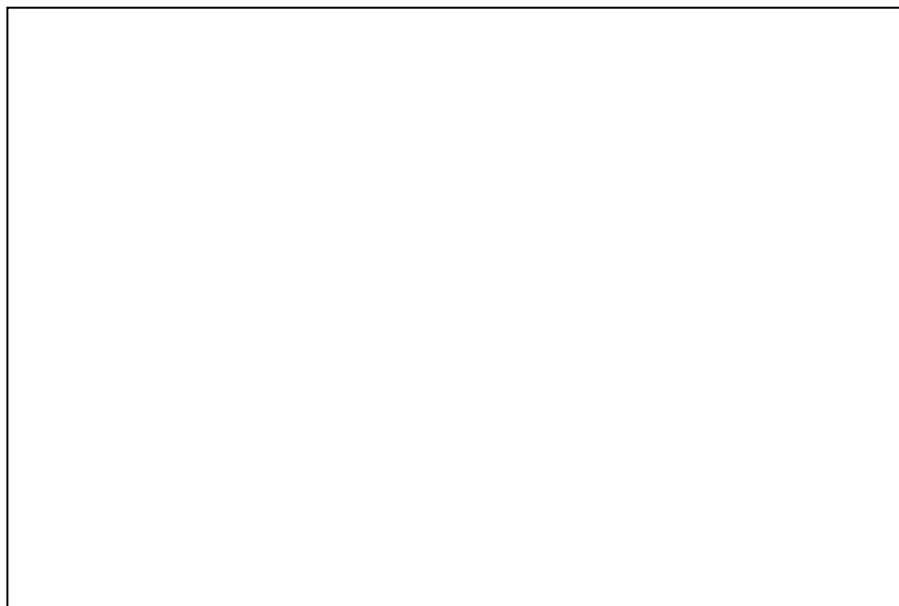
1.1. Suformuluokite tyrimo hipotezę.

.....  
.....

1.2. Atlikite bandymą su skirtingais varžais.

1.3. Kelių varžų  $U = f(I)$  priklausomybes pavaizduokite grafiškai kartu.

1.4. Įterpkite gautus grafikus (2A pav.).



**2A pav.**  $U = f(I)$  grafikai

1.5. Nustatykite varžų vertes ir jas palyginkite

.....  
.....

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafikus: . . . . .  
.....
- padarykite išvadą apie grafiko polinkio kampo fizikinę prasmę: . . . . .  
.....
- padarykite išvadą kaip  $U = f(I)$  polinkio kampas priklauso nuo varžos: . . . . .  
.....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę . . . . .  
.....

## 2.3.5 ELEKTROS SROVĖS ŠALTINIO VIDAUS VARŽOS IR ELEKTROVAROS TYRIMAS

### 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 darbu, atliekamo perkeliant teigiamąjį krūvį uždara grandine, ir to krūvio santykiui:

$$\varepsilon = \frac{A_p}{q}.$$

Elektrovaros SI vienetas yra 1 J/1 C = 1 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

$$I = \frac{\varepsilon}{R+r}.$$

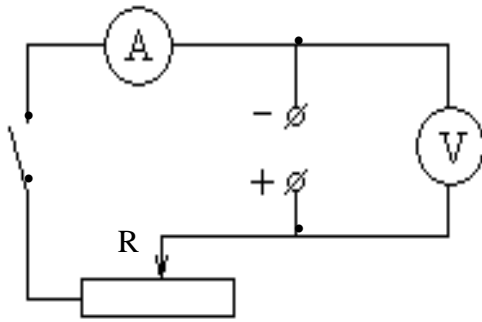
Šios lygtys išreiškia Omo dėsnį uždarajai elektros grandinei. Atsižvelgę į Omo dėsnį grandinės daliai ( $I = U/R$ ) galime užrašyti taip:

$$U + Ir = \varepsilon;$$

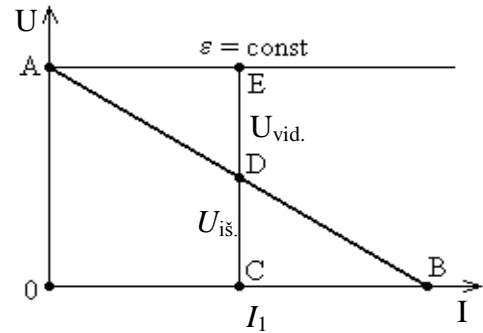
čia  $U$  yra šaltinio gnybtų įtampa, o  $Ir$  dar vadinama įtampos kritimu vidinėje varžoje. Matyti, jog

$$U = \varepsilon - Ir,$$

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 naudojamesi norint praktiškai išmatuoti srovės šaltinio evj.



1 pav. Grandinės schema



2 pav.  $U = f(I)$  grafikas

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  $U_{i\grave{s}}$ . Atlikus kelis matavimus, brėžiamas įtampos  $U_{i\grave{s}}$  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  $I$  lygiagrečiai vaizduoja elektrovarą  $\varepsilon = \text{const}$ . Konkrečios srovės stiprio  $I_1$  vertės ordinatės dalis CD vaizduoja grandinės išorinės dalies įtampą  $U_{i\grave{s}}$ , o dalis DE – šaltinio vidinę įtampą  $U_{\text{vid}}$ .

Keli srovės šaltiniai (elementai, akumuliatoriai) su elektrovara  $\varepsilon$  ir vidine varža  $r$  gali būti jungiami į baterijas nuosekliai, lygiagrečiai ir mišriai. Jei nuosekliai jungiami priešingi šaltinių poliai, bendra baterijos elektrovara yra lygi atskirų šaltinių elektrovarų sumai. Sakykime, yra nuosekliai sujungta  $n$  vienetų 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  $\varepsilon$ . Vienetų  $m$  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.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kaip gavus  $U = f(I)$  grafiką, nustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros vertę.

### Eksperimento tikslas

Nnustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros vertę.

## Eksperto priemonės:

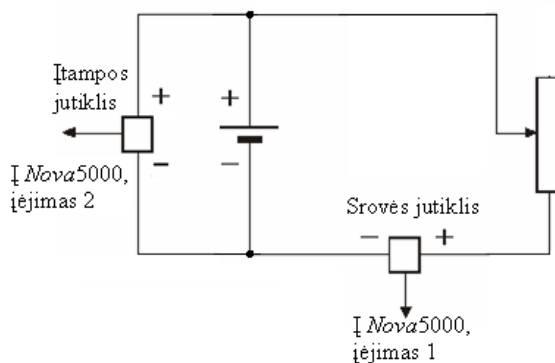
- Nova5000;
- 1,5 V arba 4,5 V baterija;
- Reostatas (~15  $\Omega$ );
- Įtampos jutiklis ( $\pm 2,5$  V arba  $\pm 25$  V);
- Srovės jutiklis  $\pm 2,5$  A;
- Jungiamieji laidai.

## Darbo eiga:

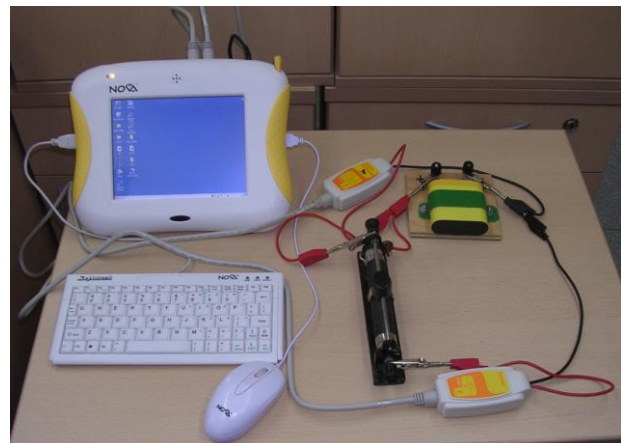
### 1. Priemonių parengimas darbui:

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

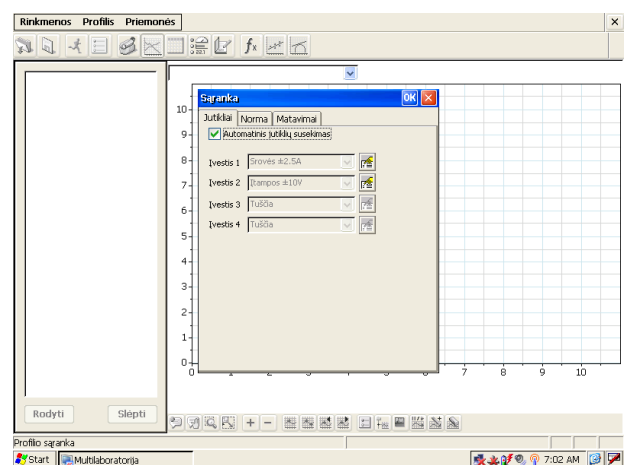


4 pav. Eksperto standas

1.2. Prijunkite srovės *Įvestis1 (Input1)* ir įtampos *Įvestis2 (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-akis (X-Axis)*, parinkite *Įvestis srovės I / O-1 (Input Current I / O-1)* ir paspauskite *OK* (6 pav.).


2.3. Paspauskite mygtuką  (*Run*) ir pradėkite matavimus.

2.4. Duomenis gaukite rankiniu būdu: kiekvieną kartą, kai norite atlikti matavimą,

paspauskite mygtuką  (*Run*).

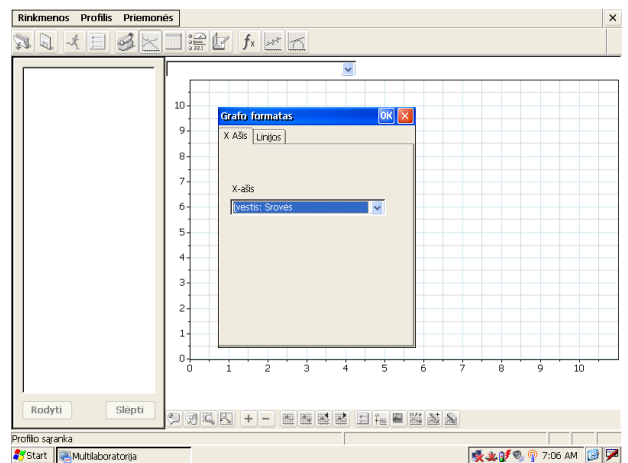
2.5. Reostatu keiskite įtampos kritimą ant

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.

**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)*.



**6 pav.** Grafikų formato lango vaizdas

## Laboratorinio darbo

### ŠALTINIO VIDAUS VARŽOS IR ELEKTROVAROS TYRIMAS

#### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....


#### **Hipotezė.**

Manau, kad įtampos priklausomybė nuo srovės stiprio yra. ....

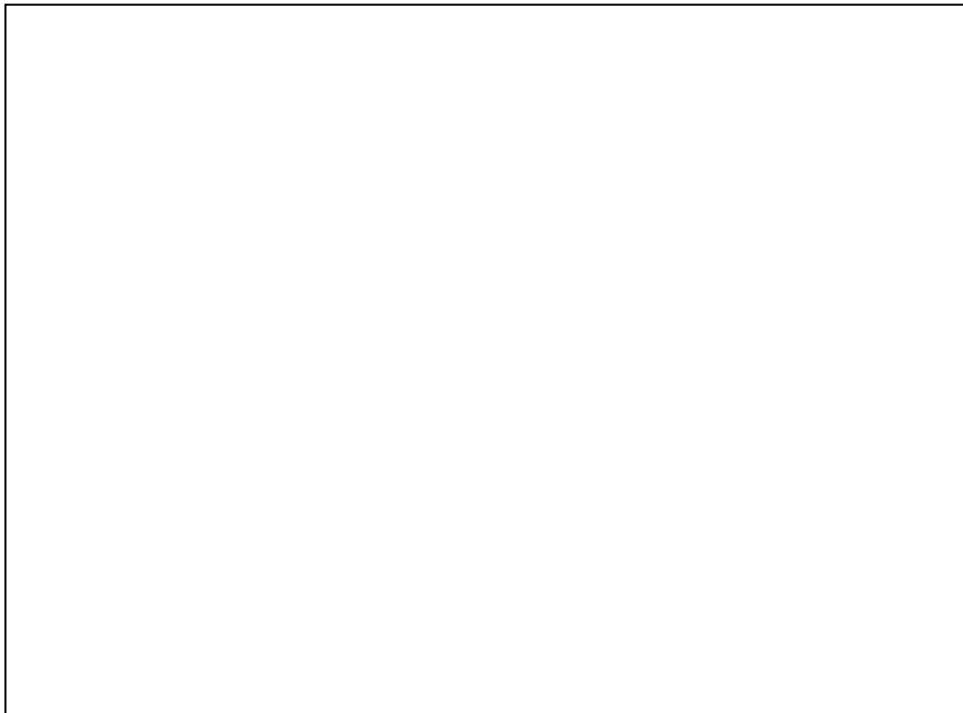
Manau, kad iš  $U = f(I)$  grafiko galima nustatyti. ....

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

1.1. Atidarykite gautą grafiką: duomenų medyje pažymėkite grafiko piktogramą ir apatinėje įrankių juostoje paspauskite mygtuką *Rodyti (Show)*.

1.2. Paspaudę mygtuką  (*Linear fit*), atlikite aproksimaciją tiese. Grafiko apačioje bus matoma tiesės lygtis.

1.3. Įterpkite gautą  $U = f(I)$  grafiką (1A pav.).



**1A pav.**  $U = f(I)$  grafikas

1.4. Užrašykite įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio lygtį:



.....

1.5. Užrašykite baterijos vidaus varžos vertę:

$$r = \dots\dots\dots \Omega.$$

1.6. Nustatykite baterijos elektrovarą:

$$\varepsilon = \dots\dots\dots V.$$

1.7. Paaiškinkite taškų, kuriuose tiesė kerta koordinačių ašis, fizikinę prasmę:

.....  
.....

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie įtampos priklausomybės nuo srovės stiprio  $U = f(I)$  grafiką  
.....
- padarykite išvadą apie šaltinio vidaus varžą  
.....
- padarykite išvadą apie šaltinio elektrovarą  
.....
- padarykite išvadą apie iškeltą hipotezę  
.....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Kas yra elektrovara? Kaip ji apskaičiuojama? 2. Nusakykite Omo dėsnį uždarai grandinei. 3. Kam lygi elektrovara? 4. Kokia $U = f(I)$ grafiko polinkio kampo fizikinė prasmė?	

## Papildomas tyrimas

### ŠALTINIO VIDAUS VARŽOS IR ELEKTROVAROS TYRIMAS

#### *Tyrimo problema*

Kaip gavus  $U = f(I)$  grafikus, nustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros vertę, kai 2 šaltiniai sujungti nuosekliai; lygiagrečiai.

#### *Eksperimento tikslas*

Nustatyti šaltinio vidaus varžos ir elektrovaros priklausomybę nuo šaltinių jungimo būdų.

#### **Eksperimento 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.

#### 1. *Rekomendacijos darbo eigai:*

- 1.1. Suformuluokite tyrimo hipotezę.
- 1.2. Atlikite bandymą su 2 baterijomis, sujungtomis nuosekliai. Atitinkamai pakeiskite įtampos ir srovės jutiklių matavimo ribas.
- 1.3. Atlikite bandymą su 2 baterijomis, sujungtomis lygiagrečiai. Atitinkamai pakeiskite įtampos ir srovės jutiklių matavimo ribas.

#### **Išvados:**

- padarykite išvadą apie šaltinio vidaus varžą, kai šaltiniai sujungti nuosekliai  
.....
- padarykite išvadą apie šaltinio vidaus varžą, kai šaltiniai sujungti lygiagrečiai  
.....
- padarykite išvadą apie šaltinio elektrovarą, kai šaltiniai sujungti nuosekliai  
.....
- padarykite išvadą apie šaltinio elektrovarą, kai šaltiniai sujungti lygiagrečiai  
.....
- padarykite išvadą apie iškeltą hipotezę  
.....

### 2.3.6 KONDENSATORIAUS IŠKROVOS TYRIMAS

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Dydis, išreiškiamas laidininko krūvio ir potencialo santykiu, vadinamas laidininko **elektrine talpa**. Žymima raide  $C$ :

$$C = \frac{q}{\varphi}$$

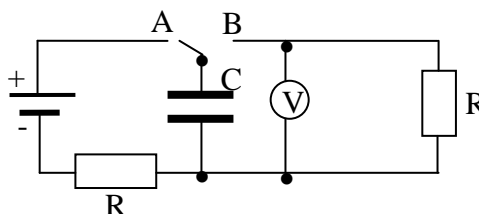
Laidininko elektrinės talpos vertė lygi krūviui, kurį suteikus laidininko potencialas pakinta vienetu. Elektrinės talpos vienetas yra faradas (F):

$$[C] = \frac{1C}{1V} = 1 \frac{C}{V} = 1F.$$

Praktikoje vartojami mažesni talpos vienetai: mikrofaradas ir pikofaradas:

$$1\mu F = 10^{-6}F; 1pF = 10^{-12}F.$$

**Kondensatorius** – dviejų laidininkų, vadinamų elektrodais, sistema, kuri turi savybę kaupti 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 elektrovė,  $R$  – 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:

$$U = U_0 e^{-\frac{t}{RC}} = U_0 e^{\frac{t}{RC}};$$

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.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kaip kinta įtampa išsikraunant kondensatoriui.

### Eksperimento tikslas








Ištirti kondensatoriaus iškrovos reiškinį.

### 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;
- Resiztorius– 47  $\text{k}\Omega$  (ar kt.).

### Darbo eiga:

#### 1. Xplorer GLX parengimas naujam eksperimentui:

- 1.1. Paspauskite mygtuką  (Home Screen).
- 1.2. Paspauskite mygtuką  ir atidarykite duomenų bylų (Data Files) ekraną.
- 1.3. Paspauskite mygtuką , atsidaro bylų meniu (Files menu) ir spauskite . Atsidaro naujos bylos (New Files).
- 1.4. Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .

#### 2. Priemonių parengimas darbui:



- 2.1. Sujunkite grandinę pagal duotą schemą (2 pav., 3 pav.) (jungiklis išjungtas; įtampos jutiklis į GLX dar nejungiamas);
- 2.2. Užrašykite eksperimente naudojamo kondensatoriaus ir varžos parametrus:

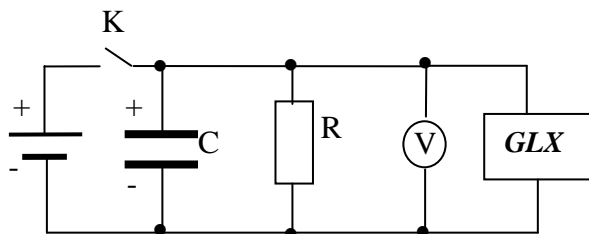
$$C = 100 \mu\text{F}; R = 47 \text{k}\Omega.$$

#### 2.3. Įtampos jutiklio prijungimas prie GLX:

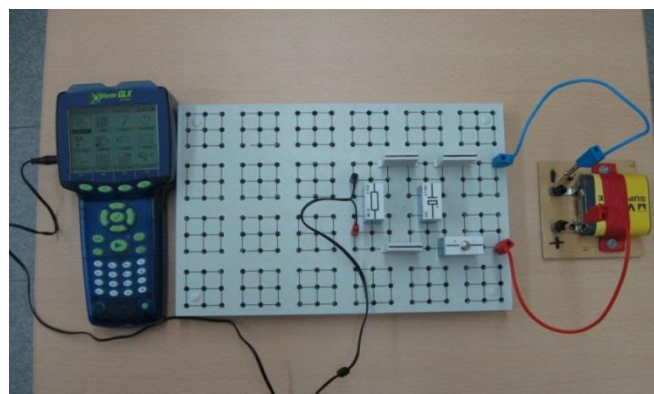
- a) įtampos jutiklį įjunkite kairėje GLX pusėje;
- b) jei į GLX yra įjungti kiti jutikliai, juos išjunkite.

## 2.4. Pasirengimas grafiko braižymui:

- paspauskite mygtuką  ir grįžkite į pradžią (*Home Screen*);
- Spauskite , atsidaro grafiko langas (*Graph*) (4 pav.). Grafikas automatiškai bus nustatytas įtampos priklausomybės nuo laiko matavimui.




2 pav. Grandinės schema




3 pav. Eksperimento standas


## 3. *Matavimų procedūros:*

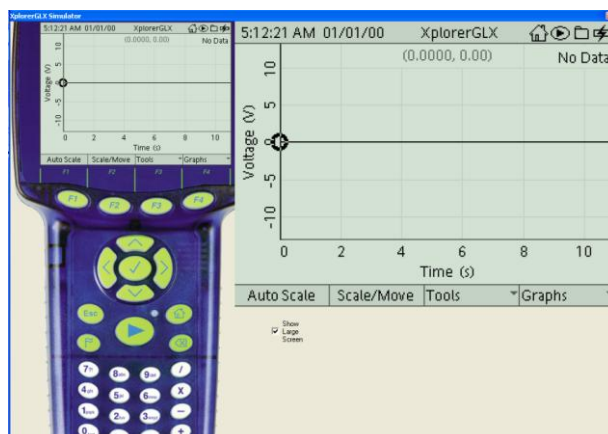
3.1. Kondensatorių jungikliu K sujunkite su įtampos šaltiniu. Įjungę laikykite apie 5 sekundes. Nelaikykite per ilgai, nes eikvojamas šaltinis.

3.2. Išjunkite jungiklį ir tuoj pat paspauskite matavimo mygtuką ; kad būtų pradėti fiksuoti iškrovos rodmenys.

3.3. Grafiko braižymas:

3.3.1. spauskite  – bus automatiškai parenkamas grafiko mastelis ir braižomas grafikas;

3.3.2. kai įtampa priartės prie 0 V, paspauskite , kad sustabdytumėte duomenų fiksavimą.



4 pav. Grafiko langas

Laboratorinio darbo  
**KONDENSATORIAUS IŠKROVOS TYRIMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

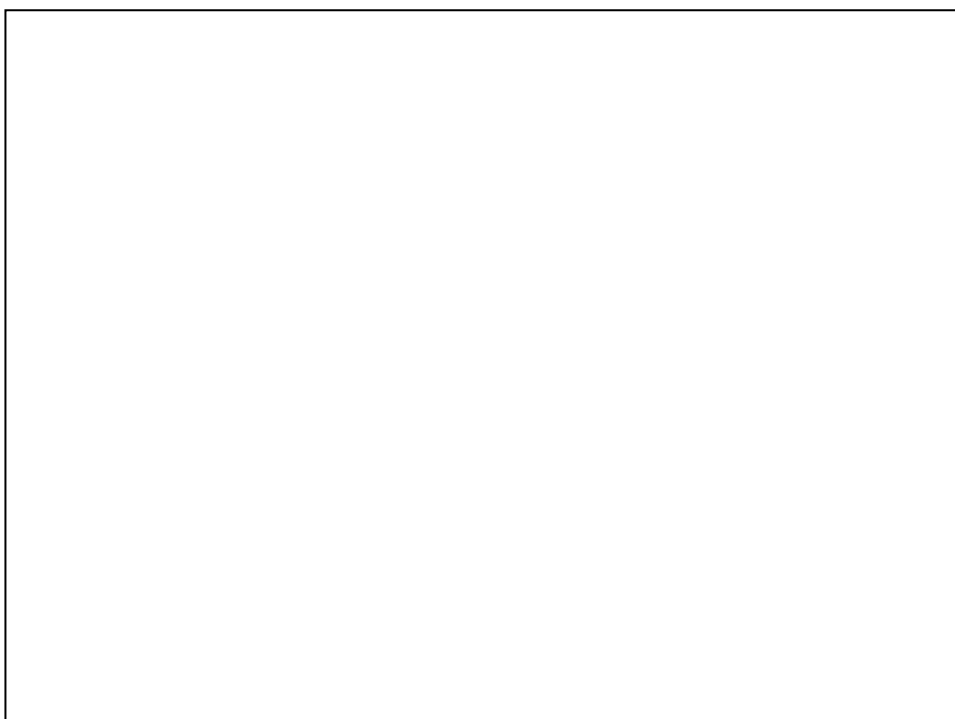
Partneriai. ....

*Hipotezė*

Manau, kad kondensatoriui išsikraunant .....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

1.1. Įterpkite gautą kondensatoriaus iškrovos grafiką (1A pav.).



**1A pav.** Kondensatoriaus iškrovos grafikas



1.2. Iš grafiko  $U = f(t)$  raskite  $U_0$ :

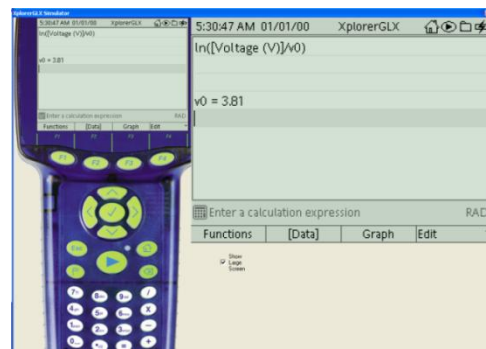
1.2.1. Paspauskite rodyklės klavišą į viršų, kad perkeltumėte duomenų žymeklį (*Data Cursor*) į pirmąjį pažymėtą tašką. Taško koordinatės parodytos diagramos viršuje.

1.2.2. Užrašykite įtampos duomenis:








$U_0 = \dots\dots\dots$  V.

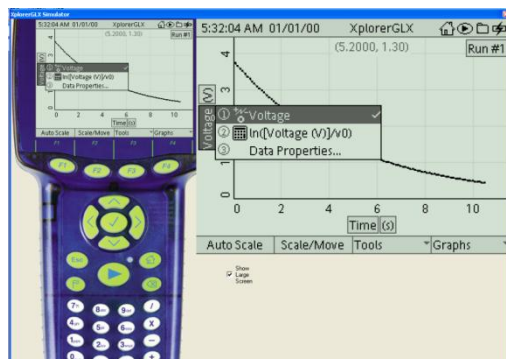
1.3. Apskaičiuokite  $\ln(U/U_0)$ :


1.3.1. paspauskite mygtuką  grįžkite į pradžią (*Home Screen*); paspauskite , kad atsidarytų kalkuliatorius;





1.3.2. tuščiame langelyje įveskite  $-\ln([Voltage(V)]/v0)$ :

- tuo tikslu paspauskite , po to paspauskite, kad atsidarytų  Functions menu; rodyklių mygtukais pažymėkite  $\ln()$  ir paspauskite .
- norėdami įterpti  $[Voltage(V)]$ , paspauskite , kad atsidarytų duomenų langas (Data) ir pasirinkite įtampą (Voltage).
- norint įvesti raidę  $v$ , pirmiausia reikia išjungti Num Lock— ir spausti , kol pasirodys raidė  $v$ ; klaviatūros mygtuku įrašykite 0 ir spauskite .



1.3.3. kalkuliatoriumi įveskite pradinės įtampos  $U_0$  vertę ir spauskite .

1.4. Nubraižykite funkcijos  $\ln(U/U_0)$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafiką:

1.4.1. paspauskite mygtuką — grįžti į pradžią (Home Screen); paspauskite — atsidaro grafiko langas (Graph);

1.4.2. paspauskite , kad atsidarytų Graphs menu; mygtuku  pažymėkite naują grafiką (New Graph Page);

1.4.3. du kartus spauskite  ir pasirinkite  $\ln(V/v0)$ ;



1.4.4. paspaudus  brėžiamas grafikas.

1.5. Įterpkite funkcijos  $\ln(U/U_0)$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafiką (2A pav.):



2A pav.  $\ln(U/U_0)$  priklausomybės nuo laiko grafikas

2. Raskite kondensatoriaus talpos laiko konstantą  $\tau$ :

2.1. paspauskite — atsidaro Tool menu; paspaudus  pažymėkite Linear Fit;

2.2. paspauskite rodyklinį mygtuką žemyn, kad punktyru pažymėtumėte visą grafiką;

2.3. įterpkite  $\ln(U/U_0)$  priklausomybės nuo laiko  $t$  grafiką su tiesės polinkio duomenimis (3A pav.)



**3A pav.** Laiko konstantos  $\tau$  radimas

2.4. Iš grafiko nustatykite laiko konstantą

$\tau = \dots\dots\dots s^{-1}$  ;

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie įtampos kitimo nuo laiko  $U = f(t)$  priklausomybę kondensatoriui išsikraunant .....
- padarykite išvadą apie talpinę laiko konstantą ir jos fizikinę prasmę .....
- padarykite išvadą apie iškeltą hipotezę .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Kas yra kondensatorius? 2. Kaip įkraunamas kondensatorius? 3. Kaip kinta įtampa tarp kondensatoriaus plokščių jį įkraunant? 4. Kaip iškraunamas kondensatorius? 5. Kaip kinta įtampa tarp kondensatoriaus plokščių jį iškraunant? 6. Įrodykite, kad talpinės laiko konstantos matavimo vienetas $s^{-1}$ .	



## Papildomas tyrimas – 1

### KONDENSATORIAUS IŠKROVOS TYRIMAS

#### EKSPERIMENTAS

##### *Tyrimo problema*

Kaip, kondensatoriui išsikraunant, talpos laiko konstanta priklauso nuo išorinės grandinės varžos.

##### *Eksperimento tikslas*

Ištirti kondensatoriaus iškrovos priklausomybę nuo grandinės išorinės varžos.

#### 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;
- Resistoriai – 10 k $\Omega$ , 47 k $\Omega$ , 57 k $\Omega$  (ar kiti 3 skirtingi).

#### 1. *Rekomendacijos darbo eigai:*

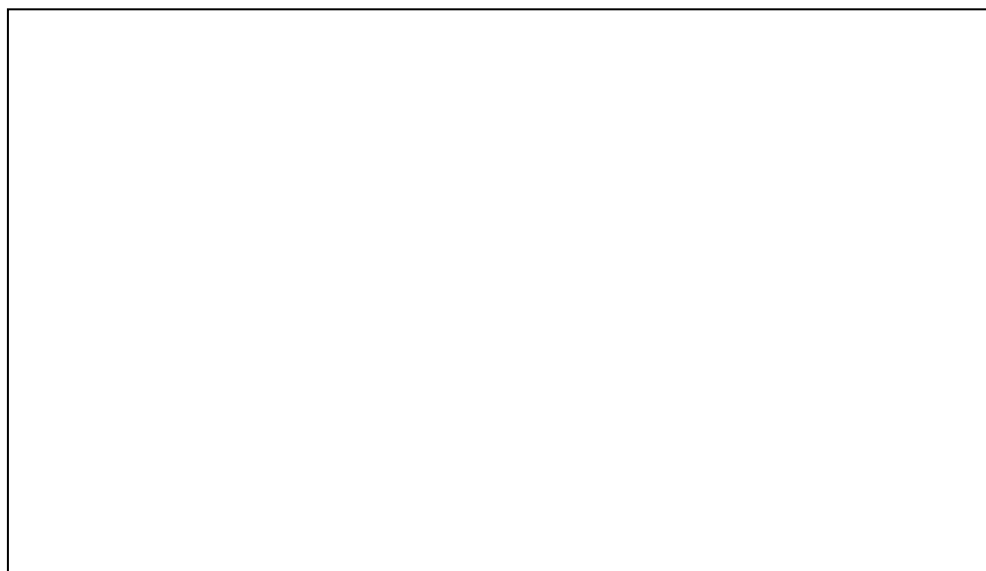
1.1. Atlikite bandymą keisdami grandinės varžą R.

1.2. Duomenis surašykite į 1 lentelę:

**1 lentelė.** Eksperimento duomenys ir rezultatai

Band. Nr.	Talpa C ( $\mu\text{F}$ )	Varža R (k $\Omega$ )	Įtampa $U_0$ (V)	$\tau$ (s $^{-1}$ )
1.				
2.				
3.				

1.3. Nubraižykite talpos laiko konstantos priklausomybės nuo varžos grafiką (1 pav.).



**1 pav.** Laiko konstantos priklausomybės nuo varžos grafikas ( $\tau = f(R)$ )

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie talpos laiko konstantos priklausomybę nuo išorinės grandinės varžos, kondensatoriui išsikraunant: .....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę: .....

## KONDENSATORIAUS IŠKROVOS TYRIMAS

### EKSPERIMENTAS

#### Tyrimo problema

Kaip, kondensatoriui išsikraunant, talpos laiko konstanta priklauso nuo kondensatoriaus talpos.

#### Ekspерименто tikslas

Ištirti kondensatoriaus iškrovos priklausomybę nuo kondensatoriaus talpos.

### Ekspерименто 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 k $\Omega$ , 47 k $\Omega$ , 57 k $\Omega$ (ar kiti 3 skirtingi).

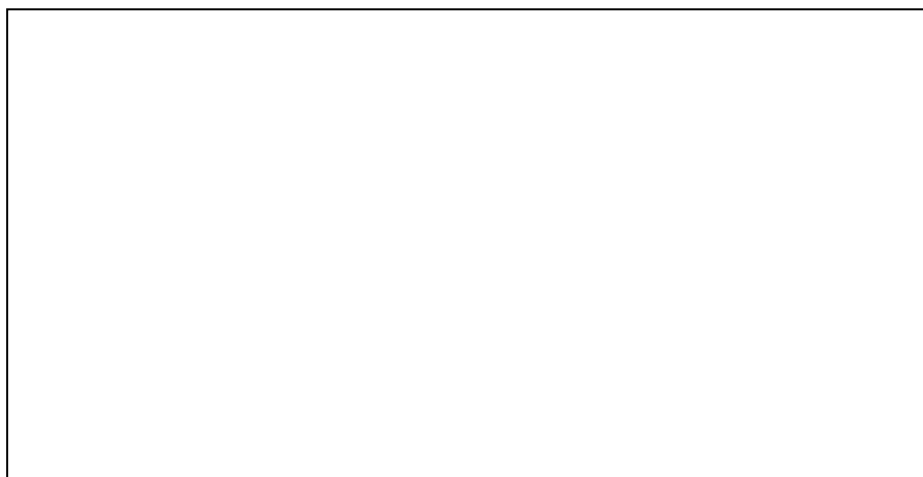
#### 1. Rekomendacijos darbo eigai:

- 1.1. Suformuluokite tyrimo hipotezę.
- 1.2. Atlikite bandymą keisdami kondensatoriaus talpą C.
- 1.3. Duomenis surašykite į 2 lentelę:

2 lentelė. Ekspерименто duomenys ir rezultatai

Band. Nr.	Varža R (k $\Omega$ )	Talpa C ( $\mu\text{F}$ )	Įtampa $V_0$ (V)	$\tau$ (s $^{-1}$ )
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

- 1.4. Nubraižykite laiko konstantos priklausomybės nuo talpos grafiką (1 pav.).



**1 pav.** Laiko konstantos priklausomybės nuo talpos grafikas ( $\tau = f(C)$ )

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie laiko konstantos priklausomybę nuo kondensatoriaus talpos, jam išsikraunant

.....  
.....

- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę

.....  
.....

.

### 2.3.7 ELEKTROMAGNETINĖS INDUKCIJOS TYRIMAS

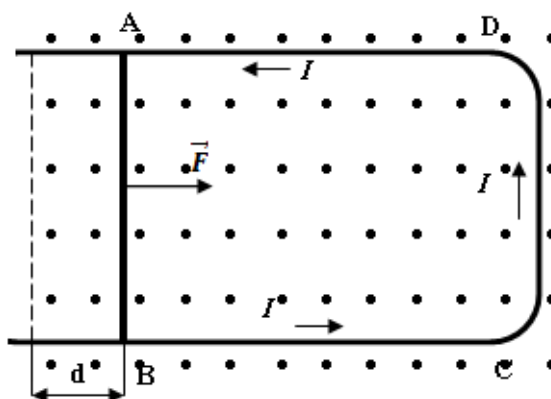
#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

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  $F = BI\ell$  ir jo atliekamas darbas

$$A_2 = BI\ell d.$$

Remiantis energijos tvermės dėsniu

$$A_1 + A_2 = 0,$$

$$\varepsilon I \Delta t = -BI\ell d.$$

Judant laidininkui AB kontūro ploto pokytis  $\Delta S = \ell d$ , o  $B\Delta S = \Delta\Phi$  yra magnetinio srauto pokytis. Gauname, kad

$$\varepsilon \Delta t = -\Delta\Phi,$$

$$\varepsilon = -\Delta\Phi/\Delta t.$$

Minusų ženklas rodo, kad  $\varepsilon$  ir  $\Delta\Phi/\Delta t$  turi skirtingus ženklus. Dydis  $\Delta\Phi/\Delta t$  yra magnetinio srauto kitimo greitis. Formulė išreiškia tai, kad indukcinė elektrovara  $\varepsilon$  proporcinga magnetinio srauto kitimo greičiui.

Uždaramame 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 sukurtas srauto kryptis bus priešinga.

Ritė sudaryta iš  $n$  nuosekliai sujungtų kontūrų (vijų), jų elektrovara sumuojasi. Bendra ritės elektrovara

$$\varepsilon = -n \Delta\Phi/\Delta t.$$

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kaip, gavus indukcinės elektrovaros kitimo laike grafiką, paaiškinti elektromagnetinės indukcijos dėsnį.

### Eksperimento tikslas








Ištirti elektromagnetinės indukcijos reiškinių.

### Eksperimento priemonės:

- Xplorer GLX;
- Įtampos jutiklis (Voltage Probe);
- Ritė;
- Pastovusis pasaginis magnetas.











### Darbo eiga:

#### 1. Xplorer GLX parengimas naujam eksperimentui:

- 1.1. Paspauskite mygtuką pradžios  (*Home Screen*).
- 1.2. Paspauskite mygtuką  ir atidarykite duomenų bylų (*Data Files*) ekraną.
- 1.3. Paspauskite mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spauskite  – atsidaro *New Files*.
- 1.4. Norėdami ankstesnius duomenis išsaugoti, spauskite , nenorėdami išsaugoti – , jei norite ištrinti – .

#### 2. Priemonių parengimas darbui:



- 2.1. Sumontuokite įrenginį tyrimui (2 pav.) 2 pav. Eksperimento stendas
- 2.2. Magnetą padėkite ant stalo. Ritė arba magnetas turi būti judinami taip, kad ritės plokštuma būtų statmena magnetinio lauko indukcijos linijoms.
- 2.3. Ritė ir magnetas turi nesiliesti.
- 2.4. Įtampos jutiklio galus sujunkite su rite, kad būtų galima matuoti įtampą.
- 2.5. Įtampos jutiklio prijungimas prie *GLX*:
- 2.5.1. įtampos jutiklį įjunkite kairėje *GLX* pusėje;
  - 2.5.2. jei į *GLX* yra įjungti kiti sensoriai, išjunkite juos.
- 2.6. Dažnio nustatymas:
- 2.6.1. paspauskite  – grįžkite į pradžią (*Home Screen*); paspaudus  atsidaro jutiklių pasirinkimo ekranas (*Sensors screen*);
  - 2.6.2. rodykle eikite žemyn ir pažymėkite *Sample Rate*;
  - 2.6.3. paspauskite  kelis kartus ir nustatykite 200 Hz/100 Hz dažnį.
- 2.7. Pasirengimas grafiko braižymui:
- 2.7.1. paspauskite mygtuką  ir grįžkite į pradžią (*Home Screen*);
  - 2.7.2. paspauskite  – atsidaro grafiko langas (*Graph*). Grafikas automatiškai bus nustatytas įtampos priklausomybės nuo laiko matavimui.
3. **Matavimų procedūros:**
- 3.1. Matavimo duomenų gavimas:
- 3.1.1. ritę laikykite apie 2 cm nuo magneto;
  - 3.1.2. paspauskite mygtuką ; kiškite ritę į magnetą; ištraukite ritę iš magneto; vėl paspauskite .
- 3.2. 2.2. Grafikų braižymas:
- 3.2.1. paspauskite , bus brėžiamas grafikas;
  - 3.2.2. paspauskite , kad įeitumėte į mastelio režimą (*Scale mode*), vėl spauskite , kad įeitumėte į pakeitimo režimą (*Move mode*). Su kairės ir dešinės rodyklės klavišais abiejose režimuose ištempkite teigiamas ir neigiamas grafiko viršūnes.
- 3.3. Bandyką pakartoti dar du kartus, ritę kišant į magnetą ir traukiant iš magneto skirtingais greičiais.

## ELEKTROMAGNETINĖS INDUKCIJOS TYRIMAS

### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

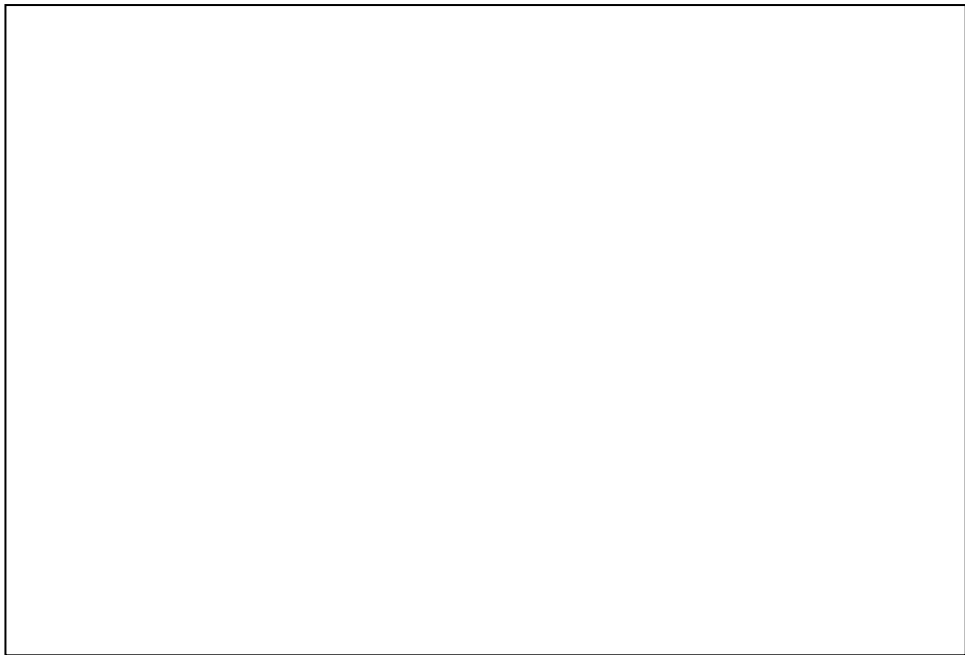
#### *Hipotezė*

Manau, kad indukcinė elektrovara  $\varepsilon$  proporcinga. ....





.....

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

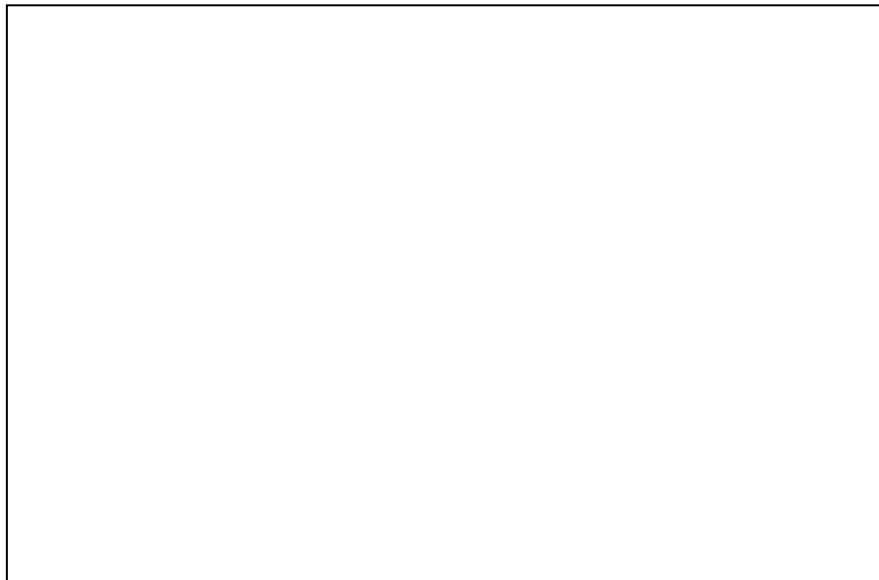
1.1. Įterpkite gautą indukcinės elektrovaros kitimo laike grafiką (1A pav.).



**1A pav.** Indukcinės elektrovaros kitimo laike grafikas

- 1.2. Spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*); pažymėkite pokytį (*Delta Tool*) ir spauskite .
- 1.3. Su kairės ir dešinės pusės rodyklių klavišais pažymėkite dešinėje pusėje pirmąjį grafiko iškilimą (*punktyru judės trikampė figūra*).
- 1.4. Vėl spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*); pažymėkite plotą (*Area Tool*) ir spauskit  (2A pav.);







**2A pav.** Apatinės grafiko dalies pažymėjimas

1.5. Užrašykite apatinio pūpsnio plotą

$$S_1 = \dots\dots\dots Vs.$$

Minuso ženklas rodo, kad .....

1.6. Spauskite , kad atsidarytų įrankių meniu (*Tools menu*); pažymėkite plotą (*Area Tool*) ir spauskite  (*panaikinamas pūpsnio užbrūkšniavimas*).

1.7. Pakartokite aukščiau nurodytus etapus ir pažymėkite viršutinį grafiko pūpsnį (3A pav.).



**3A pav.** Viršutinės grafiko dalies pažymėjimas

1.8. Užsirašykite antrojo pūpsnio plotą:

$$S_2 = \dots\dots\dots Vs.$$

1.9. Paaiškinkite, ką vaizduoja grafiko pūpsniai ir jų plotai  $S$

.....  
.....

1.10. Paaiškinkite, kodėl grafiko smailės nevienodos

.....  
.....  
.....

### Išvados:

- padarykite išvadą apie indukcinės elektros srovės atsiradimą ritei kertant nuolatinio magneto magnetinio lauko linijas  
.....  
.....
- padarykite išvadą kaip indukcinė elektros srovė ir magnetinis srautas priklauso nuo ritės judėjimo greičio  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie  $\varepsilon = f(t)$  pūsnių plotų fizikinę prasmę  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie tai, kada ir kodėl galime gauti grafiko nevienodas smailes  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie nevienodų pūsnių magnetinio srauto pokyčius  
.....  
.....
- padarykite išvadą, kodėl grafike pūsniai yra priešingose pusėse  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę  
.....  
.....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kaip atsiranda indukuotoji srovė? 2. Nuo ko priklauso kontūre indukuotosios srovės kryptis? 3. Elektromagnetinės indukcijos dėsnis. 4. Kaip apskaičiuojama indukcinė elektros srovė? 5. Ką vaizduoja <i>Indukcinės elektros srovės kitimo laike</i> grafiko pūsniai ir jų plotai $S$ ? 6. Kodėl <i>Indukcinės elektros srovės kitimo laike</i> grafiko smailes neviešnodos?	

## Papildomas tyrimas

### ELEKTROMAGNETINĖS INDUKCIJOS TYRIMAS

#### EKSPERIMENTAS

##### *Tyrimo problema*

Kaip magnetinis srautas ir indukcinė elektrovara priklauso nuo ritės vijų skaičiaus ir magneto stiprumo.

##### *Eksperimento tikslas*

Ištirti indukcinės elektrovaros ir magnetinio srauto priklausomybę nuo ritės vijų skaičiaus ir magneto stiprumo.

#### Eksperimento priemonės:

- Xplorer GLX;
- Įtampos jutiklis (Voltage Probe);
- 2-3 skirtingo vijų skaičiaus ritės;
- 2-3 skirtingi magnetai.

##### 1. *Rekomendacijos darbo eigai:*

- 1.1. Suformuluokite tyrimo hipotezę.
- 1.2. Atlikite bandymą su 2-3 skirtingo vijų skaičiaus ritėmis.
- 1.3. Atlikite bandymą su 2-3 skirtingais magnetais.

#### Išvados:

- padarykite išvadą, kaip indukcinė elektrovara ir magnetinis srautas priklauso nuo ritės vijų skaičiaus;  
.....  
.....
- padarykite išvadą, kaip indukcinė elektrovara ir magnetinis srautas priklauso nuo magneto kuriamo magnetinio lauko indukcijos.  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę.  
.....  
.....  
.....

## 2.3.8 TEMPERATŪROS ĮTAKA TERMISTORIAUS VARŽAI

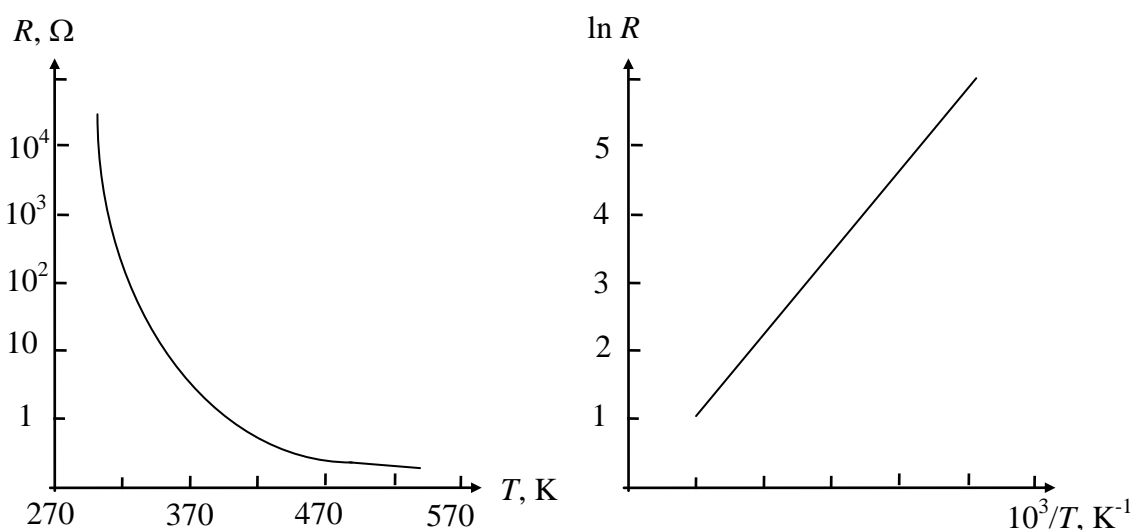
### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

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 (germano, 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 paveiksle.



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

$$\alpha_T = (0,8 \dots 6,0) \cdot 10^{-2} \text{ K}^{-1}.$$

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kaip kinta termistoriaus varža kintant temperatūrai.

### Eksperimento tikslas

Ištirti termistoriaus varžos priklausomybę nuo temperatūros.

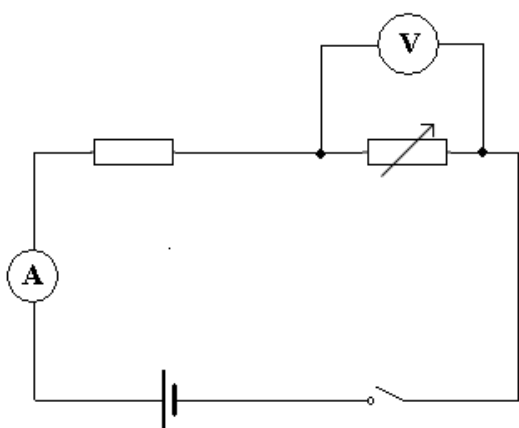
### Eksperimento priemonės:

- Kištukinė lenta;
- Termistorius,  $2,2k\Omega$ ;
- Rezistorius,  $1k\Omega$ ;
- Jungiklis;
- Įtampos šaltinis, 12V;
- Ampermetras, 0,01A;
- Voltmetras, 10V;
- Jungiamieji laidai;
- Degtukai.

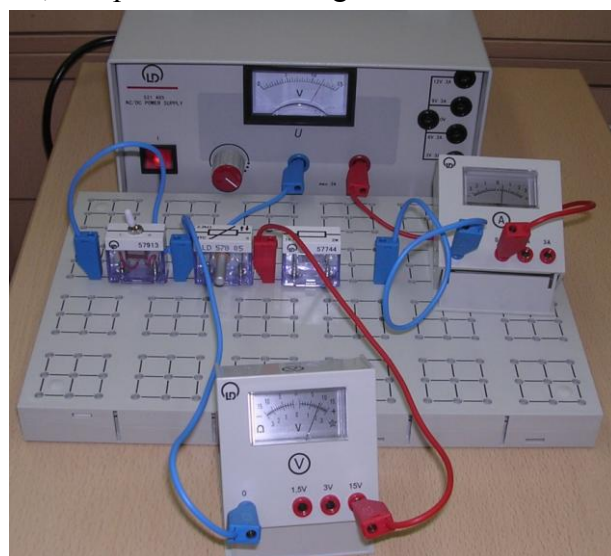
### Darbo eiga:

#### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Atidžiai pažiūrėkite į komponentą pažymėtą kaip „NTC“ (negatyve 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 kryptų 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.



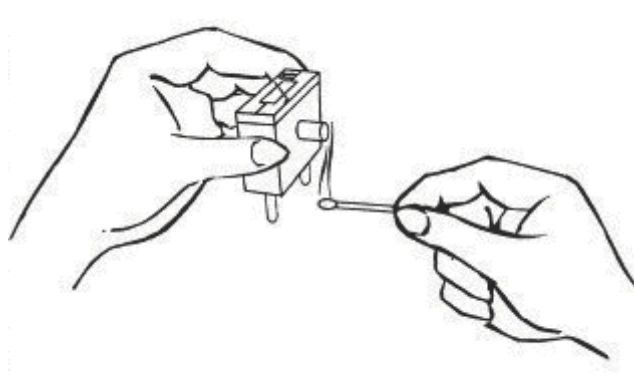
2 pav. Darbo schema



3 pav. Eksperimento stendas

2. **Matavimų procedūros:**

- 2.1. Nustatykite įėjimo įtampą 12V.
- 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

Laboratorinio darbo  
**TEMPERATŪROS ĮTAKA NEIGIAMO TEMPERATŪRINIO KOEFICIENTO  
REZISTORIAUS VARŽAI**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Hipotezė*

Manau, kad didėjant temperatūrai, termistoriaus elektrinė varža

.....  
.....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

1.1. Kada NTC rezistoriuje įtampos kritimas didesnis: kai elementas yra šaltas ar karštas?

.....  
.....

1.2. Žinodami įtampos ir srovės vertes apskaičiuokite varžą, kai NTC rezistorius šaltas, ir kai karštas. Rezultatus įrašykite į 1 lentelę.

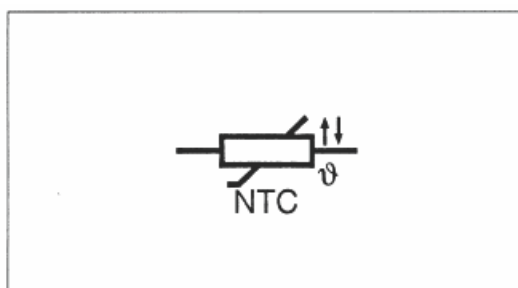
**1 lentelė.** Eksperimento duomenys

Temperatūra	Įtampa $U, V$	Srovė $I, mA$	Varža $R, \Omega$
Šalta			
Karšta			

1.3. Kaip keičiasi NTC rezistoriaus varža, didėjant temperatūrai?

.....  
.....

1.4. Nupieškite NTC rezistoriaus simbolį (1A pav.)



**1A pav.** Termistoriaus simbolis

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie termistoriaus varžos priklausomybę nuo temperatūros

- .....
- .....
- kodėl stebima tokia termistoriaus varžos priklausomybė nuo temperatūros
- .....
- .....

- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę.
- .....
- .....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Ką vadiname termorezistoriumi? 2. Ką vadiname termistoriumi? 3. Dėl kokių priežasčių sumažėja puslaidininkio varža kylant temperatūrai? 4. Ką vadiname termistoriaus temperatūriniu varžos koeficientu? 5. Ką vadiname neigiamu temperatūriniu varžos koeficientu?	



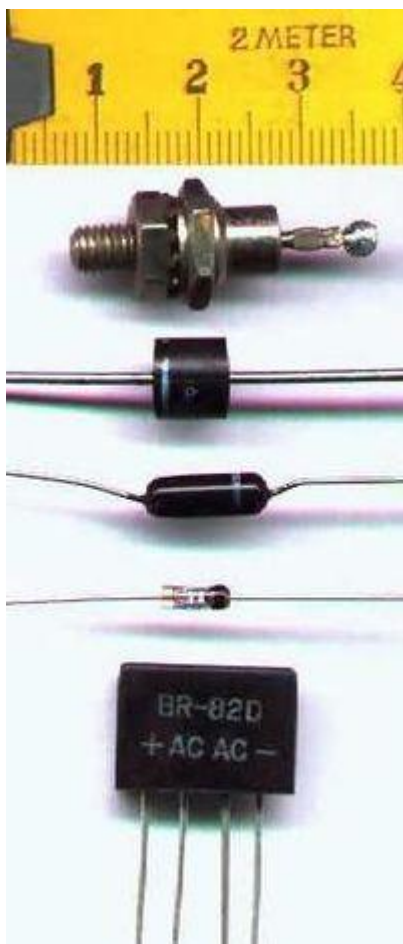
## 2.3.9 PUSLAIDININKINIO DIODO VOLTAMPERINĖS CHARAKTERISTIKOS TYRIMAS

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

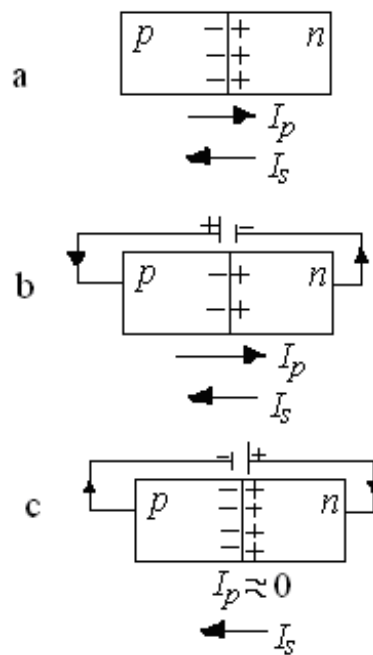
*Puslaidininkinis diodas* (1 pav.) – prietaisas su dviem išvadais. Jame panaudotos *pn* sandūros savybės; *pn* sandūra yra sudaryta iš dviejų skirtingo laidumo *p* ir *n* puslaidininkių. *p* ir *n* puslaidininkiai būna su priemaišomis. Pavyzdžiui, pakeitus keturvalenčio silicio atomą penkiavalenčio fosforo atomu, pastarajam pakanka keturių elektronų kovalentiniais 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 silicij 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*



1 pav. Puslaidininkiniai diodai



2 pav. *pn* sandūra:

- a – dinaminė pusiausvyra;
- b – įjungta tiesioginė įtampa,
- c – įjungta atgalinė itampa

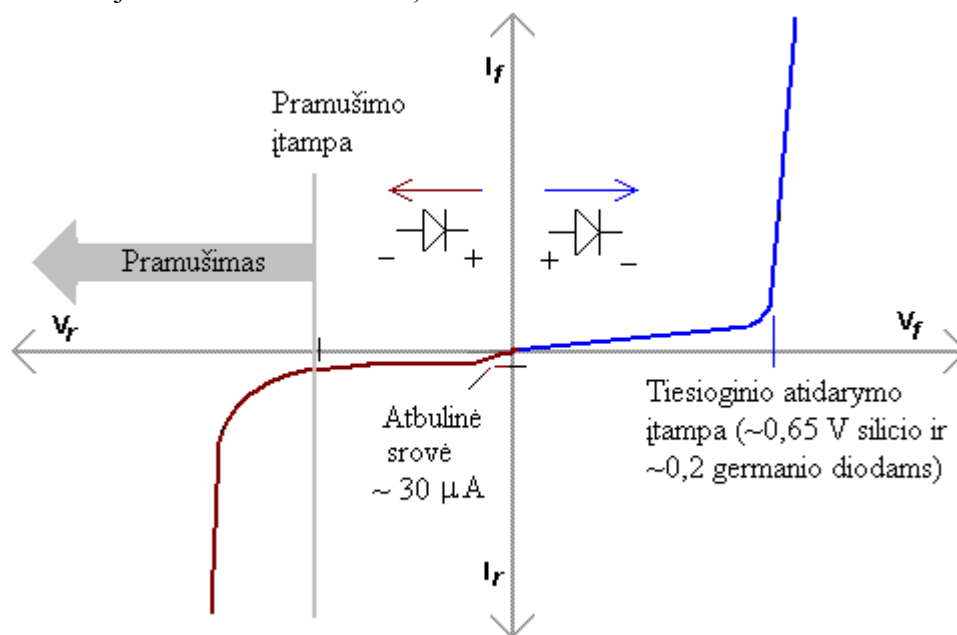
Susidaręs kontaktinis elektrinis laukas nukreiptas nuo *n* link *p* puslaidininkio. Šis laukas trukdo toliau skverbtis per *pn* sandūrą pagrindiniams krūvininkams, tačiau nesudaro kliūčių šalutiniams, kurių nedidelis kiekis puslaidininkyje yra dėl savojo laidumo. Dėl to skylių, taip pat elektronų srautai abiem kryptimis susivienodina, o nusistovėjusios pagrindinių ir šalutinių krūvininkų srovės yra vienodos ( $I_p = I_s$ ; čia  $I_p$  – pagrindinių krūvininkų

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 **užtvartinium** 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 teigiamojo, o *p* srityje – neigiamojo krūvio perteklius (2

srovė,  $I_s$  – šalutinių krūvininkų srovė) – ši būseną vadinama *dinamine pusiausvyra*. Jos atveju  $I_p + I_s = 0$  (2a pav.).

Jeigu prie  $n$  ir  $p$  puslaidininkių prijungsiame įtampą, tai ji pakeis pusiausvyrą ir grandinė tekės srovė. Tarkime, išorinė įtampa prijungta *tiesiogine kryptimi* (šaltinio teigiamasis polių 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 atsivėję 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


Įjungus atbulinę įtampą (išorinio elektrovaros šaltinio teigiamąjį polių prie  $n$  puslaidininkio (2 pav., c) sandūros erdvinio krūvio ir šaltinio 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 skyles  $p$  puslaidininkyje nuo  $np$  sandūros ir padidina nuskurdinto sluoksnio storį. Dėl to pagrindinių krūvininkų srovė sumažėja beveik iki nulio. Esant atgalinei įtampai, per  $pn$  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 – *atgalinė*.

Srovės, tekančios  $pn$  sandūroje, 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 užtviriamasis sluoksnis: atgalinė srovė staiga

išauga.  $I_s$  vadinamas atgalinės srovės sotes 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.

## EKSPERIMENTAS

### *Tyrimo problema.*

Kaip kinta per diodą tekanti srovė, diodą įjungus tiesiogine ir atbuline kryptimi.

### *Eksperimento tikslas*

Ištirti puslaidininkinio diodo voltamperinę charakteristiką.

## Eksperimento priemonės:

- Kištukinė lenta;
- Si diodas;
- Rezistorius, 100Ω;
- Jungiklis;
- Potenciometras, 220 Ω;
- Įtampos šaltinis, 12V;
- Ampermetras, 0,1A;
- Voltmetras, 1V;
- Jungiamieji laidai.

## Darbo eiga:

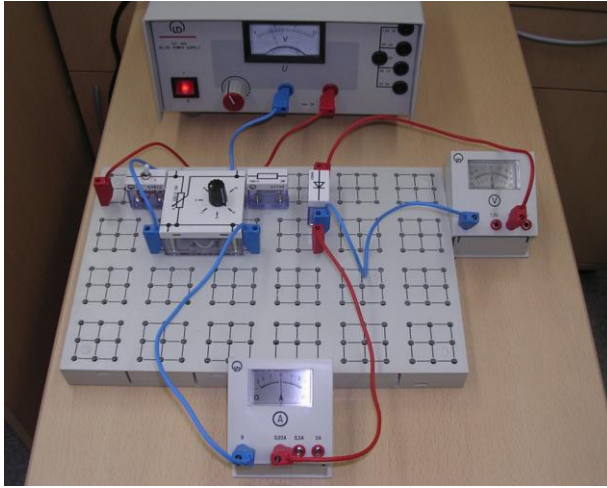
### 2. *Priemonių parengimas darbui:*

2.1. Atidžiai apžiūrėkite diodą, pažymėtą N4007.

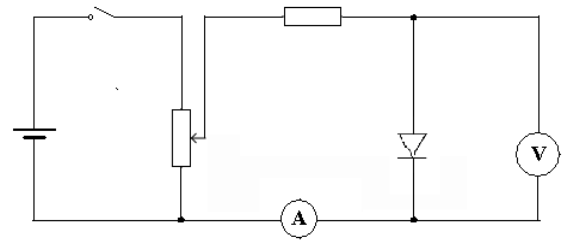
2.2. Prisiminkite diodo simbolį .

2.3. Sujunkite grandinę, kaip parodyta 4 ir 5 pav., bei nustatykite poliškumą. Prieš pradėdami matavimus, įsitinkite, kad jungiklis yra išjungtas.

2.4. Stebėkite diodo simbolio rodyklės kryptį.



4. pav. Eksperimento standas



5 pav. Darbo schema

3. **Matavimų procedūros:**

- 3.1. Nustatykite - potenciometrą į padėtį  $a$ .
- 3.2. Nustatykite jėgimo įtampą 4,5 V.
- 3.3. Ijunkite jungiklį.
- 3.4. Keisdami potenciometro rankenėlės padėtį, didinkite įtampą  $U$  diode.
- 3.5. Matavimų duomenis (ampermetro ir voltmetro rodmenis) įrašykite į 1 lentelę.
- 3.6. Pakeiskite įtampos poliškumą (sukeiskite įtampos šaltinio jungtis).
- 3.7. Keisdami potenciometro rankenėlės padėtį, pakeiskite įtampą nuo 0 V iki 3 V ir stebėkite ampermetro rodmenis.

Laboratorinio darbo  
**PUSLAIDININKINIO DIODO VOLAMPERINĖS CHARAKTERISTIKOS  
TYRIMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai .....

*Hipotezė*

Manau, kad. ....

1. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

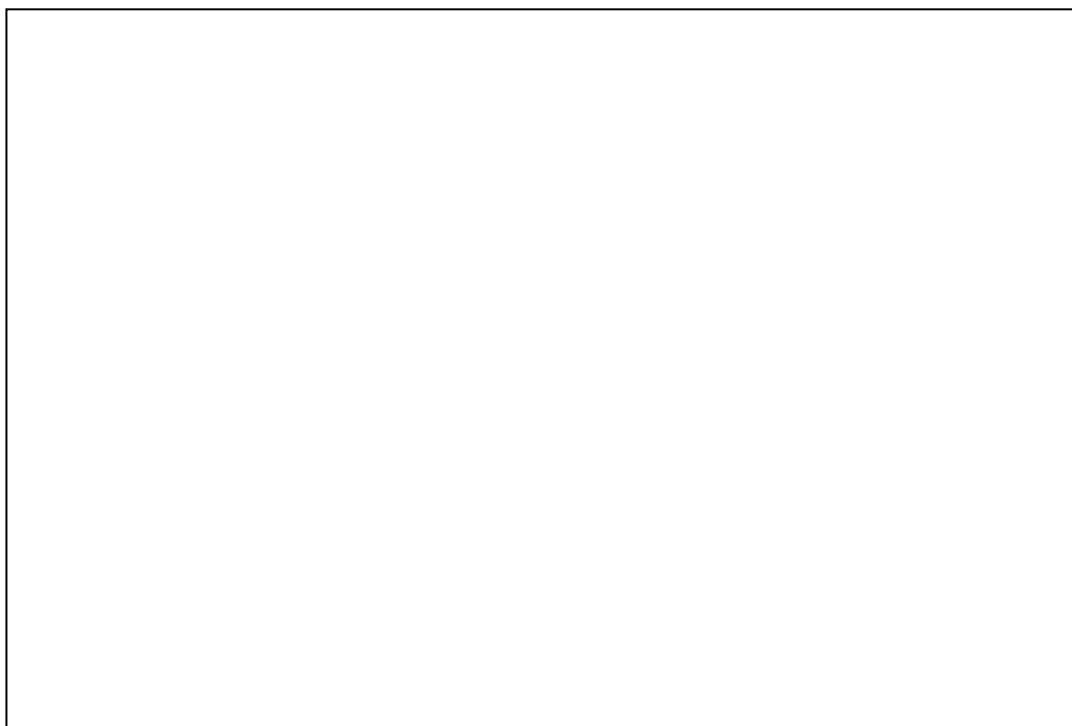
1.1. Matavimų duomenis (ampermetro ir voltmetro rodmenis) įrašykite į 1 lentelę.

**1 lentelė.** Ampermetro ir voltmetro rodmenys

Potenciometro padėtis	$U, V$	$I, mA$
a		
a-b		
b		
b-c		
c		
c-d		
d		
d-e		
e		
f		
g		

*Pastaba.* Matuojamoji srovė, tekanti per voltmetrą priešinga kryptimi, yra nereikšminga.

1.2. Milimetrinio popieriaus lape nubraižykite diodo voltamperinę charakteristiką (1A pav.).



**1A pav.** Diodo voltamperinė charakteristika

1.3. Kas atsitinka su srove kai įtampa pajungiama atbuline kryptimi ir keičiama nuo 0 iki – 3 V?

.....  
 .....

1.4. Kuriame įtampos intervale (nuo -3 iki 0,75 V) srovė nustoja tekėjusi?

.....  
 .....

1.5. Paaiškinkite diodo pagrindines būsenas:

- “Diodo nelaidžios būsenos zona” yra įtampos intervalas, kuriame diodas

.....  
 .....

- “Diodo laidžios būsenos zona” yra įtampos intervalas, kuriame diodas

.....  
 .....

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie diodo voltamperinę charakteristiką

.....  
 .....

- padarykite išvadą apie suformuluotą hipotezę

.....  
 .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
-----------	-----------

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"><li>1. Ką vadiname puslaidininkiniu diodu?</li><li>2. Kaip sudaryta <i>pn</i> sandūra?</li><li>3. Kaip išorinė įtampa prijungiama tiesiogine kryptimi?</li><li>4. Kaip kinta pagrindinių krūvininkų srovė didėjant tiesioginei įtampai?</li><li>5. Kaip išorinė įtampa prijungiama atbuline kryptimi?</li><li>6. Kaip kinta pagrindinių krūvininkų srovė didėjant atbulinei įtampai?</li><li>7. Kaip kinta diodo varža didinant tiesioginę įtampą?</li><li>8. Kaip kinta diodo varža didinant atbulinę įtampą?</li></ol> |  |
|--|--|

## 2.4 OPTIKOS LABORATORINIAI DARBAI

### 2.4.1 MEDŽIAGOS LŪŽIO RODIKLIO NUSTATYMAS TAIKANT ŠVIESOS LŪŽIMO IR VISIŠKOJO ATSPINDŽIO DĖSNIUS

#### 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 spindulys 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.

Suformuluosime šviesos lūžimo dėsnį, kai spindulys kerta plokščią dviejų skaidrių terpių ribą. 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  $90^\circ$  laipsnių. Tada lūžęs spindulys šliaužia terpes skiriančiu paviršiumi. 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 reiškinių.

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  $90^\circ$  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.

## 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?

### Eksperimento tikslas

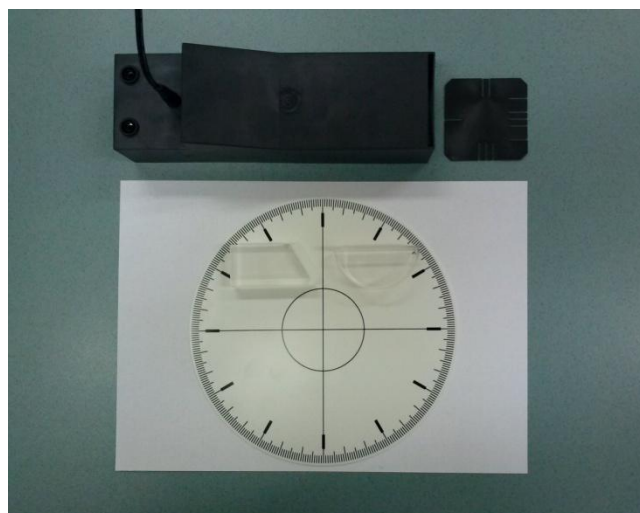
Išmatuoti žinomų ir nežinomų medžiagų lūžio rodiklį, pasinaudojant šviesos lūžio ir visiškojo atspindžio dėsniais.

### 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:

- 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.



2 pav. Pagrindinės priemonės tyrimui atlikti

### Darbo eiga:

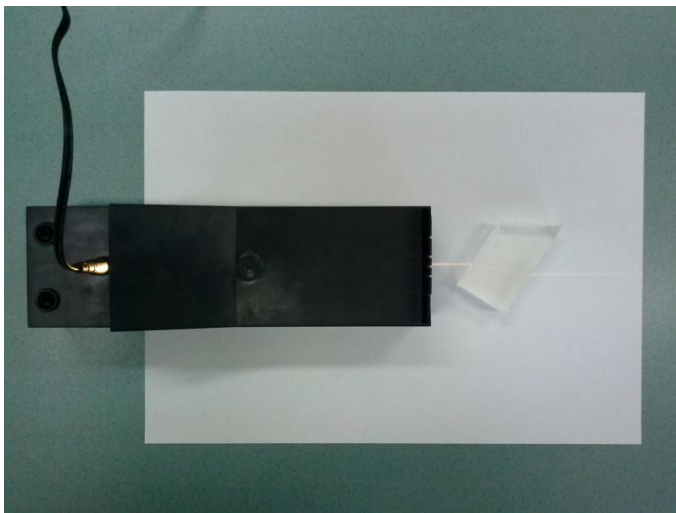
#### I dalis. Prizmės lūžio rodiklio matavimas, taikant lūžimo dėsnį

##### 1. Priemonių parengimas darbui:

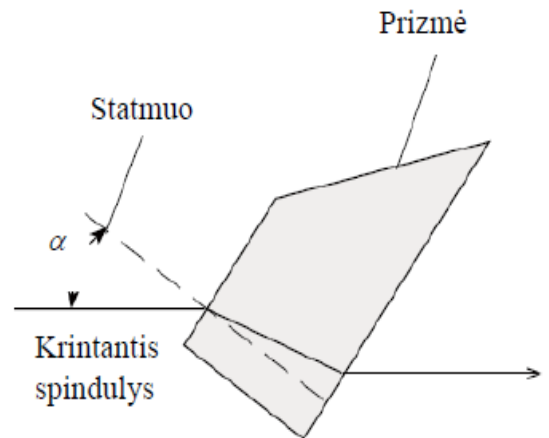
- 1.1. Įstatykite plokštelę su plyšiais į šviesos šaltinį taip, kad lempos šviesa eitų per vieną plyšį.
- 1.2. Padėkite šviesos šaltinį ir prizmę ant balto popieriaus lapo, kaip parodyta priemonių parengimo darbui schemoje (3 pav.).

a

b



a)



b)

**3 pav.** Priemonių parengimo darbui schema

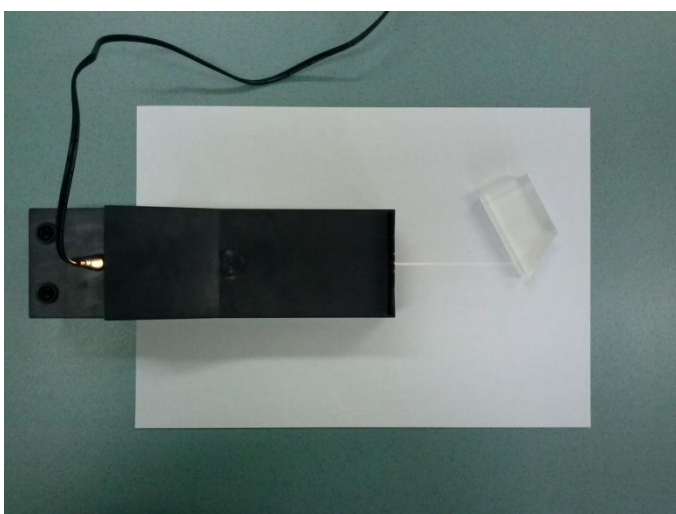
**2. Matavimų procedūros:**

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekite, kad krintantis 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 krintantį ir lūžusį 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.

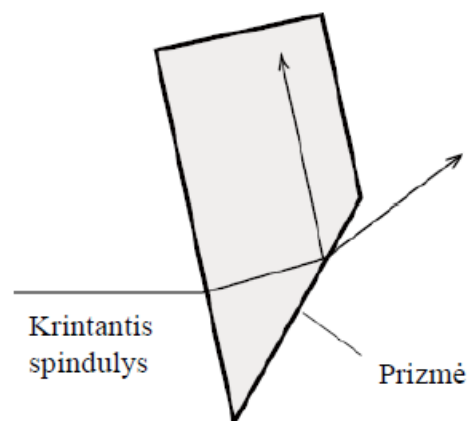
**II dalis. Prizmės lūžio rodiklio matavimas, taikant visiškojo atspindžio dėsnį**

**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)

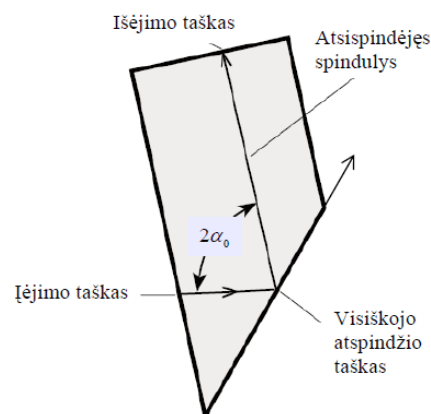


b)

#### 4 pav. Priemonių parengimo darbai schema

### 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. Prizmė bus pasukta teisingai, kai šliaužiančiame spindulyje dings raudona spalva, kadangi šliaužiančiame spindulyje bus matomas balta šviesa 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.



5 pav. Ribinio visiškojo atspindžio kampo matavimo schema

### III dalis. Skysčių lūžio rodiklio matavimas taikant šviesos lūžio ir visiškojo atspindžio dėsnius

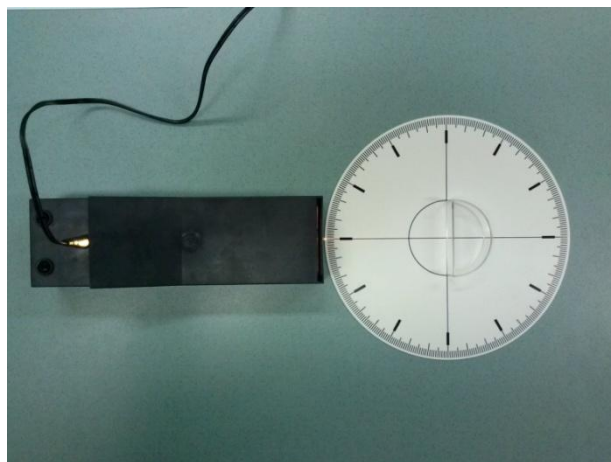
Panaudodami šviesos spindulių šaltinį, diską su kampų skale ir pusės cilindro formos lėkštelę, išmatuokite vandens ir nežinomo skysčio lūžio rodiklį.

#### 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 darbai schema (6 pav.).

#### 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekiamo, 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 dviem kritimo kampams.



6 pav. Priemonių parengimo darbai schema

Laboratorinio darbo  
**MEDŽIAGOS LŪŽIO RODIKLIO NUSTATYMAS TAIKANT ŠVIESOS  
 LŪŽIMO IR VISIŠKOJO ATSPINDŽIO DĒSNIUS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Hipotezė*

Šviesai lūžtant, kritimo kampo sinuso ir lūžio kampo sinuso santykis yra pastovus dydis. Ribinis visiškojo atspindžio kampas tenkina formulę (3) .....

1. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė: I dalis. Prizmės lūžio rodiklio matavimas, taikant lūžimo dėsnį***

- 1.1. Kiekvienam kritimo kampui apskaičiuokite kritimo ir lūžio kampų sinusus.
- 1.2. Pasinaudodami lūžio dėsnio formule (2), apskaičiuokite prizmės absoliutųjį lūžio rodiklį laikydamiesi nuostatos, kad oro absoliutusias lūžio rodiklis lygus 1.
- 1.3. Užrašykite matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 1 lentelę
- 1.4. Apskaičiuokite išmatuotų prizmės lūžio rodiklio verčių aritmetinį vidurkį

$$\bar{n} = \frac{\sum_j^m n_j}{m} .$$

- 1.5. Apskaičiuokite aritmetinio vidurkio vidutinę kvadratinę paklaidą

$$\Delta n = \left( \frac{\sum_j^m (\bar{n} - n_j)^2}{m(m-1)} \right)^{1/2} .$$

Čia  $m$  – matavimų skaičius

**1 lentelė.** Matavimų rezultatai

Kritimo kampas $\alpha, ^\circ$	Lūžio kampas $\beta, ^\circ$	$\sin\alpha$	$\sin\beta$	$\sin\alpha / \sin\beta$
17				
29				
50				

Išmatuota lūžio rodiklio vertė ir jos paklaida:

$n = \dots \pm \dots$

2. ***II dalis. Prizmės lūžio rodiklio matavimas, taikant visiškojo atspindžio dėsnį***

- 2.1. Apskaičiuokite ribinį visiškojo atspindžio kampą, kuris lygus pusei išmatuoto kampo tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių.

- 2.2. Apskaičiuokite prizmės medžiagos lūžio rodiklį, panaudodami visiškojo vidaus atspindžio kampo formulę (3)
- 2.3. Užrašyti matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 2 lentelę.

**2 lentelė.** Matavimų rezultatai

Išmatuotas kampas tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių, $^{\circ}$	
Išmatuotas ribinis visiškojo atspindžio kampas, $^{\circ}$	
Išmatuotas prizmės lūžio rodiklis	

3. **III dalis. Skysčių lūžio rodiklio matavimas taikant šviesos lūžio ir visiškojo atspindžio dėsnius**
- 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 absoliutusias 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** Matavimų rezultatai

Kritimo kampas $\alpha, ^{\circ}$	Lūžio kampas $\beta, ^{\circ}$	$\sin\alpha$	$\sin\beta$	$\sin\alpha / \sin\beta$
15				
30				
60				

Išmatuotas vandens lūžio rodiklis ir jo paklaida:

$n = \dots \pm \dots$

### Išvados:

- 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?	
2. Kokią skaidrią terpę vadiname optiškai retesne ir kokią – optiškai tankesne?	
3. Nusakykite kokį kampą vadiname spindulio kritimo kampu ir kokį kampą vadinam spindulio lūžio kampu.	
4. Suformuluokite šviesos lūžimo dėsnį.	
5. Nuo kokios terpės, optiškai tankesnės ar optiškai retesnės, atsispindint šviesai, galime stebėti visiškojo atspindžio reiškinį?	

## 2.4.2 ŠVIESOS ATSPINDYS NUO PLOKŠČIOJO, ĮGAUBTOJO IR IŠKILOJO VEIDRODŽIŲ

### 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*.

### EKSPERIMENTAS

#### Tyrimo problema:

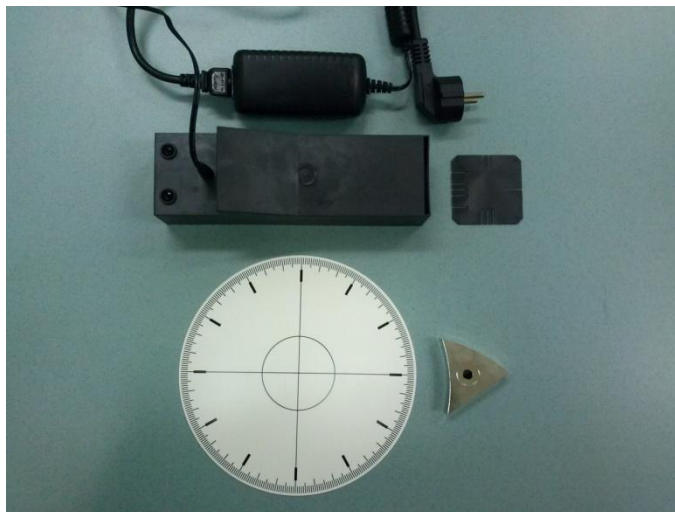
- Patvirtinti atspindžio dėsnį, šviesai atsispindint nuo plokščio veidrodžio?
- Nustatyti kiekybinę priklausomybę tarp įgaubtojo (iškiilojo) veidrodžio kreivumo spindulio ir židinio nuotolio?

#### Eksperimento tikslas:

- Nustatyti kaip vyksta šviesos atspindys ir išmatuoti įgaubtojo ir iškiilojo sferinių veidrodžių židinio nuotolį ir kreivumo spindulį.

#### 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



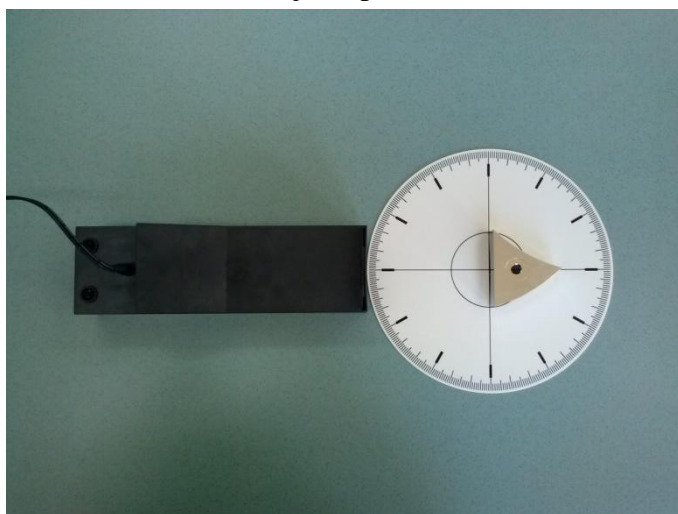
1 pav. Pagrindinės priemonės tyrimui atlikti

#### Darbo eiga:

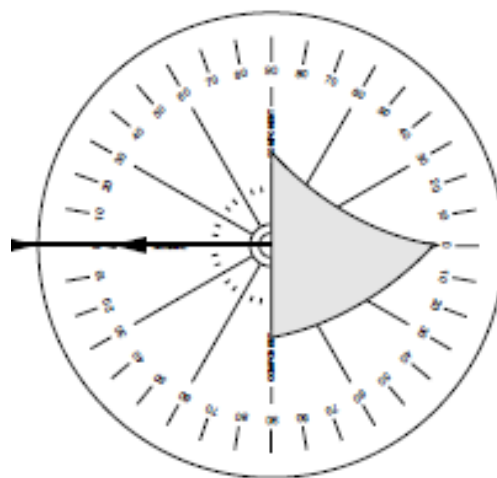
##### I dalis. Atspindys nuo plokščio veidrodžio

##### 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 schemeje (2 pav. (a))



a)

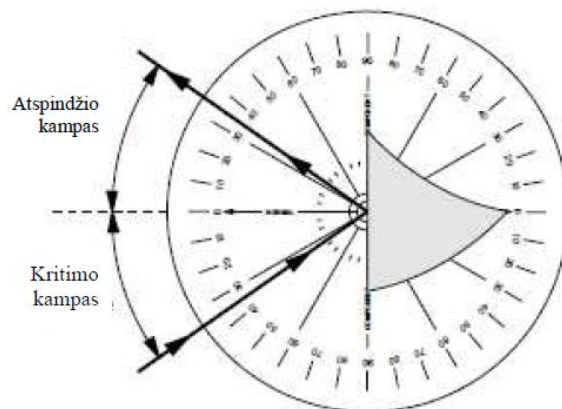


b)

**2 pav.** Priemonių parengimo darbui schema

## 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Įjunkite šviesos šaltinį ir pasiekite, kad spindulys kristų per „nulines“ disko padalą į disko centrą statmenai į plokščią veidrodinės prizmės šoną (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.



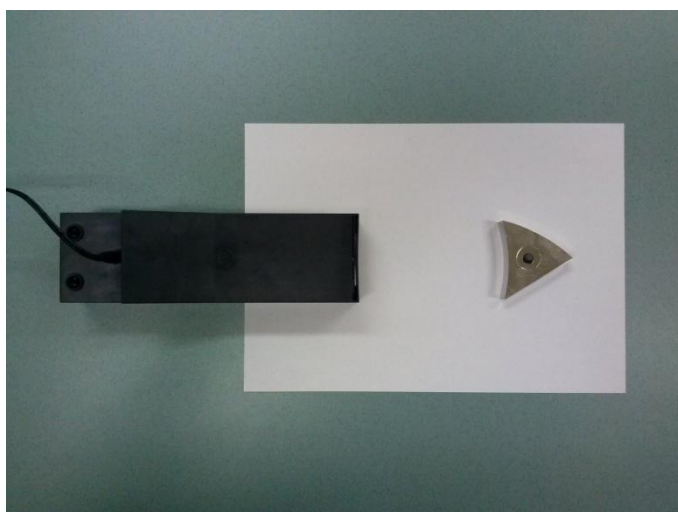
**3 pav.** Kritimo ir atspindžio kampų matavimo schema

## **II dalis. Atspindys nuo įgaubtojo veidrodžio**

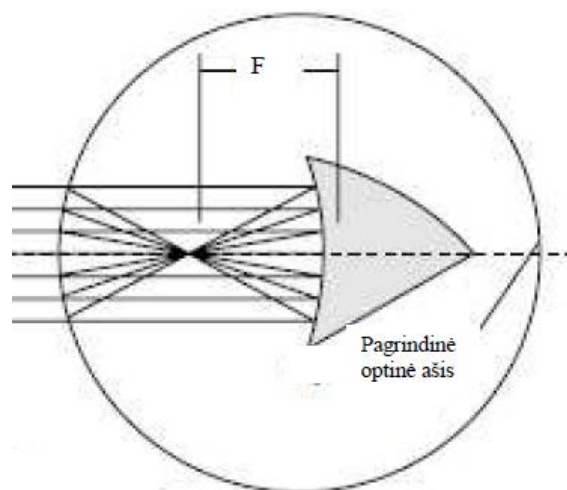
### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 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 schemeje (4 pav. (a))





a)

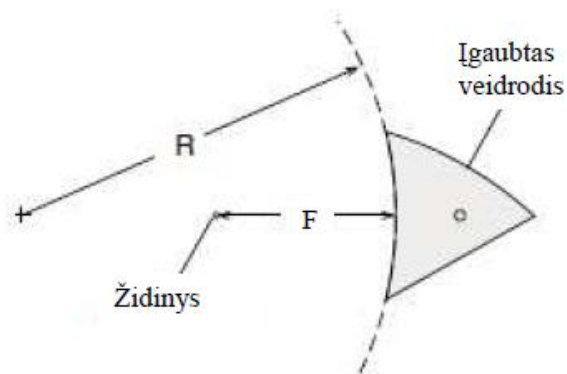


b)

**4 pav.** Priemonių parengimo darbui schema

**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

**III dalis. Atspindys nuo iškiliojo veidrodžio**

**Eksperimento tikslas:**

Panaudodami II darbo dalyje turėtas eksperimento priemones išmatuokite iškiliojo 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 iškiliojo 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).

Laboratorinio darbo  
**ŠVIOSOS ATSPINDYS NUO PLOKŠČIOJO, ĮGAUBTOJO IR  
IŠKILOJO VEIDRODŽIŲ**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Hipotezė*

Statmuo į atspindintį paviršių spindulio kritimo taške dalija kampą tarp kritusio ir atsispindėjusio spindulių į dvi lygias dalis. Įgaubtojo (iškielojo) veidrodžio židinio nuotolis lygus pusei veidrodžio kreivumo spindulio .....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

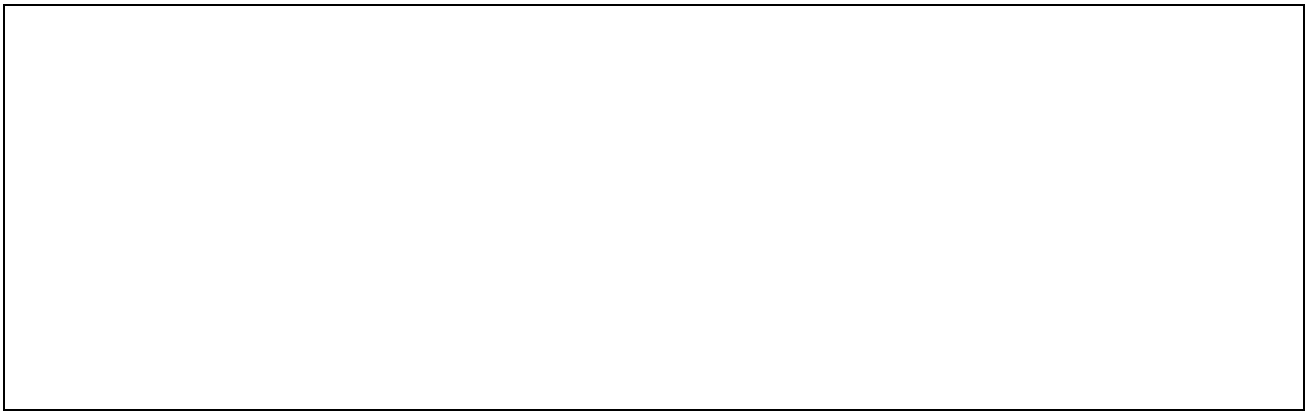
**I dalis. Atspindys nuo plokščio veidrodžio**

1.1. 1. Užrašyti matavimų rezultatus į žemiau pateiktą 1 lentelę

1.2. 2. Nubrėškite atspindžio kampo priklausomybės nuo kritimo kampo grafiką.

**1 lentelė.** Matavimų rezultatai

Kritimo kampas, °	Atspindžio kampas, ° (sukant pagal laikrodžio rodyklę)	Atspindžio kampas, ° (sukant prieš laikrodžio rodyklę)
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		



1A pav. Atspindžio kampo priklausomybės nuo kritimo kampo grafikas

2. **II dalis. Atspindys nuo įgaubtojo veidrodžio**

2.1. Pagal formulę  $F = \frac{R}{2}$  apskaičiuokite įgaubtojo veidrodžio židinio nuotolį.

2.2. Užrašykite matavimų rezultatus į žemiau pateiktą 2 lentelę

**2 lentelė** Matavimų rezultatai

Išmatuotas kreivumo spindulys R,cm	
Išmatuotas židinio nuotolis F,cm	
Apskaičiuotas židinio nuotolis F,cm	

3. **III dalis. Atspindys nuo iškiljo veidrodžio**

3.1. Užrašykite matavimų rezultatus į žemiau pateiktą 3 lentelę

**3 lentelė** Matavimų rezultatai

Išmatuotas židinio nuotolis F, cm	
-----------------------------------	--

**Išvados:**

- 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.	
2. Suformuluokite šviesos atspindžio dėsnį	
3. Kokį tašką vadiname iškiliojo veidrodžio židiniu	
4. Kam lygus įgaubtojo veidrodžio židinio nuotolis, jei veidrodžio kreivumo spindulys lygus 0,3 m ?	

### 2.4.3 LĘŠIO ŽIDINIO NUOTOLIO NUSTATYMAS

#### 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 iškiluosius 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  $O_1$  or  $O_2$ . 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 sklidę 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 iškilus, formulėje (1) kreivumo spindulys  $R$  yra teigiamas, jeigu paviršius įgaubtas – neigiamas. Jei vienas lęšio paviršius plokščias, tai jo  $R \rightarrow \infty$ .

#### EKSPERIMENTAS

##### *Tyrimo problema:*

- Išmatuoti glaudžiamąjį ir sklaidomąjį lęšio židinio nuotolį, turint lygiagrečių šviesos spindulių pluoštą.
- Patikrinti lęšio laužiamosios gebos skaičiavimo formulę (1), žinant tik plokščiojo-įgaubtojo sklaidomąjį lęšio medžiagos lūžio rodiklį ir taikant įgaubto veidrodžio židinio nuotolio formulę įgaubto paviršiaus kreivumo spinduliui nustatyti.

##### *Eksperimento tikslas:*

Išmatuoti glaudžiamąjį ir sklaidomąjį lęšių židinio nuotolį ir patikrinti lęšio laužiamosios gebos skaičiavimo formulę.

## Ekspirmonto priemonės:

- Lygiagrečių šviesos spindulių šaltinis su įstatoma plokštele su skirtingu plyšių skaičiumi ir maitinimo šaltiniu;
- Plonas glaudžiamasis lęšis;
- Plonas sklaidomasis lęšis;
- Storas glaudžiamasis lęšis;
- Balto popieriaus lapas;
- Pieštukas;
- Liniuotė.



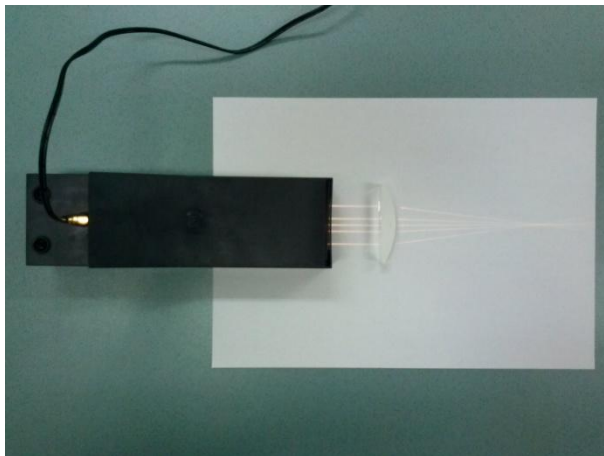
2 pav. Pagrindinės priemonės tyrimui atlikti

## Darbo eiga:

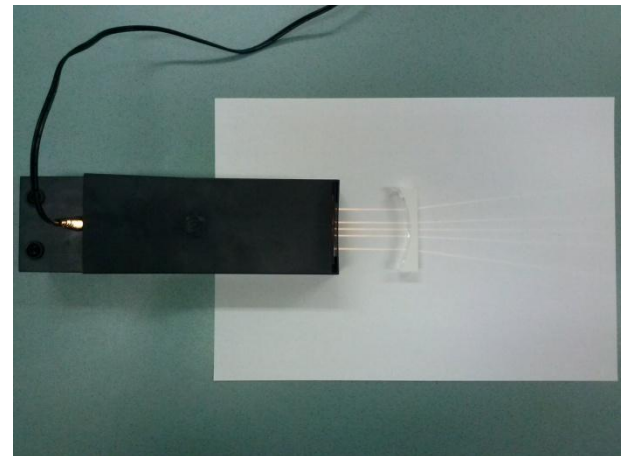
### I dalis. Glaudžiamojo ir sklaidomojo lęšio židinio nuotolio nustatymas

#### 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)

3 pav. Priemonių parengimo darbui schema

#### 2. *Matavimų procedūros:*

- 2.1. Padėkite glaudžiamąjį lęšį spindulių kelyje iškilą puse link šviesos šaltinio taip, kad linija dalytų lęšį į dvi lygias dalis ir spinduliai už lęšio susikirstų optinėje ašyje (3 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 (3 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.

## **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 (3 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.

## **III dalis. Storo lęšio židinio nuotolis**

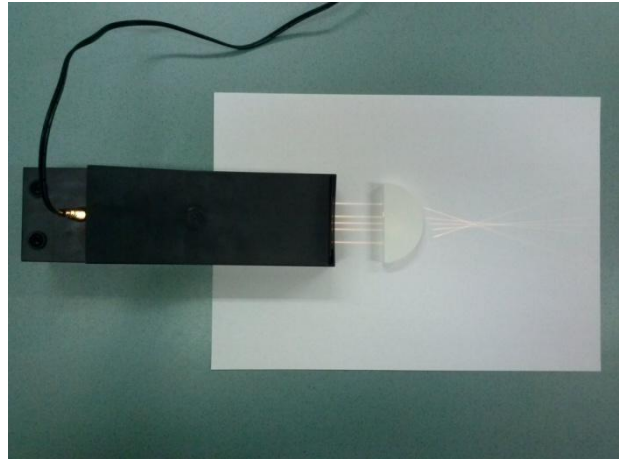
### **1. Priemonių parengimas darbui:**

- 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 (4 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 2.2 ir 2.3 punktus, apgręžę lęšį iškila puse link šviesos šaltinio.



**4 pav.** Priemonių parengimo darbui schema

Laboratorinio darbo  
**LEŠIO ŽIDINIO NUOTOLIO NUSTATYMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*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 formulę (1).
- Storo lęšio židinio nuotolis mažesnis spinduliams sklindantiems toli nuo pagrindinės optinės ašies ir didesnis spinduliams sklindantiems arti optinės ašies.

1. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

**I dalis. Glaudžiamojo ir sklaidomojo lęšio židinio nuotolio nustatymas**

- 1.1. Liniuote išmatuokite atstumą nuo židinio taško iki taško kuriame optinė ašis kerta glaudžiamojo lęšio plokščią paviršių. Šis išmatuotas atstumas lygus glaudžiamojo lęšio židinio nuotoliui.
- 1.2. 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.
- 1.3. Liniuote išmatuokite atstumą nuo židinio taško iki taško kuriame optinė ašis kerta sklaidomojo lęšio plokščią paviršių. Šis išmatuotas atstumas lygus sklaidomojo lęšio židinio nuotoliui.
- 1.4. Užrašykite matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 1 lentelę.

**1 lentelė** Matavimų rezultatai

Glaudžiamojo lęšio židinio nuotolis, m	
Sklaidomojo lęšio židinio nuotolis, m	

1. ***II dalis. Lęšio laužiamosios gebos skaičiavimo formulės tikrinimas***

- 1.1. Patraukite lęšį ir linuote išmatuokite atstumą nuo židinio taško iki taško kuriame optinė ašis kerta lęšio įgaubtą paviršių. Šis išmatuotas atstumas lygus lęšio įgaubto paviršiaus židinio nuotoliui.
- 1.2. Apskaičiuokite lęšio įgaubto paviršiaus kreivumo spindulį pasinaudodami tuo, kad įgaubto veidrodžio židinio nuotolis lygus pusei jo kreivumos spindulio.
- 1.3. Suraskite žinyuose lęšio medžiagos (akrilas) lūžio rodiklio vertę.

1.4. Apskaičiuokite lęšio laužiamąją gebą, pasinaudodami formule (1) ir atliktu paviršių kreivumo spindulių matavimų rezultatus.

1.5. Užrašykite matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 2 lentelę

**2 lentelė** Matavimų rezultatai

Įgaubto paviršiaus židinio nuotolis, m	
Įgaubto paviršiaus kreivumo spindulys, m	
Plokščio paviršiaus kreivumo spindulys, m	
Lęšio medžiagos lūžio rodiklis	
Lęšio laužiamoji geba, D	

**1. III dalis. Storo lęšio židinio nuotolis**

1.1. Patraukite lęšį ir liniuote išmatuokite židinio nuotolių skirtumą spinduliams kertantiems lęšį arti ir toli nuo pagrindinės optinės ašies.

1.2. Užrašyti matavimų ir skaičiavimų rezultatus į žemiau pateiktą 3 lentelę

**3 lentelė** Matavimų rezultatai

Židinio nuotolių skirtumas (lęšis plokščia puse į šaltinį), cm	
Židinio nuotolių skirtumas (lęšis iškila puse į šaltinį), cm	

**Išvados:**

- 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?	
2. Kokią tiesę vadiname lęšio pagrindine optine ašimi?	

3. Ką vadiname lęšio pagrindiniu židiniu?	
4. Ar gali iškilusis lęšis būti sklaidantysis/	
5. Kaip keičiasi lęšio laužiamoji geba mažėjant jo židinio nuotoliui?	
6. Kokį lęšį vadiname plonu?	

## 2.4.4 PRAĖJUSIOS PER DU POLIARIZATORIUS ŠVIESOS INTENSYVUMO TYRIMAS

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Šviesos bangos yra skersinės, kadangi bangos elektrinio lauko ir magnetinio lauko stiprio vektoriai svyruoja statmenai bangos sklidimo kryptim. 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 pastatius 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  $0^\circ$  arba  $180^\circ$ ), praėjusios šviesos intensyvumas būna didžiausias. Kai ašys yra statmenos (kampas tarp ašių  $90^\circ$  arba  $270^\circ$ ), 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.

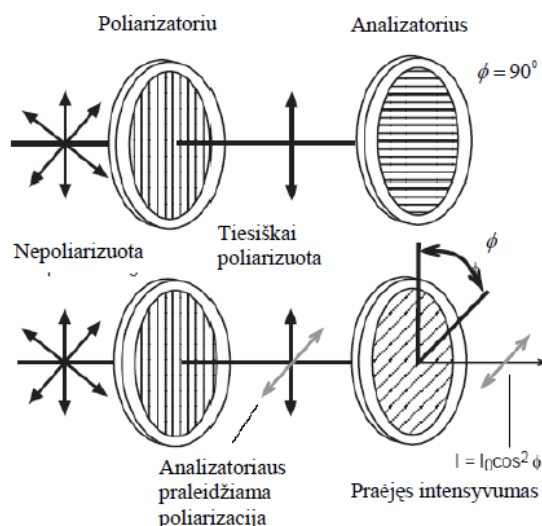
### EKSPERIMENTAS

#### Tyrimo problema

Išmatuoti, taikant kompiuterinio mokymo sistemą, nepoliarizuotos šviesos šaltinio šviesos, praėjusios per du poliarizatorius, intensyvumą, esant skirtingiems kampams tarp poliarizatorių ašių.

#### Eksperimento tikslas:

Nustatyti praėjusios per poliarizatorių ir analizatorių šviesos intensyvumo priklausomybę nuo kampo tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių.



**1 pav.** Viršutiniame paveikslėlyje – šviesa per analizatorių nepraeina, kadangi analizatorius pasuktas  $90$  laipsnių kampų, apatiniame paveikslėlyje – šviesa praeina, kadangi kampas tarp analizatoriaus ir poliarizatoriaus ašių nelygus  $90$  arba  $270$  laipsnių.

## Eksperto priemonės:

- Nova5000 su instaliuota MultiLab programa;
- Šviesos šaltinis su maitinimo šaltiniu;
- Apšvietumo jutiklis (3 diapazonų);
- Optinis suolas;
- Poliarizatorius laikiklyje;
- Analizatorius laikiklyje;
- Ekranas su vienu plyšiu laikiklyje;
- Stalėlis su laikikliu apšvietumo jutikliui tvirtinti;
- Jungiamieji laidai.

## 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 apšvietumo jutiklį su laidu (2 pav.).

1.2. Pasukite poliarizatorių ir analizatorių iki nulinės padalos ant laikiklių.

1.3. Prijunkite apšvietumo 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.

1.5. Atidarykite *Sąrankos meniu* .

Įvestis 1 laukelis turi būti aktyvus, jame turi būti užrašas Apšvietumo 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 ties nuline padala.

1.9. Nuspauskite Stabdyti mygtuką .

1.10. Pasirinkite meniu punktą *Rinkmenos* → *Išvalyti viską* → *No*. Visi matavimų duomenys bus ištrinti




2 pav. Priemonių parengimo darbui schema. Ant optinio suolo (iš kairės į dešinę): apšvietumo jutiklis, analizatorius, poliarizatorius, ekranas su vienu plyšiu, šviesos šaltinis.

1.11. Paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite matavimų režimą *Rankinis*. Uždarykite langą *Sąranka* mygtuku *OK*, lango viršutiniame dešiniajame kampe.


## 2. *Matavimų procedūros:*

2.1. 1. Patikrinkite ar poliarizatorius pasuktas ties nulio laipsnių padala, o analizatorius ties 90 laipsnių padala prieš laikrodžio rodyklę.

2.2. 2. Atsidarykite naują langą duomenims surašyti lentelėje, paspaudę mygtuką 

2.3. 3. Paspauskite meniu mygtuką *Priemonės* ir atsivėrusiame meniu pasirinkite *Nustatyti X ašį*.

2.4. 4. Atsidariusio lango *Įterpti* stulpelyje viršutinėje eilutėje rankiniu būdu įrašykite *Kampas*, o apatinėje eilutėje *Laipsniai*. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.

2.5. 5. Paspauskite mygtuką *Paleisti* .

2.6. 6. Atsidariusiame lange *Nustatyti X vertę*, įrašykite analizatoriaus pasukimo kampą -90. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.

2.7. 7. Pasukite analizatorių 10 laipsnių, iki padalos 80, vėl spauskite mygtuką *Paleisti* .

2.8. 8. Atsidariusiame lange *Nustatyti X vertę*, įrašykite analizatoriaus pasukimo kampą -80. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.

2.9. 9. Kartokite matavimus, pasukdami analizatorių po 10 laipsnių, kol analizatorius pasisuks 90 laipsnių kampu nuo nulinės padalos, pagal laikrodžio rodyklę.

2.10. 10. Užbaikite matavimus *Profilis* → *Stabdyti*.

2.11. 11 Išsaugokite matavimų rezultatus *Rinkmenos* → *Įrašyti kaip*.

Laboratorinio darbo  
**PRAĖJUSIOS PER DU POLIARIZATORIUS ŠVIESOS  
INTENSYVUMO TYRIMAS**

Ataskaitos lapas

Data .....





Pavardė, vardas. ....

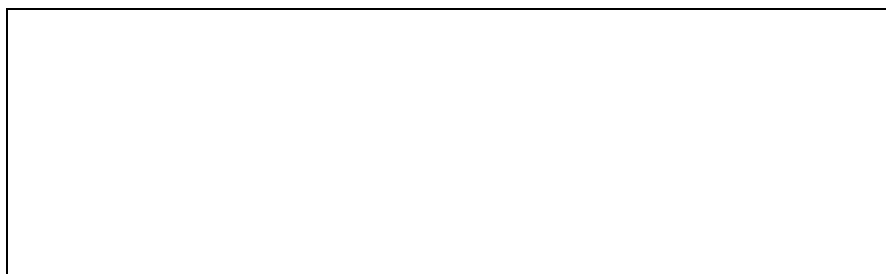
Partneriai. ....

*Hipotezė*

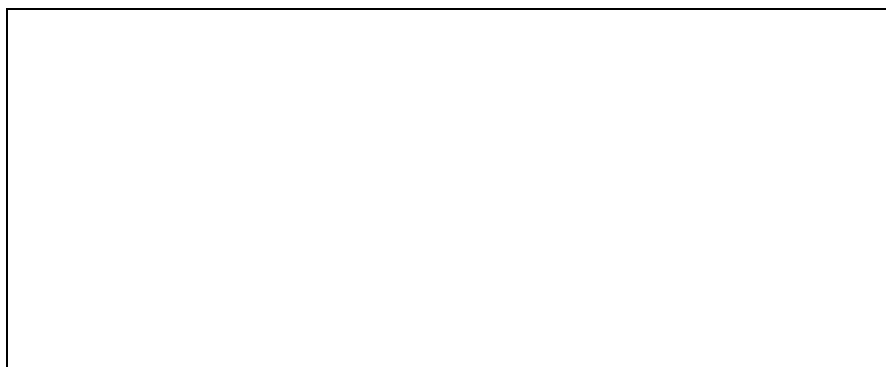
Sukant analizatorių apie ašį statmeną analizatoriaus plokštumai, praėjusios per poliarizatorių ir analizatorių šviesos intensyvumas kinta pagal  $\cos^2 \theta$  dėsnį, čia  $\theta$  kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių .....

1. ***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

- 1.1. Atidarykite grafiko langą mygtuku . Grafiko lange bus matomas šviesos intensyvumo grafikas.
- 1.2. Gautame intensyvumo grafike matyti, kad dalis nepoliarizuotos šviesos pereina per poliarizatorių, kadangi intensyvumas nelygus nuliui, kai analizatoriaus pasukimo kampas lygus  $+90$  laipsnių.
- 1.3. 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*.
- 1.4. Dabar grafike intensyvumas lygus nuliui, kai analizatoriaus pasukimo kampas lygus  $-90$  laipsnių.
- 1.5. Nuspauskite grafiko redagavimo mygtuką .
- 1.6. Atsidariusiame lange pasirinkite *X ašis* → *Redaguoti duomenys* → *Kampas*. Spauskite mygtuką *Gerai*. X ašyje bus nurodytas analizatoriaus pasukimo kampas.
- 1.7. Grafikų instrumentų lange paspauskite mygtuką .
- 1.8. Paspauskite mygtuką *Save*  ir išsaugokite grafiką. (3 pav.)







**3 pav.** Nova5000 ekrano kopija su šviesos intensyvumo matavimo rezultatų grafiku

**Išvados:**

- 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?	
2. Kokią šviesą vadiname natūralia (nepoliarizuota) ?	
3. Kokią bangą vadiname tiesiškai poliarizuota?	
4. Koks turi būti kampas tarp poliarizatoriaus ir analizatoriaus ašių, kad šviesa nepereitų per analizatorių?	
5. Kokiuose buitinės elektronikos prietaisuose naudojami poliarizatoriai?	

## 2.4.5 FOTOMETRIJA. APŠVIETOS PRIKLAUSOMYBĖS NUO ATSTUMO TYRIMAS

### 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:

$$E = \frac{I}{R^2}.$$

### EKSPERIMENTAS

#### *Tyrimo problema*

Nustatyti kaip kinta apšvieta kintant atstumui.

#### *Eksperimento tikslas:*


Nustatyti apšvietos priklausomybę nuo atstumo.

#### **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 apšviestumo jutiklį prie *Nova5000* kompiuterio, laidą iš skaitiklio prijungdami į *Novos5000 I/O 1* lizdą
- 1.2. Įtvirtinkite apšviestumo 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 apšviestumo jutiklį į padėtį A.
- 1.8. Tarp šviesos šaltinio ir diafragmos turi būti 1 cm tarpas.



1 pav. Eksperimento stendas

### 2. Matavimų procedūros:

Išmatuokite apšvietos priklausomybę nuo atstumo.

- 2.1. Padėkite apšviestumo jutiklį 5 cm atstumu nuo šviesos šaltinio.
- 2.2. Atsidarykite naują langą duomenims surašyti, paspaudę mygtuką .
- 2.3. Eikite *Priemonės* → *Nustatyti X ašį* → *Įterpti* stulpelį rankiniu būdu.
- 2.4. Atsidariusiame viršutiniame lange įrašykite *Atstumas*, apatiniame lange – *cm*. Paspauskite mygtuką *Gerai*.
- 2.5. Pradėkite matavimus nuspaudę mygtuką *Profilis* → *Paleisti*.
- 2.6. Atsidariusiame lange įveskite pradinę atstumo vertę 5 cm. Paspauskite mygtuką *OK*.
- 2.7. Padėkite apšviestumo jutiklį 6 cm atstumu nuo šviesos šaltinio.
- 2.8. Vėl paspauskite *Profilis* → *Paleisti* ir atsidariusiame lange įveskite kitą atstumo vertę - 6 cm. Paspauskite mygtuką *OK*.
- 2.9. Kartokite 6 ir 7 punktus, kol pasieksite 13 cm atstumą iki šviesos šaltinio.
- 2.10. Baigę matavimus, spauskite *Profilis* → *Stabdyti*.

## Laboratorinio darbo

### APŠVIETOS PRIKLAUSOMYBĖS NUO ATSTUMO TYRIMAS

#### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

#### *Hipotezė*

Manau, kad atstumui didėjant nuo šviesos šaltinio, apšvieta .....

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

1.1. Surašykite matavimo duomenis į 1A lentelę:

1A lentelė. Matavimų rezultatai.

Matavimai	Redaguoti duomenys, cm	Apšvieta, lx
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		

1.2. Užrašykite atstumo ir apšvietos tiesioginių matavimų paklaidas  $\Delta l =$  ir  $\Delta E =$ .

1.3. Eikite *Priemonės* → *Analizė* → *Energijos regresija*.

1.4. Gaukite apšvietos priklausomybės nuo atstumo grafiką (1A pav.).



1 A pav. Apšvietos priklausomybės nuo atstumo grafikas.

1.5. Užrašykite grafiko apačioje matomą funkcinę priklausomybę  $f(x)$ .

1.6. Palyginkite, kiek eksperimento metu gautas  $x$  laipsnio rodiklis skiriasi nuo teorinio, lygaus - 2.

### Išvados:

- padarykite išvadą apie apšvietos priklausomybės nuo atstumo  $E = f(R)$  grafiką .....
- padarykite išvadą apie galimus grafiko neatitikimus teorinių rezultatų .....
- padarykite išvadą apie kaip apšvieta priklauso nuo atstumo iki šviesos šaltinio .....
- padarykite išvadą apie apšvietos fizikinę prasmę .....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite nuo ko priklauso apšvieta, kai šviesa krinta statmenai paviršiui. 2. Ką vadiname apšvieta? 3. Kokie apšvietos matavimo vienetai? 4. Ką nusako šviesos srautas?	

## 2.4.6 FOTOMETRIJA. APŠVIETOS PRIKLAUSOMYBĖS NUO ŠALTINIO ĮTAMPOS TYRIMAS

### 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 ( $cd$ ).

$$[I] = 1 \text{ cd}$$

Sklysdama 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.

### EKSPERIMENTAS

#### *Tyrimo problema*

Kaip apšvieta priklauso nuo maitinimo šaltinio įtampos.

#### *Eksperimento tikslas:*

Nustatyti apšvietos priklausomybę nuo šaltinio įtampos, gauti  $E = f(U)$  grafiką.

#### **Eksperimento priemonės:**

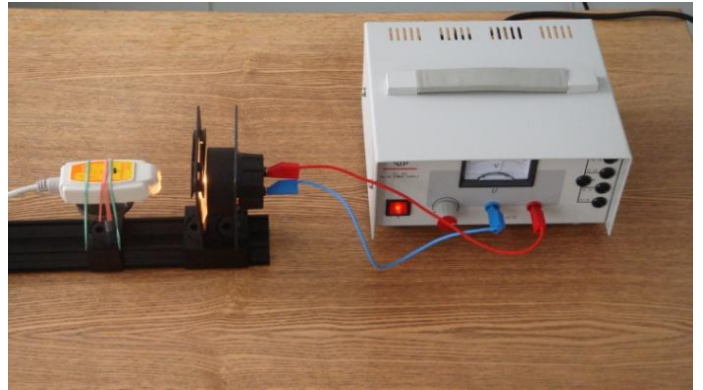
- Nova5000 su instaliuota *MultiLab* programine įranga;
- Šviesos šaltinis;
- Apšvietumo jutiklis (3 diapazonų);
- Nuolatinės įtampos šaltinis;
- Optinis suolas;
- Optinis laikiklis;
- Diafragma su siauru apskritimo formos plyšiu;

- Liniuotė;
- Jungiamieji laidai.

## Darbo eiga:

### 1. *Priemonių parengimas darbui*

- 1.1. Prijunkite apšviestumo jutiklį prie *Nova5000* kompiuterio, laidą iš skaitiklio prijungdami į *Novos5000* I/O 1 lizdą.
- 1.2. Pritvirtinkite apšviestumo jutiklį prie optinio laikiklio.
- 1.3. Prijunkite laidus iš įtampos šaltinio prie lempučių taip, kaip parodyta 1 pav.
- 1.4. Paleiskite *MultiLab* programą *Nova5000* kompiuteryje.



1 pav. Eksperimento stendas


- 1.5. Atidarykite *Sąrankos* meniu



- 1.6. Paspauskite mygtuką *Norma*. Pasirinkite *Rankinis*.
- 1.7. Paspauskite mygtuką *Matavimai*. Pasirinkite matavimų skaičių 10 matavimų.
- 1.8. Nustatykite apšviestumo jutiklį į padėtį *B*.
- 1.9. Tarp šviesos šaltinio ir diafragmos turi būti 1 cm tarpas.

### 2. *Matavimų procedūros*

I. Išmatuokite apšvietos priklausomybę nuo šaltinio įtampos.

- 2.1. Padėkite apšviestumo jutiklį 5 cm atstumu nuo šviesos šaltinio.
- 2.2. Nustatykite pradinę šaltinio įtampą – 4 V.
- 2.3. Atsidarykite naują langą duomenims surašyti, paspaudę mygtuką .
- 2.4. Eikite *Priemonės* → *Nustatyti X ašį* → *Įterpti stulpelį rankiniu būdu*.
- 2.5. Atsidariusiame viršutiniame lange įrašykite *Įtampa*, apatiniame lange – *V*. Paspauskite mygtuką *Gerai*.
- 2.6. Pradėkite matavimus nuspaudę mygtuką *Profilis* → *Paleisti*.
- 2.7. Atsidariusiame lange įveskite pradinę atstumo vertę 4 V. Paspauskite mygtuką *OK*.
- 2.8. Padidinkite šaltinio įtampą iki 5 V.
- 2.9. Vėl paspauskite *Profilis* → *Paleisti* ir atsidariusiame lange įveskite kitą atstumo vertę - 5 V. Paspauskite mygtuką *OK*.
- 2.10. Kartokite 7 ir 8 punktus, kol pasieksite 9 V įtampos vertę.
- 2.11. Baigę matavimus, spauskite *Profilis* → *Stabdyti*.

**Pastaba.** Atliekant matavimus su kitomis įtampos vertėmis, neviršykite 12 V įtampos vertės

## Laboratorinio darbo

### APŠVIETOS PRIKLAUSOMYBĖS NUO ŠALTINIO ĮTAMPOS TYRIMAS

#### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

#### *Hipotezė*

Manau, kad šaltinio štampai didėjant, apšvieta .....

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

1.1. Surašykite matavimo duomenis į 1A lentelę:

**1A lentelė.** Matavimų rezultatai.

Matavimai	Įtampa, V	Apšvieta, lx
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		

1.2. Užrašykite įtampos ir apšvietos tiesioginių matavimų paklaidas  $\Delta U =$  ir  $\Delta E =$ .

1.3. Eikite *Priemonės* → *Analizė* → *Energijos regresija*.

1.4. Gaukite apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos grafiką (1A pav.).





1 A pav. Apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos grafikas.

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos  
.....  
.....
- padarykite išvadą apšvietos priklausomybės nuo šaltinio įtampos  $E = f(U)$  grafiką  
.....  
.....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Ką nusako šviesos srautas? 2. Kokie yra šviesos stiprio ir šviesos srauto matavimo vienetai? 3. Kaip tarpusavyje susiję apšvieta ir šviesos stipris? 4. Kaip apšvieta priklauso nuo šaltinio įtampos?	

## 2.5 ATOMO FIZIKOS LABORATORINIAI DARBAI

### 2.5.1 JONIZUOJANČIOS SPINDULIUOTĖS PRIKLAUSOMYBĖS NUO MEDŽIAGOS TANKIO TYRIMAS

#### 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 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.

#### EKSPERIMENTAS

##### *Tyrimo problema*

Kaip nustatyti, kuri medžiaga geriausiai sulaiko gama spinduliuotę.

##### *Eksperimento tikslas:*

Nnustatyti tiriamųjų medžiagų pralaidumą gama spinduliuotei.

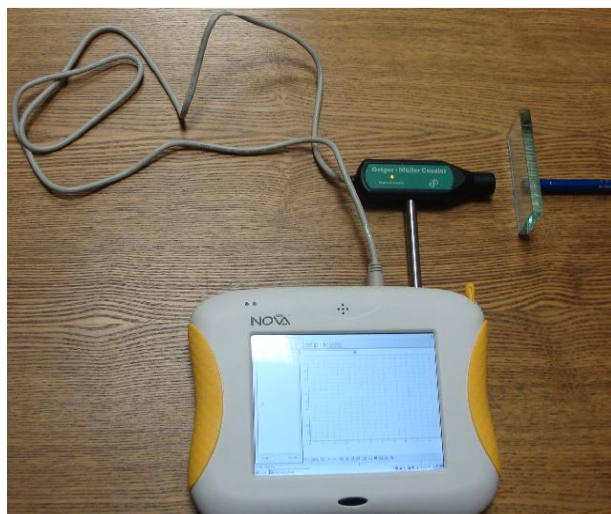
#### Eksperimento priemonės:

- Nova5000 su instaliuota *MultiLab* programine įranga;
- Geigerio ir Miulerio 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 Miulerio skaitiklį prie *Nova5000* kompiuterio, laidą iš skaitiklio jungdami į *Novos5000* I/O 1 lizdą. (1 pav.).
- 1.2. Nuimkite apsauginį dangtelį, uždėtą ant Geigerio ir Miulerio 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 Miulerio skaitiklio, reikia:

- 1.5.1. Paspausti *Sąrankos* mygtuką.
- 1.5.2. Atsidarius langui *Jutikliai*, nuimti žymėjimą ties *Automatinis Jutiklių Susekimas*.
- 1.5.3. Įvesties meniu 1 langelyje pasirinkti *GM skaitiklis 0-1024 Bq*.
- 1.5.4. 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*.
  - 2.1.3. Tame pačiame meniu paspauskite mygtuką *Matavimai* ir pasirinkite *2000*.
  - 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.
- 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 pro plokštelę praėjusios gama spinduliuotės sukeltą impulsų skaičių  $N'$ , kaip nurodyta I dalies 5 ir 6 punktuose. Užsirašykite jį.

## Laboratorinio darbo

### JONIZUOJANČIOS SPINDULIUOTĖS PRIKLAUSOMYBĖS NUO MEDŽIAGOS TANKIO TYRIMAS

#### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

#### *Hipotezė*

Manau, kad jonizuojanti spinduliuotė geriau sklinda pro ..... medžiagas.

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

1.1. Užrašykite, koks yra gamtinio fono sukeltų impulsų skaičius  $N_0$ .

1.2. Apskaičiuokite per plokštelę praėjusios jonizuojančios spinduliuotės sukeltų impulsų skaičių  $N_i$  kaip

$$N_i = N' - N_0.$$

1.3. Matavimus pakartokite su 4 – 5 skirtingo tankio, bet vienodo storio plokštelėmis. Matavimo rezultatus surašykite į 1 lentelę.

1 lentelė. Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybė nuo tiriamosios medžiagos tankio.

Bandymo numeris	Medžiagos pavadinimas	Medžiagos tankis, $\text{kg/m}^3$	Impulsų skaičius su fono spinduliuote $N'$	Impulsų skaičius be fono spinduliuotės $N_i$
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

**Paklaidų įvertinimas:** Užrašykite atstumo tiesioginių matavimų paklaidą  $\Delta l = \text{mm}$ .

#### Išvados:

- padarykite išvadą apie tai, kuri iš tirtųjų medžiagų geriausiai sulaiko gama spinduliuotę

.....  
.....

- padarykite išvadą apie duotųjų medžiagų tankius

.....  
.....

- padarykite išvadą apie gama spinduliuotės intensyvumo priklausomybę nuo spinduliuotę sulaikančios medžiagos tankio

.....  
 .....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite kaip yra skirstoma jonizuojanti spinduliuotė. 2. Ką vadiname alfa, beta ir gama spinduliuote? 3. Kokiais vienetais matuojamas radiaktyviosios medžiagos branduolių aktyvumas SI sistemoje? 4. Kokiais prietaisais galima išmatuoti jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą?	

## 2.5.2 JONIZUOJANČIOS SPINDULIUOTĖS PRIKLAUSOMYBĖS NUO MEDŽIAGOS STORIO TYRIMAS

### 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 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.

### EKSPERIMENTAS

#### *Tyrimo problema*

Nustatyti gama spinduliuotės intensyvumo priklausomybę nuo tiriamosios medžiagos storio.

#### *Eksperimento tikslas*

Nustatyti, kaip kinta gama spinduliuotės intensyvumas didėjant medžiagos storiui.

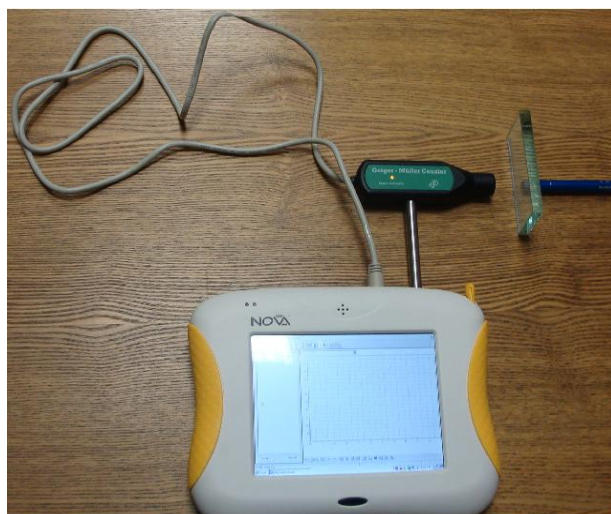
#### **Eksperimento priemonės:**

- Nova5000 su instaliuota MultiLab programine įranga;
- Geigerio ir Miulerio 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 Miulerio skaitiklį prie Nova5000 kompiuterio, laidą iš skaitiklio prijungiant į Novos5000 I/O 1 lizdą. (1 pav.).
- 1.2. Nuimkite apsauginį dangtelį, uždėtą ant Geigerio ir Miulerio 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 Miulerio skaitiklio, reikia:*

- 1.5.1. Paspausti *Sąrankos* mygtuką.
- 1.5.2. Atsidarius langui *Jutikliai*, nuimti žymėjimą ties *Automatinis Jutiklių Susekimas*.
- 1.5.3. Įvesties meniu 1 langelyje pasirinkti *GM skaitiklis 0-1024 Bq*.
- 1.5.4. Paspausti *OK*.

## 2. *Matavimų procedūros*

- 2.1. Išmatuokite aplinkos skleidžiamą gama spinduliuotę.
  - 2.1.1. 1. *Nova5000* kompiuteryje atidarykite *MultiLab* programinę įrangą.
  - 2.1.2. 2. *Sąrankos* meniu paspauskite mygtuką *Norma*.
  - 2.1.3. 3. Tame pačiame meniu paspauskite mygtuką *Matavimai* ir pasirinkite *2000*.
  - 2.1.4. 4. Paspauskite mygtuką *OK*. Pradėkite matavimus.
  - 2.1.5. 5. Pasibaigus matavimui, eikite *Priemonės* → *Analizė* → *Statistika*.
  - 2.1.6. 6. Atsidariusiame lange suraskite įrašą *Suma*.
  - 2.1.7. 7. Skaičius, esantis prie *Suma* rodo impulsų skaičių  $N_0$  per matavimo trukmę. Tai yra gamtinio fono sukeltų impulsų skaičius. Užsirašykite jį.
- 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.

## Laboratorinio darbo

# JONIZUOJANČIOS SPINDULIUOTĖS PRIKLAUSOMYBĖS NUO MEDŽIAGOS TANKIO TYRIMAS

### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai .....

#### *Hipotezė*

Manau, kad jonizuojanti spinduliuotė geriau sklinda pro .....  
..... medžiagas.

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

- 1.1. Užrašykite, koks yra gamtinio fono sukeltų impulsų skaičius  $N_0$ '.
- 1.2. Išmatuokite plokštelės storį.
- 1.3. Pasirinkite tokį patį matavimų dažnį bei matavimų trukmę kaip I dalies 2 ir 3 punktuose.
- 1.4. Paspauskite mygtuką *OK*. Pradėkite matavimus.
- 1.5. 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.
- 1.6. Apskaičiuokite per plokštelę praėjusios jonizuojančios spinduliuotės sukeltamų impulsų skaičių  $N_i$  kaip

$$N_i = N' - N_0'$$

- 1.7. Matavimus pakartokite 7 – 10 kartų, kiekvieną kartą didindami medžiagos storį 5 - 10 mm. Matavimo rezultatus surašykite 1 lentelėje.



1 lentelė. Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybė nuo tiriamosios medžiagos storio.

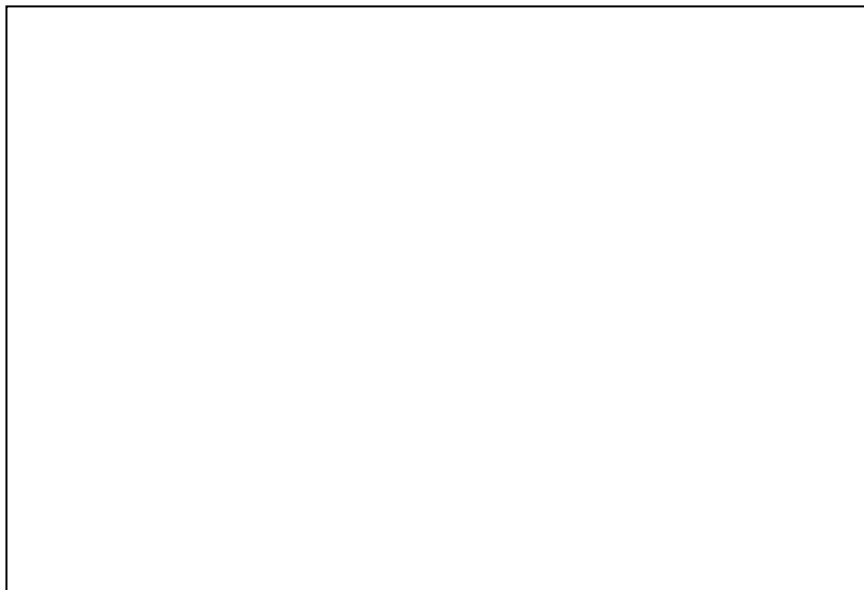
Bandymo numeris	Medžiagos storis $x$ , cm	Bendras gamtinio fono ir jonizuojančios spinduliuotės šaltinio sukeltas impulsų skaičius $N'$	Jonizuojančios spinduliuotės impulsų skaičius $N_i$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			



**Paklaidų įvertinimas:** Užrašykite medžiagos storio tiesioginių matavimų paklaidą  $\Delta x = . . .$

2. **Gaukite jonizuojančios spinduliuotės impulsų skaičiaus priklausomybės nuo medžiagos storio grafiką.**

- 2.1. Atsidarykite naują langą duomenims surašyti, paspaudę mygtuką 
- 2.2. Nuspauskite mygtuką *Priemonės*, tuomet eikite į skiltį *Pridėti stulpelį* → *Įterpti stulpelį* rankiniu būdu.
- 2.3. Atsidariusio lango viršutiniame stulpelyje įrašykite *Storis*, o apatiniame stulpelyje - *cm*. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.
- 2.4. Dar kartą pakartokite 2 ir 3 punktus. Atsidariusio lango viršutiniame stulpelyje įrašykite *Impulsų skaičius*. Nuspauskite mygtuką *Gerai*.
- 2.5. Sukurtos lentelės pirmame stulpelyje surašykite išmatuotus medžiagos storius, o antrame stulpelyje – jonizuojančios spinduliuotės impulsų vertes.
- 2.6. Nuspauskite grafiko redagavimo mygtuką .
- 2.7. Atsidariusiame lange pasirinkite *X ašis* → *Redaguoti duomenys* → *Storis*.
- 2.8. Pasirinkite *Linijos* → *Redaguoti duomenys* → *Storis*.
- 2.9. Nuimkite pažymėjimą nuo *Automatiškai*, pasirinkti intervalo ribas nuo 0 iki 7.
- 2.10. Spauskite mygtuką *OK*.
- 2.11. Gaukite jonizuojančios spinduliuotės impulsų skaičiaus priklausomybės nuo medžiagos storio grafiką (1 A pav.)



**1A pav.** Jonizuojančios spinduliuotės priklausomybės nuo medžiagos storio grafikas.

**Išvados:**

- padarykite išvadą apie tai, kokių šaltinių skleidžiamą spinduliuotę fiksuoja Geigerio ir Miulerio skaitiklis  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie tai, kaip reikia įvertinti spinduliuotės šaltinio skleidžiamą spinduliuotę

- .....
- .....
- padarykite išvadą apie jonizuojančios spinduliuotės intensyvumo priklausomybę nuo spinduliuotę sulaikančios medžiagos storio
- .....
- .....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Nusakykite kaip yra skirstoma jonizuojanti spinduliuotė. 2. Kuri jonizuojanti spinduliuotė yra skvarbiausia? 3. Kaip galima sumažinti spinduliuotės intensyvumą? 4. Kokiais prietaisais galima išmatuoti jonizuojančios spinduliuotės intensyvumą?	

### 3 TARPDALYKINIO TURINIO LABORATORINIAI DARBAI

#### 3.1 BAKTERIJŲ BUVIMO NUSTATYMAS PAGAL JŲ GAMINAMŲ PORFIRINŲ SUGERTIES SPEKTRUS

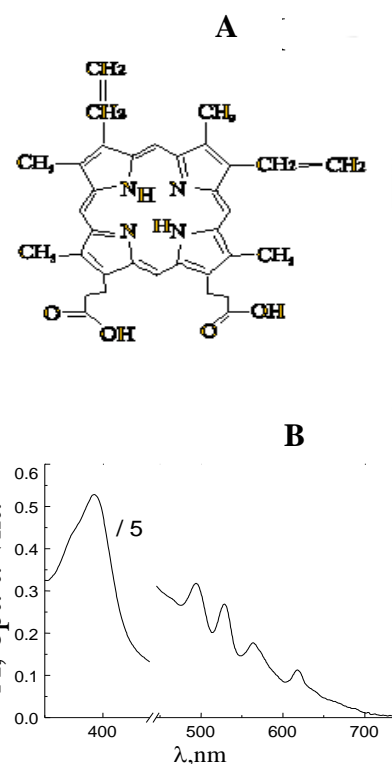
Porfirinai priklauso heterociklinių aromatinių junginių klasei. Porfirino molekulės pagrindą sudaro keturi pirolo žiedai, sudaryti iš keturių anglies ir vieno azoto atomo, ir tarpusavyje sujungti metino tilteliais. Pavyzdžiui, kraujo hemo prekursoriaus protoporfirino IX molekulę sudaro tetrapirolinis žiedas, prie kurio šonų prisijungę  $C_2H_3$  (vinilo),  $CH_3$  (metilo),  $(CH_2)_2COOH$  (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 nevysiškai skaidria medžiaga, dalis šviesos yra sugerama, todėl mažėja jos intensyvumas ir keičiasi spektrinė sudėtis. Šviesos intensyvumas rodo šviesos šaltinio skleidžiamą galią į tam tikrą ploto vienetą, o jo matavimo vienetą yra kandela (cd). 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 kokius atomus ir molekules sudaro medžiagą, kokius procesus vyksta medžiagoje. Toks tyrimo metodas vadinamas *optine spektroskopija*.



**1 pav.** Protoporfirino IX struktūrinė formulė (A) bei sugerties spektras (B) ( $C = 1,16 \cdot 10^{-5}$  mol/l,  $l = 10$  mm tirpinta etanolyje).

Pagrindinį šviesos sugertį aprašantį dėsnį 1729 m. eksperimentiškai nustatė prancūzų mokslininkas P. Būgeras, o teoriškai 1760 m. pagrindė vokiečių mokslininkas J. Lambertas. 1852 m. A. Beras pastebėjo, kad silpnųjų elektrolitų tirpalų monochromatinės šviesos sugerties koeficientas yra tiesiog proporcingas tirpalo koncentracijai. Taip buvo gautas jungtinis Bugero, Lamberto ir Bero dėsnis:

$$I = I_0 e^{-k_\lambda \cdot c \cdot l} \quad (1)$$

čia  $I$  yra praėjusios 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:

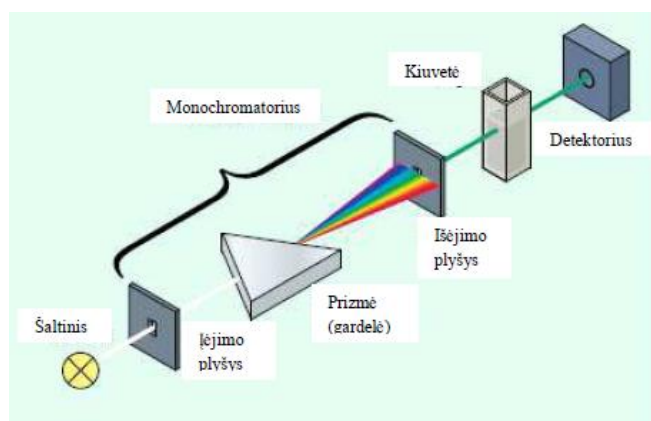
$$\lg \frac{I}{I_0} = -\lg T = \varepsilon \cdot c \cdot l = A \quad (2)$$

čia  $\varepsilon$  - molinis sugerties koeficientas [ $l / (\text{mol} \cdot \text{cm})$ ] arba [ $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ].

Galutinė lygtis, naudojama optiniam tankiui  $A$  skaičiuoti, yra ši:

$$A = \varepsilon c l \quad (3)$$

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.

Spektrometrijoje prietaisu matuojamas dydis yra santykis šviesos intensyvumo  $I$ , praėjusio per kiuvetę su tiriamuoju tirpalu, ir šviesos intensyvumo  $I_0$ , praėjusio per tokia pat kiuvetę su tirpikliu. Įprasta, kad prietaisas perskaičiuoja gautą vertę, pateikdamas rezultatą 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:

$$A_{1+2} = A_1 + A_2 \quad (4)$$

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kaip nustatyti, ar yra bakterijų ant odos paviršiaus ir kiek.

### Ekspimento 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.

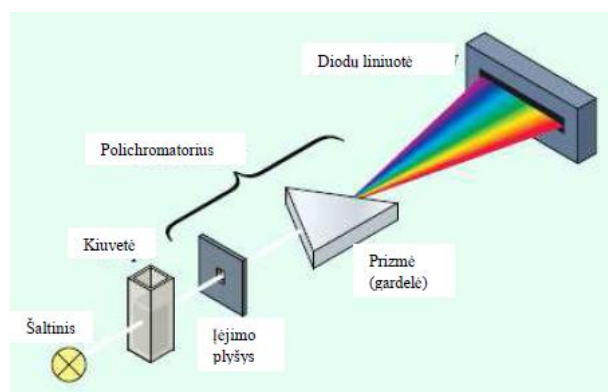
## Ekspimento priemonės ir reagentai:

- 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 vandeniu.
3. Paruošti darbui spektrometrą.
4. Išmokti dirbti su spektrometru, užregistruoti sugerties spektrus.



3 pav. Spektrometro su diodų liniuote optinė schema

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

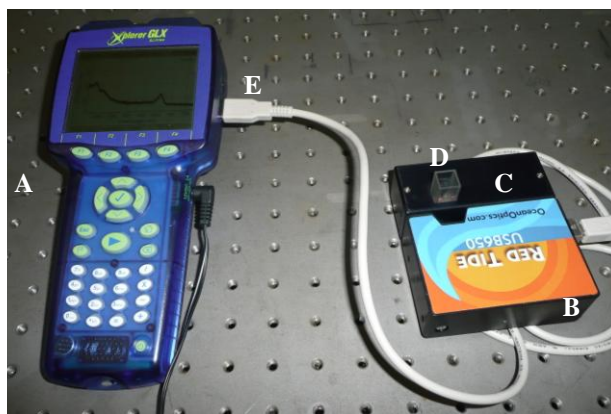
### 1.2. Druskos tirpalų gamyba.

- 1.2.1. Pasverkite 5 g druskos.
- 1.2.2. Druską supilkite į 100 ml talpos stiklinę.
- 1.2.3. Matavimo cilindru pamatuokite 95 ml distiliuoto vandens ir įpilkite į stiklinę su druska.
- 1.2.4. Stikline lazdele išmaišykite stiklinės turinį.
- 1.2.5. Tokiu pat eiliškumu pagaminkite ir kitus  $10 \%$ ,  $15 \%$  ir  $20 \%$  druskos tirpalus.
- 1.3. Tiriamąją kiaulės odos dalį supjaustykite į septynis vienodo dydžio ( $\sim 3 \times 3$  cm) mėginius.
- 1.4. 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- tają stiklines – atitinkamai po 50 ml  $5 \%$ ,  $10 \%$ ,  $15 \%$  ir  $20 \%$  NaCl tirpalus. Pažymėkite/sunumeruokite stiklines.
- 1.5. 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.
- 1.6. Odos mėginius 24 – 48 val. laikykite kambaryje,  $20 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūroje.
- 1.7. Jei mėginiai neskaidrūs, juos nufiltruokite. Filtravimui paruošiama kita stiklinė, į kurią įstatomas piltuvėlis su filtriniu 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 licencijos darbui su Ocean Optics spektrometru. Įdiegus licenziją, jos įdieginėti 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 “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?*).



4 pav. Spektrometro instaliavimo langas

Sutikdami spauskite **F1**. Ekrane atsiranda žinutė: “Sėkmingai įdiegta licenzija” (*Successfully added license for Ocean Optics Spectrometer*). Dar kartą paspauskite **F1**.

Prijungus spektrometrą, įsižiebia šviesos šaltinis ir atsiranda instaliavimo langas (*Ocean Optics Initializing...*) (5 pav.). GLX spektrometrą atpažįsta automatiškai. Po kelių sekundžių spektrometras paruoštas darbui.

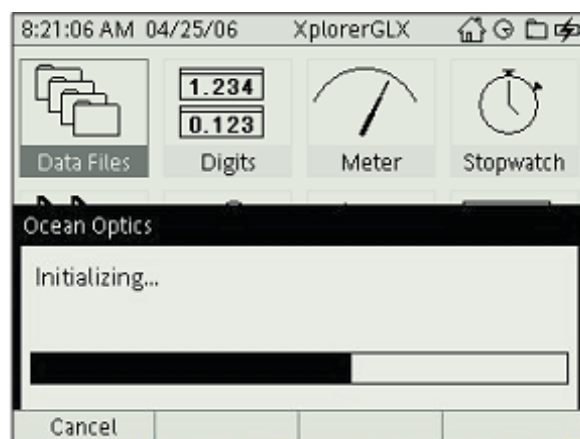
2.3. GLX ekrane atsiranda spektrometro “Nustatymai” (*Analysis Configuration*) režimas (6 pav.).

2.4. Paspauskite varnelę (☑) kai pažymėta “Integravimo laikas” (*Integaration time*) ir nustatykite 15 ms. Paspaudus varnelę dar kartą, reikšmė užfiksuojama.

2.5. Paspauskite varnelę kai pažymėta “Vidurkis” (*Average*) ir nustatykite 5.

2.6. Rodykle į dešinę (⤵) nueikite į “Lempa” (*Lamp*).

2.7. Varnelės pagalba nustatykite, kad pirmose dviejose eilutėse parodytos lempos būtų įjungtos (ON).



5 pav. Spektrometro *Analysis Configuration* režimas.

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 etanoliumi. Kiuvetę reikia dėti taip, kad skaidri sienelė būtų atkreipta į lempą (Pav. 7).

2.11. 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.

2.12. Paspauskite F2, “Išsaugoti atraminį signalą” (*Save ref*) (Pav. 6).

2.13. Paspauskite F4, “Uždaryti” (*Close*) ir uždarysite langą.

2.14. Mygtukais F1 ir F2 sukalibravote spektroskopą. Jei matavimų metu signalo nėra ar iškilo kita problema,

spauskite **F3** ”Išvalyti” (*Clear Scan*), kad viską išvalytumėte. Kalibruokite iš naujo. Darbo metu norėdami dar kartą patekti į spektrometro Nustatymus (*Analysis Configuration*) režimą:

Spauskite **F1**, atsiras „Grafinio atvaizdavimo“ langas.

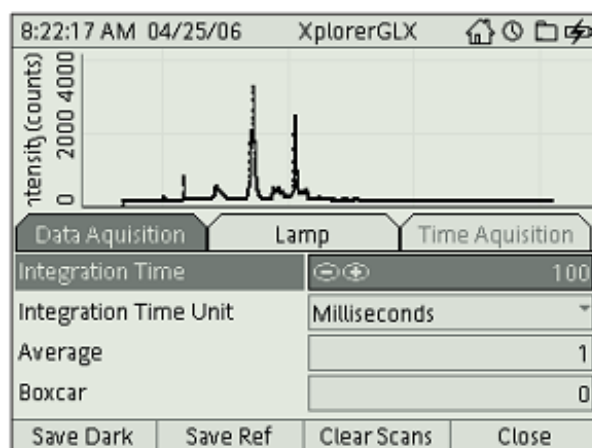
Spauskite **F3** ir atidarykite “Įrankius” (*Tools*).

Naudodami rodyklinius klavišus eikite žemyn ir pasirinkite “Spektro analizės konfigūracija” (*Spectrum Analysis Config*) ir spauskite varnelę ✓.

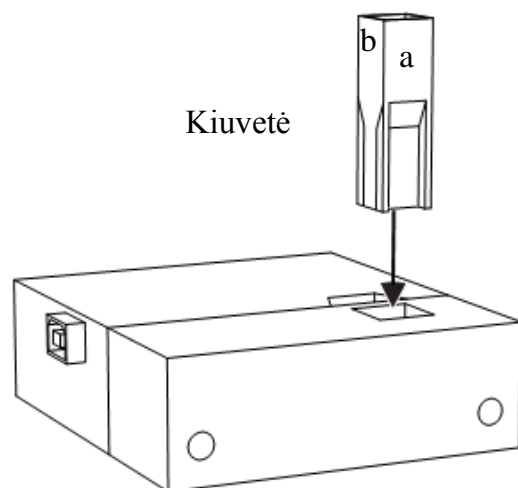
### 3. Mėginių spektro matavimas

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 rodyklį pagalba nustatykite, kad Y-ašyje rodytų pralaidumą (*Transmission*)








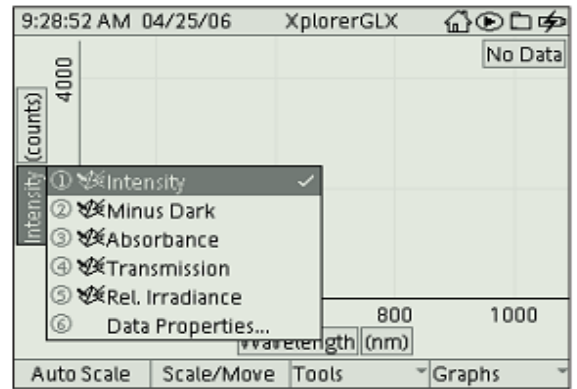
6 pav. Spektrometro „Nustatymai“ (*Analysis Configuration*) režimas.



7 pav. Kiuvetės padėtis spektrometre.



- 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*). Rodyklių  pagalba 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).



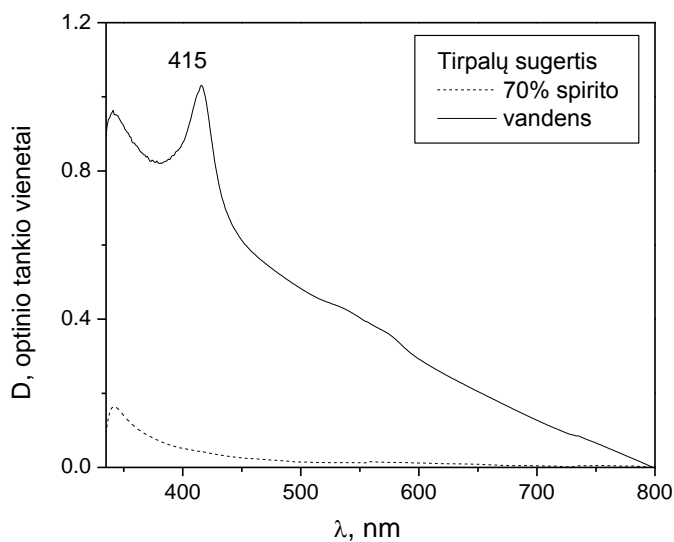
8 pav. Matavimų režimo grafinis langas.

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.	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%				

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.



10 pav. Tirpalų, gautų po odos mėginio inkubacijos etanolyje ir distiliuotame vandenyje, sugerties spektrai.

Laboratorinio darbo  
**BAKTERIJŲ BUVIMO NUSTATYMAS PAGAL JŲ GAMINAMŲ  
PORFIRINŲ SUGERTIES SPEKTRUS**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Hipotezė*

Manau, kad .....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė**

- 1.1. Pagal pateiktą pavyzdį aprašykite išmatuotus spektrus. Koks bangos ilgis charakteringas porfirinams?
- 1.2. Užpildykite 2 lentelę.
- 1.3. Nustatykite, kurioje mėginio terpėje endogeninių porfirinų koncentracija buvo didžiausia.
- 1.4. Odą, kurioje užaugo bakterijos, inkubuokite dezinfekcinėse priemonėse ir pamatuokite, ar mažėja porfirinų koncentracija odos mėginio terpėje.

**Išvados:**

- Kurie odos valikliai / kosmetinės priemonės yra tinkami apsaugai nuo bakterinio uždegimo?  
.....
- Per kiek laiko užauga bakterijos, gaminančios porfirinus?  
.....
- Ar greitai žūsta bakterijos, odą valant dezinfekcinėmis priemonėmis?  
.....
- Koks bangos ilgis rodo porfirinų buvimą?  
.....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI**

Klausimai	Atsakymai
1. Kur randami porfirinai? 2. Kokios yra spuogų atsiradimo priežastys? 3. Ar visų chromoforų, esančių žmogaus organizme, sugertį galima užregistruoti	

spektrometru?

4. Šviesos sugerties dėsnis. Paašškinkite Lamberto-Bugero-Bero dėsnį
5. Kiek kartų sumažėja per bandinį praėjusios monochromatinės šviesos intensyvumas, palyginti su krentančios šviesos intensyvumu, jei tirpalo optinis tankis  $A = 1$ ;  $A = 2$ ;  $A = 3$ ?

## 3.2 DUJŲ DIFUZIJA

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

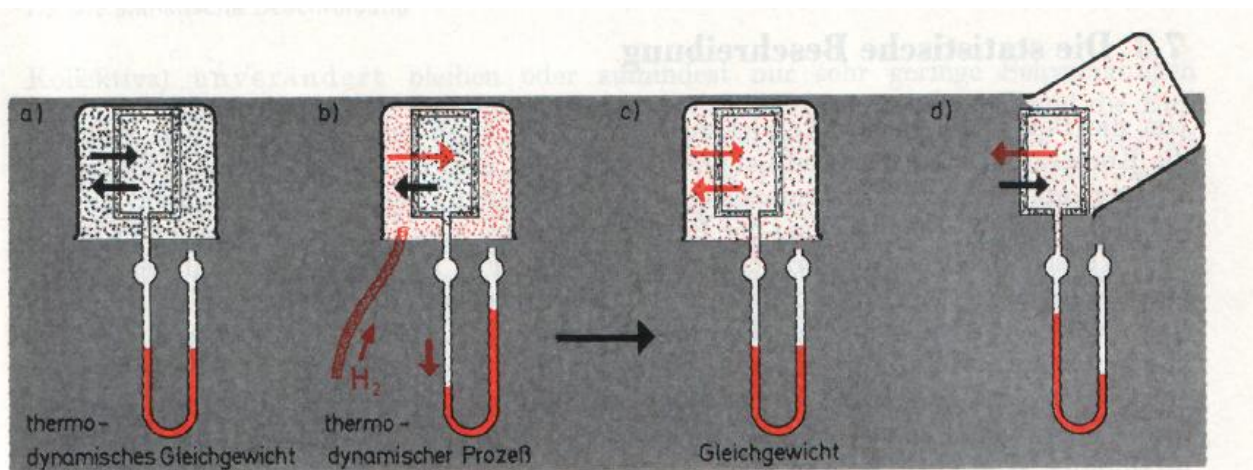
Difuzija – savaiminis medžiagų susimaišymas. Difuzija – vienas iš reiškinų, įrodančių, kad medžiaga sudaryta iš dalelių, kad jos be paliovos chaotiškai juda ir kad tarp jų yra tarpai. Difuzija vyksta dujose, skysčiuose ir kietuose kūnuose. Dujos neturi pastovios formos ir gana lengvai keičia tūrį, taip 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 pamokuokime ja 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), net 3,6 karto vandenilio yra didesnis. O kiek skiriasi vandenilio ir deguonies molekulių greičiai  $0^\circ C$  temperatūroje? 2,76 karto. (Deguonies molekulių vidutinis kvadratinis greitis  $0^\circ C$  temperatūroje 652,07 m/s). Orą sudarančių molekulių vidutinis kvadratinis greitis yra apie 600 m/s.

Ekspimentuodami mokiniai tirs skirtingo dydžio molekulių: vandenilio ( $H_2$ ) ir anglies dioksido ( $CO_2$ ) dujų difuziją per akytąją pertvarą.

1 paveiksle pavaizduotas vandenilio dujų difuzijos procesas per akytąją pertvarą. Akytasis indas apgaubtas stikline ir sujungtas su skysčio manometru.

Pradinis momentas: orą sudarančių dalelių difuzijos srautai pro akytąją pertvarą abiem kryptim yra vienodi (1 pav. a). Įleidus po gaubtu vandenilio ( $H_2$ ) dujų, šioje srityje pradiniu momentu padidėja dujų koncentracija. Vandenilio dujų molekulės, būdamos mažos, lyginant su kitomis, orą sudarančiomis molekulėmis, greičiau difunduoja pro korėtają 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 pav. b.). Po kiek laiko į akytąjį indą ir iš jo difunduojančių dujų srautai išsilygina (1 pav. c). Ištraukus indą iš po gaubto, stebimas staigus slėgio sumažėjimas akytojo indo viduje (1 pav. c). Kaip manote, kodėl? Tas paaiškinama analogiškai: vandenilio dujų molekulės, būdamos mažos, lyginant su kitomis, orą sudarančiomis molekulėmis, greičiau difunduoja pro 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.



**1 pav.** Vandenilio difuzija per korėtąją pertvarą:

- termodinaminė pusiausvyra
- įleidus po stikliniu gaubtu vandenilį, pusiausvyra sutrinka
- po kiek laiko pusiausvyra vėl nusistovi
- nuėmus nuo korėtojo indo stiklinį gaubtą, pusiausvyra vėl sutrinka

Atvirkščias slėgio kitimo procesas stebimas akytąjį indą įkišus į stiklinę su anglies dioksido ( $\text{CO}_2$ ) 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  $\text{CO}_2$  dujomis, slėgis staiga padidėja ir po kiek laiko, susilyginus difunduojantiems srautams, įgauna pradinę vertę (6 pav.).

## LABORATORINIO DARBO METODIKA

Eksperimentuodami tirsite skirtingo dydžio molekulių: vandenilio ( $\text{H}_2$ ) ir anglies dioksido ( $\text{CO}_2$ ) dujų difuziją per akytąją pertvarą.

Difuzijos greičio priklausomybę nuo molekulių dydžio įvertinsite pagal slėgio pokyčius akytojo indo viduje. Slėgio pokyčius matuosite slėgio jutikliu, sujungtu su GLX. Gavę slėgio kitimo akytojo indo viduje grafikus, juos analizuosite ir padarysite išvadas. Vandenilio ir anglies dioksido dujas turėsite pasigaminti patys.

## EKSPERIMENTAS

### *Tyrimo problema*

Pagal ką 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.**

## Eksperto priemonės ir medžiagos:

- GLX ar kita duomenų surinkimo, kaupimo ir vaizdinimo sistema;
- Slėgio-Temperatūros arba kitas slėgio jutiklis;
- Akytasis/korėtasis indas;
- Vamzdelis su greito prijungimo-atjungimo antgaliu (paveiksle baltas ant skaidraus vamzdelio);
- Kipo aparatas (laboratorinis);
- Stovas su reikmenimis;
- 1M druskos rūgšties tirpalas.
- Cinko granulės;
- Mėgintuvėlis;
- Degtukai;
- Švari, sausa cheminė stiklinė akytajam indui apgaubti;
- Aukšta stiklinė (g.b. plastiko) indas;
- Kreidos ar marmuro gabaliukai;
- Akiniai, guminės pirštinės, muilas, padėklai, šluostės.



2 pav. Eksperto priemonės ir medžiagos.



3 pav. Laboratorinis Kipo aparatas. Cinkas reaguoja su druskos rūgštimi.

## Darbo eiga:

*I- oji eksperimento dalis: Vandenilio ( $H_2$ ) difuzija per akytąją pertvarą.*

### 1. Priemonių parengimas darbui:

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 0.1M druskos rūgšties tirpalą:
  - 1.4.1. 0,1M 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.** Ką jautėte skiesdami rūgštį? . . . . .  
Rūgšties jungimosi su vandeniu reakcija endoterminė ar egzoterminė?

**Kl.2.** Užspaudę Kipo aparato žarnelės spaustuką, matote, kad druskos rūgšties tirpalas kyla į viršų. Paaiškinkite, kodėl? . . . . .

**Kl.3.** Kaip surinksite ir kaip patikrinsite reakcijos metu susidariusį vandenilį? . . . . .  
. . . . .

- 1.6. Vėl užspauskite žarnelės spaustuką. Kol vyks reakcija ir gaminsis vandenilis, prie GLX'o prijunkite slėgio jutiklį. Akytąjį/Korėtąjį indą greito sujungimo-atjungimo žarnele sujunkite su slėgio jutikliu. GLX'o grafiniame displejuje atsiras koordinacių ašys slėgio-laiko grafikui nubrėžti.
- 1.7. Akytąjį/Korėtąjį indą apgaubkite apversta chemine stikline ir po gaubtu įkiškite Kipo aparato žarnelę (4 pav.a. ).



**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 atkeliauja vandenilis.

## 2. *Matavimų procedūros:*

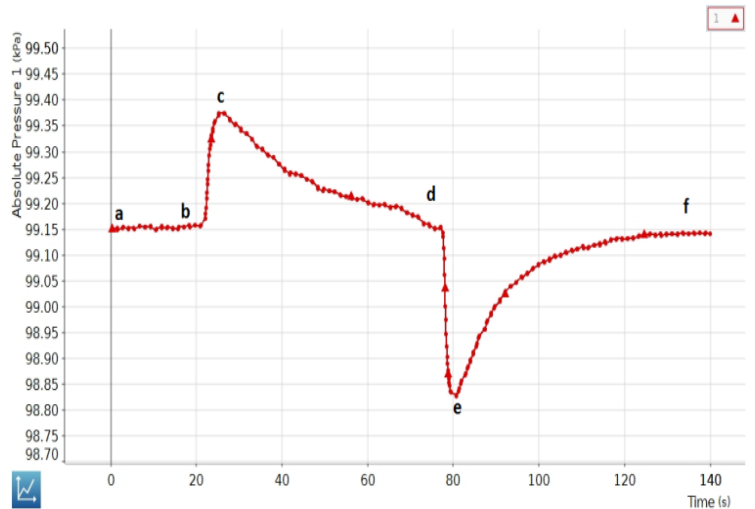
- 2.1. Spustelkite GLX'o START mygtuką ir pradėkite matavimą.
- 2.2. Po kelių sekundžių atleiskite juodos žarnelės spaustuką, suleiskite vandenilį po gaubtu.
- 2.3. Stebėkite besibrėžiantį grafiką. Kai slėgis daugiau nebekis, nuimkite gaubtą, toliau tebetęskite matavimą.
- 2.4. Stebėkite besibrėžiantį grafiką. Kai slėgis nustos kitęs, spustelkite STOP ir baikite matavimą.
- 2.5. GLX'o ekrane matysite grafiką, kaip 4 pav.c.
- 2.6. Spaustuku vėl užspauskite Kipo aparato juodąją žarnelę.





**4 pav.b.** Išleidus vandenilį, rūgštis vėl apsemia cinką ir Kipo aparate vėl prasideda audringa reakcija.

Stiklinis gaubtas nukeltas nuo korėtojo indo. GLX'as baigia brėžti proceso grafiką (4 pav. a).



**4 pav.c.** 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 įleidus vandens 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.

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

Gaukite slėgio kitimo akytojo/korėtojo indo viduje grafiką, *įterpkite jį ataskaitos lape nurodytoje vietoje (1A. pav.) ir, remdamiesi difuzijos reiškiniu, paaiškinkite slėgio kitimą korėtojo indo viduje priežastis viso proceso metu.*

#### **II oji eksperimento dalis: Anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) difuzija per akytąją pertvarą.**

##### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

###### 1.1. Pasirengimas gauti anglies dioksidą:

1.1.1. Į cheminę stiklinę įmeskite kelis gabaliukus kreidos (CaCO<sub>3</sub>). (5 pav.a.).

1.1.2. Užpilkite nedideliu kiekiu paruošto druskos rūgšties tirpalo (5 pav.b.).

Anglies dioksido dujų galite pasigaminti ant valgomosios sodos užpylę 9% acto.



**5 pav. a.** Akytasis indas kabo ore. Į stiklinę primesta kreidos gabalėlių.



**5 pav. b.** Ant kreidos gabalėlių užpilis druskos rūgštis, vyksta reakcija, kurios metu gaminasi anglies dioksidas ( $\text{CO}_2$ ). Akytąjį indą į stiklinę įleiskite taip, kad jo dugnas nelieštų putų.

**Kl. 4.** Kur gamtoje sutinkamas kalcio karbonatas? .....

Kas vyksta, kai rūgštūs lietūs 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 atvira inde? .....

Kodėl? .....

## 2. *Matavimų procedūros*

*Pastaba.* Slėgio jutiklis lieka prijungtas prie GLX ir sujungtas su akytuoju indu.

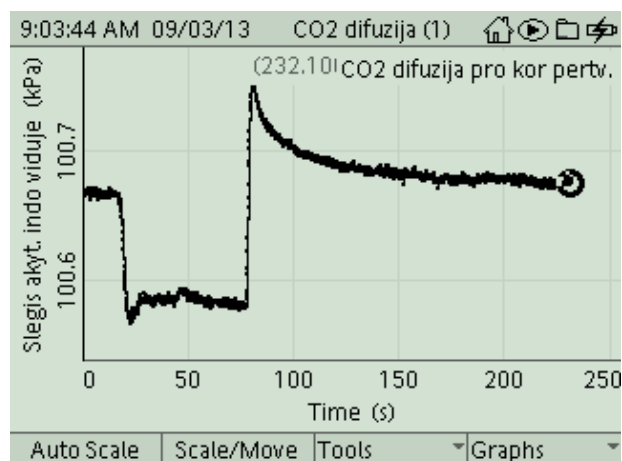
- 2.1. Spustelkite GLX'o START mygtuką ir pradėkite matavimą.
- 2.2. Po kelių sekundžių akytąjį indą įleiskite į stiklinę su  $\text{CO}_2$  taip, kad jo dugnas nelieštų putų. Stebėkite besibrėžiantį grafiką.
- 2.3. Kai slėgis daugiau bebekis, ištraukite akytąjį/korėtajį indą iš stiklinės ir toliau tęskite matavimą. Stebėkite besibrėžiantį grafiką.
- 2.4. Kai slėgis vėl nustos kitęs, spustelkite STOP ir baikite matavimą. GL X'o ekrane matysite grafiką, kaip (6 pav.)

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

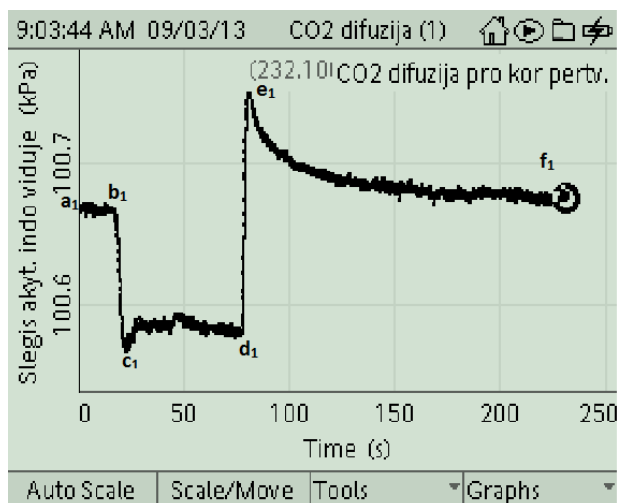
3.1. Gaukite slėgio kitimo akytojo/korėtojo indo viduje grafiką, *įterpkite jį ataskaitos lape nurodytoje vietoje (2A. pav.)*. Grafike pažymėkite charakteringus proceso etapus, juos įvardinkite ir, remdamiesi difuzijos reiškiniu, paaiškinkite slėgio kitimų korėtojo indo viduje priežastis:

- 3.1.1. a<sub>1</sub>-b<sub>1</sub>) akytasis indas – ore;
- 3.1.2. b<sub>1</sub>-c<sub>1</sub>) akytąjį indą įleidus į stiklinę su CO<sub>2</sub> dujomis. Slėgis korėtojo indo viduje staiga sumažėja;
- 3.1.3. c<sub>1</sub>-d<sub>1</sub>) bėgant laikui slėgis pamažu nustoja kilti;
- 3.1.4. d<sub>1</sub>-e<sub>1</sub>) akytąjį indą ištraukus iš stiklinės su CO<sub>2</sub> dujomis. Slėgis korėtojo indo viduje staiga padidėja;
- 3.1.5. e<sub>1</sub>-f<sub>1</sub>) bėgant laikui slėgis akytojo indo viduje pamažu grįžta prie pradinės vertės.

3.2. Užpildykite laboratorinio darbo ataskaitos lapą, padarykite išvadas ir atsakykite į klausimus.



**6 pav.** Ištraukus korėtąjį indą iš stiklinės su CO<sub>2</sub>, GLX ekrane stebimas toks slėgio kitimo akytojo indo viduje grafikas.



**7 pav.** Grafike matomi charakteringi CO<sub>2</sub> dujų difuzijos per akytąją / korėtąją pertvarą etapai. Tyrimo proceso pabaigoje slėgis korėtojo indo viduje artėja prie pradinio slėgio.

Laboratorinio darbo  
**DUJŲ DIFUZIJA**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

**I- oji eksperimento dalis: Vandenilio ( $H_2$ ) difuzija per akytąją pertvarą.**

*Hipotezė*

Manau, kad. ....  
.....

1. Šioje vietoje įterpkite slėgio kitimo akytojo/korėtojo indo viduje grafiką (1A. pav.). (Vandenilio ( $H_2$ )difuzija).



**1A. pav.** slėgio kitimo akytojo/korėtojo indo viduje grafikas (Vandenilio ( $H_2$ )difuzija).

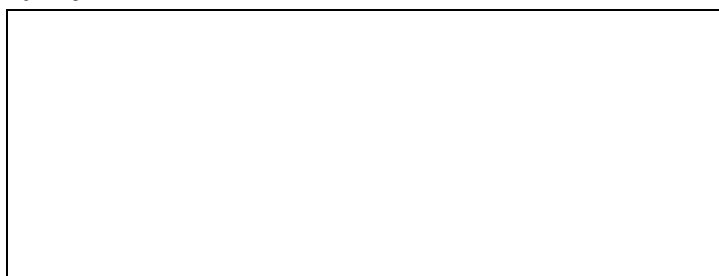
- Grafike pažymėkite charakteringus proceso etapus, juos įvardinkite ir,remdamiesi difuzijos reiškiniu, paaiškinkite slėgio kitimų korėtojo indo viduje priežastis:

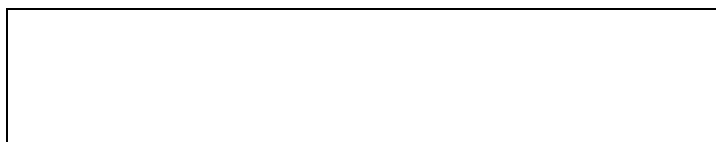
.....  
.....

**II oji eksperimento dalis: Anglies dioksido ( $CO_2$ ) difuzija per akytąją pertvarą.**

Tikrinama prielaida, kad, .....  
.....

2. Šioje vietoje įterpkite slėgio kitimo akytojo/korėtojo indo viduje grafiką (2A. pav.). (Anglies dioksido ( $CO_2$ )difuzija).





2A. pav. slėgio kitimo akytojo/korėtojo indo viduje grafikas (Anglies dioksido (CO<sub>2</sub>)difuzija).

2.1. Grafike pažymėkite charakteringus proceso etapus, juos įvardinkite ir,remdamiesi difuzijos reiškiniu, paaiškinkite slėgio kitimų korėtojo indo viduje priežastis:

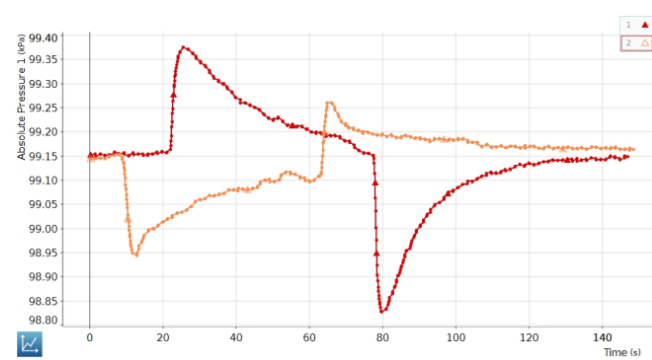
.....  
.....  
.....

## IŠVADOS

- Padarykite išvadą apie tai, ar jūsų atliktas tyrimas patvirtino ar atmetė jūsų padarytą prielaidą /Hipotezę/ .....

.....  
.....  
.....

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Ką vadiname dujų difuzija? 2. Kokie požymiai šiame eksperimente rodo, kad įvyko dujų difuzija? 3. Užrašykite cinko reakcijos su druskos rūgštimi lygtį 4. Užrašykite kalcio karbonato reakcijos su druskos rūgštimi lygtį	
5. Kuo paaiškinama tai, kad įleidus vandenilio po gaubtu, slėgis korėtojo indo viduje padidėjo, o įleidus anglies dioksido – sumažėjo?	
6. Vienas grafikas rodo lengvesnių už pagrindinių orą sudarančių dalelių, difuziją per akytąją pertvarą, antrasis – sunkesnių. Kuris grafikas kurių dalelių difuziją aprašo? 	

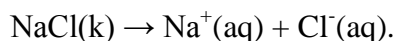
<b>8 pav.</b>	
7. Remdamiesi atlikto tyrimo rezultatais ir jų analize, paaiškinkite 7.19* uždavinio sprendimą (S.Jakutis ir kt., Fizikos uždavinynas VII-X klasei, Kaunas, "Šviesa" 2000, p. 76.)	
8. Paaiškinkite, kaip kvėpuojant, kraujas aprūpinamas deguonimi.	
9. Kuo panašus ir kuo skiriasi jūsų eksperimente tirtas difuzijos reiškinys nuo organizmo aprūpinimo deguonimi?	

### 3.3 DIRVOŽEMIO ELEKTRINIO LAIDŽIO TYRIMAS

#### 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 laidis apsprendžiamas 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 įkrautų jonų) buvimą.

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 kūnų 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. Problemos 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, geriamo vandens tiekime.

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* ( $\text{mS/cm}$ ).

#### EKSPERIMENTAS

##### *Tyrimo problema*

Kaip, matuojant mėginių laidį, nustatyti, ar skirtingo dirvožemio vanduo yra skirtingai laidus elektrai.

##### *Eksperimento tikslas*

Nustatyti, kaip skirtingo dirvožemio vanduo yra laidus elektrai.

#### Ekspperimento 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:

- Paspusti mygtuką – *Home Screen* – 
- Paspusti mygtuką –  ir atidaryti *Data Files* ekraną.
- Paspusti mygtuką , atsidaro *Files menu* ir spausti  atidaryti *New Files*.
- Norint ankstesnius duomenis išsaugoti spausti , nenorint išsaugoti - , jei norima ištrinti - .

### 1. Priemonių parengimas darbui:

- 1.1. Paruoškite tiriamojo dirvožemio mėginį:
  - 1.1.1. pasverkite 20 g sauso dirvožemio ir suberkite į 250 ml stiklinę;
  - 1.1.2. cilindro pagalba į stiklinę įpilkite 80 ml distiliuoto vandens;
  - 1.1.3. stikline lazdele gerai išmaišykite ir palikite nusistovėti apie dvi minutes;
  - 1.1.4. popieriniu filtru 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. Rezultatų palyginimui įdėkite laidžio jutiklį į stiklinę su distiliuotu vandeniu ir išmatuokite distiliuoto vandens elektrinį laidį.

Laboratorinio darbo  
**DIRVOŽEMIO ELEKTRINIO LAIDŽIO TYRIMAS**  
Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Hipotezė*

Manau, kad skirtingo dirvožemio vanduo yra .....

1. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė:*

- 1.1. Įterpkite gautus distiliuoto vandens ir ekologiškos žemės elektrinio laidžio grafikus (1A pav.).
- 1.2. Įterpkite gautus kambarinės gėlės ir ekologiškos žemės elektrinio laidžio grafikus (2A pav.).



**1A pav.** Distiliuoto vandens ir ekologiškos žemės elektrinis laidis



**2A pav.** Kambarinės gėlės ir ekologiškos žemės elektrinis laidis

1.3. Iš grafiko nustatykite kiekvieno bandinio elektrinį laidį.

1.4. Palyginkite gautus rezultatus ir padarykite atitinkamas išvadas.

#### **Išvados**

- padarykite išvadą apie tai, kurio iš trijų mėginių laidis yra didžiausias, kurio - mažiausias  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie tai, kokios priežastys gali lemti skirtingą dirvožemio elektrinį laidį  
.....  
.....
- padarykite išvadą apie tai, kaip pakistų tirpalo elektrinis laidis, į tą patį kiekį vandens įdėjus daugiau tiriamo dirvožemio, kodėl?  
.....  
.....

#### **KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

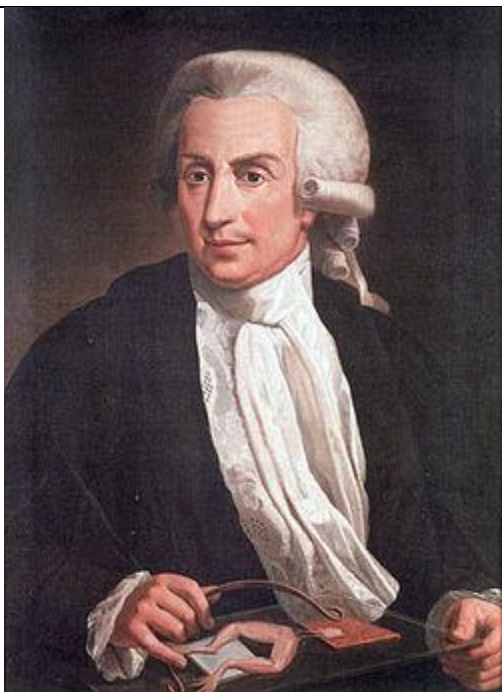
Klausimai	Atsakymai
1. Kas yra elektrinis laidis? 2. Kas apsprendžia tirpalo laidį? 3. Kuo matuojamas tirpalų savitasis elektrinis laidis?	

### 3.4 ENERGIJA IŠ VAISIŲ IR DARŽOVIŲ

#### 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 skytis-kietas kūnas, elektronai ar įelektrinti jonai kaupiasi ant elektrodų. Vyksta cheminių ryšių energijos, sukauptos šių medžiagų sintezės metu, virsmas į perskirstytą krūvių energiją.

Cheminių srovės šaltinį sukūrė Italų mokslininkas Aleksandras Volta (2 pav.) išvystęs Galvanio (1 pav.) idėjas. Pastarasis pastebėjo, kad tarp poros skirtingų metalų, įsmeigtų į varlės raumeninį audinį, vyksta iškrova.



**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 priglaidavo du skirtingus metalus. Įelektrintų raumenų judėjimą Galvanis pavadino gyvūnų elektra.

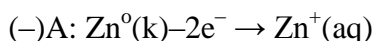
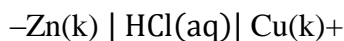


**2 pav. Aleksandras Volta (1745—1827)** žymus italų fizikas. Jis sukūrė praktiniam naudojimui tinkamus elektros srovės šaltinius. A. Voltos išrastas elektros srovės šaltinis įgalino pradėti tirti elektros srovę bei jos sukeliamus reiškinius, kas buvo susiję su visa grandine svarbių atradimų.

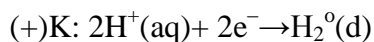
Skirtingai negu L.Galvanio, A.Volta, pakartojęs kai kuriuos L.Galvanio eksperimentus, pastebėjo raumens susitraukimą, nesant išorinio elektros šaltinio. Taigi, anot A.Voltos, „metalai yra ne tik geri elektros laidininkai, bet ir jos judintojai“. Būtent jie lemia L.Galvanio stebėtą reiškinį. Alesandras *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 sudarysite ir tirsite 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:

$$E = \varphi_{katodo} - \varphi_{anodo}.$$

Betarpiskai 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, palyginus su išorinės grandinės varža, grandine teka silpna srovė, įtampos kryptis ant išorinės varžos labai mažas, ir atvirkščiai: jei išorinės grandinės varža labai didelė, tarkime voltmetro, palyginus 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.

Volto tipo galvaniniai elementai dar vadinami koroziniais galvaniniais elementais. Priklausomai nuo elektrolito terpės, Volto tipo galvaninis elementas gali būti:

- rūgštinis (pH < 7),
- šarminis (pH > 7) arba
- neutralus (pH ≈ 7).

Standartiniai metalų elektrodų potencialai vandenilio atžvilgiu, surašyti į eilę, vadinamą metalų įtampų eile. Ši eilė atitinka metalų išstūmimo arba metalų aktyvumo eilę. Kuo mažesnis (neigiamesnis) metalo elektrodo standartinis potencialas, tuo metalas aktyvesnis ir stipresnis reduktorius.

Apie metalų aktyvumą spręsite pagal jūsų pačių sukurto GE poros elektrovarą ir, palygindami juos su metalų aktyvumo eile, darysite išvadas.

## LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Šis laboratorinis darbas susideda iš trijų dalių.

*Pirmoji* dalis skirta sukurti volto tipo elektrocheminį elementą/galvaninį elementą (GE)/ ir išmatuoti jo kuriamą elektrovarą (E) priklausomai elektrodų poros medžiagų. Pasirinkę įvairių metalų elektrodams, GE sudarysite iš nurodytos koncentracijos druskos rūgšties tirpalo ir dviejų elektrodų. Vario elektrodas bus visose kuriamose elementuose. Jo atžvilgiu bus matuosite E. Turėsite nustatyti, kuris metalas reakcijos metu oksiduojasi, kuris –redukuojasi; kuris jūsų sukurto elektrocheminio elemento polius bus teigiamas, kuris –neigiamas; numatyti, kuria kryptimi išorine grandinė dalimi judės elektronai, o kuria –tekės elektros srovė. Kaip apie srovės tekėjimo išorine grandine kryptį galima spręsti pagal matuojamo prietaiso parodymus. Kokiais prietaisais matuojama E, kodėl ir kokie reikalavimai šioms prietaisams keliami. Pagrindinis šiuo eksperimento dalies

tikslas, nekeičiant elektrolito, išdėstyti metalų- elektrodų poras pagal kuriamos E dydį ir patikrinti hipotezę: kad kuo toliau metalų aktyvumo eilėje metalai randasi vienas nuo kito, tuo didesnę E jie sukuria. 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 sutinkami 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. Remdamiesi šio tyrimo pirmųjų dviejų dalių rezultatais kursite GE (bateriją), kuri tenkintų vartotojo reikalavimus: tarkime, reikia įsižiebtį kaitinimo lemputę arba šviesos diodą. Gavę jus netenkinantį rezultatą, koreguosite savo „gaminį“ atsižvelgdami į vartotojo charakteristikas ir jūsų sukurto (GE) ar baterijos charakteristikas: E ir vidaus varžą.

Šį tyrimą galite atlikti kaip projekcinį darbą. Pirmąją ir antrąją tyrimo dalį galite atlikti pasiskirstę grupelėmis po 3-5 mokinius. Šių dalių tyrimo rezultatus pristatykite ir aptarkite diskusijoje bei numatykite GE (baterijos), tinkamos vartojimui kūrimo strategiją, atsižvelgdami į turimas priemones ir medžiagas.

Darbas baigiamas pristatant geriausią galimą sprendimą ir išsiaiškinant galimus sunkumus ir kliūtis (jeigu tokie buvo) realizuojant užduotį, kelius, kurias kliūtys ir sunkumai buvo įveikti.

#### *Saugaus darbo taisyklės:*

- Mokiniai turi laikytis visų *bendrujų 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**

### ***Tyrimo problemos***

Kaip sukurti galvaninį elementą? Nuo ko priklauso GE kuriama elektrovara E? Kaip sukurti „geriausią“ vartotojo poreikus tenkinantį GE (bateriją)?

### ***Tyrimo hipotezė***

Du skirtingų metalų elektrodus įmerkus į elektrolitą galima sukurti galvaninį elementą. GE kuriama elektrovara E priklauso nuo elektrodų ir elektrolito prigimties. Parenkant GE elektrolitą, elektrodų poras bei jų paviršiaus plotą, galvaninius elementus jungiant į baterijas galima sukurti reikiamos elektrovaros GE baterijas (patenkinti vartotojo poreikus).

### ***Eksperimento tikslas***

Sukurti „geriausią“, vartotojo poreikus tenkinantį GE (bateriją) iš įvairių gautų medžiagų ir ją ištirti: išmatuoti kuriamą E, apskaičiuoti vidaus varžą, r. Bateriją išbandyti ir pademonstruoti jos veikimą.

**I – oji eksperimento dalis: Galvaninio elemento su vandeniniu druskos rūgšties tirpalu (HCl 1M) ir skirtingų metalų elektrodais sudarymas ir tyrimas.**

**1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Paruoškite vandeninį druskos rūgšties tirpalą - (HCl 1M)
- 1.2. Numatykite, su kokių metalų –elektrodų porom sudarinėsite GE. Vario elektrodas bus visuose jūsų kuriamuose GE. Jo atžvilgiu matuosite E.
- 1.3. E matuosite GLX'u su prijungtu prie jo įtampos jutikliu/zondu/.Įtampos jutiklį/zondą įjunkite į šoninį GLX įtampų lizdą. (Galite naudotis ir srovės-įtampos jutikliu. Jis jungiamas į viršutinį GLX lizdą.)
- 1.4. Pasirinkite duomenų vaizdavimo būdą: skaitmenimis, grafikais ar lentele (Šiame 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 sekančioje tavo lentelės eilutėje.
- 2.4. Kartokite veiksmus, aprašytus 3 punkte, kol įtampos visoms metalų poroms su variu bus rekoduotos.
- 2.5. Spustelkite STOP ir baikite rinkti duomenis. GLX ekrane pamatysi grafiką, panašų kaip 5 pav.a. .
- 2.6. Šį duomenų rinkinį, kuris bus rekoduojamas 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/išdžiovinkite.
- 2.8. Gautą grafiką įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lapo nurodytoje vietoje (IA. pav.).
- 2.9. Eksperimento rezultatų analizę atlikite kaip nurodyta laboratorinio darbo ataskaitos lape.



**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 / zonu, prijungtu prie GLX. Įtampos jutiklio / zondo raudonasis gnybtas prijungtas prie vario elektrodo, juodasis – prie cinko elektrodo. GLX skaitmeniniame ekrane matome šio elemento sukurtą  $E = 0,92V$

**II – oji eksperimento dalis: Tyrimas su vaisiais ir daržovėmis.**

Analogiškai tyrimui su HCl, atlik tyrimą su vaisiais ir daržovėmis. Matavimų duomenis gali vaizduoti skaitmeniniame ekrane. Matavimų rezultatus surašyk į antrąją lentelę laboratorinio darbo ataskaitos lape.

### **Tyrimas su citrina:**

#### **1. Priemonių parengimas darbui:**

- 1.1. Padėk citriną stabiliai ant stalo paviršiaus. Peiliu padaryk joje dvi įpjovas 2-3 cm atstumu vieną nuo kitos.
- 1.2. Į vieną įpjovą įsmeik vario plokštelę / strypelį, į kitą - cinko plokštelę/strypelį.
- 1.3. Atverk GLX grafinį ar skaitmeninį ekraną (pasirink, kuris tau patogesnis.)

#### **2. Matavimų procedūros**

- 2.1. Išmatuok  $E$  ir vertę įrašyk į antrąją lentelę ataskaitos lape.
- 2.2. Cinko elektrodą pakeisk kito metalo elektrodu, išmatuok  $E$  ir vertę įrašyk į antrąją lentelę ataskaitos lape ir t.t.
- 2.3. Citriną pakeisk kitais vaisiais ar daržovėmis ir baik pildyti antrąją lentelę ataskaitos lape. Padaryk išvadas ir atsakyk į klausimus pateiktus ataskaitos lape



**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.

**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 gauti šaltinį su didesne  $E$ ?
- Kaip priklauso baterijos vidaus varža nuo nuosekliai sujungtų GE skaičiaus?
- Kaip praktiškai palyginti įvairių galvaninių elementų vidaus varžas? Pagal ką galima spręsti, kad srovės šaltinių su ta pačia  $E$ , vidaus varžos skiriasi?

#### **1. Pasirengimas darbui:**

*Sudarykite veiksmų planą.*

- 1.1. Pasirinkite vartotoją: juo gali būti žemos įtampos kaitinimo lemputė, šviesos diodas, varikliukas ir kt. .
- 1.2. Apžiūrėkite užrašus ant pasirinkto vartotojo. 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, kas reiškia, kad .....
- 1.3. Numatykite, kokio srovės šaltinio reiktų, kad užsidegtų lemputė, ar sušvystų 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 pasirinktas srovės imtuvas.
- 1.7. Laboratorinio darbo ataskaitos lape aprašykite, kokį jūs pasirinkote vartotoją, kaip iš vaisių ir daržovių kūrėte galvaninių elementų bateriją ir kaip tikrinote jos veikimą.

Laboratorinio darbo  
**ENERGIJA IŠ VAISIŲ IR DARŽOVIŲ**  
Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

***I – oji eksperimento dalis: Galvaninio elemento su vandeniniu druskos rūgšties tirpalu (HCl 1M) ir skirtingų metalų elektrodais sudarymas ir tyrimas.***

*Hipotezė*

.....  
.....

1. Šioje vietoje įterpkite elektrovaros matavimo grafiką (1A. pav.).



**1A. pav.** elektrovaros matavimo grafikas

1.1. Išmaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) iš įrankių (*Tools*) meniu, atskaitykite elektrovaros vertes ir surašykite jas į 1 lentelę.

1 lentelė

Elektrodai	HCl 1M vandeninis tirpalas <i>E, V</i>
Cu su Cu	
Cu su Zn	
Cu su Fe	
Cu su Sn	

1.2. Surašykite metalus eilės tvarka, pradedant nuo didžiausios kuriamos įtampos iki mažiausios, baterijoje su HCl elektrolitu Jūs galite kurti GLX arba Excel lentelę ir joje atlikti rūšiavimą.

1.3. Padarykite išvadas apie tai:

- Ar du to paties metalo elektrodai įmerkti į elektrolitą sukūrė elektrovarą? .....
- Ar du skirtingų metalų elektrodai įmerkti į elektrolitą sukūrė elektrovarą? .....
- Kuri metalų- elektrodų pora jūsų tyrime su HCl sukūrė didžiausią elektrovarą? .....
- Kaip tai dera su metalų aktyvumo eile? .....
- Pagal metalų aktyvumo eilę nustatykite, kokia metalų pora galėtų sukurti didžiausią elektrovarą. Jei turi tokių metalų, atsakymą patikrink eksperimentuodamas. ....

**2. Papildoma užduotis**

Tyrimą atlikote su druskos rūgšties (HCl) vandeniniu tirpalu. Įrodėte, kad jis yra elektrolitas. Tyrimą pakartokite su 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 elektrovara? .....

**II – oji eksperimento dalis: Tyrimas su vaisiais ir daržovėmis.**

*Hipotezė*

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė**

- 1.1. Atverk matavimo duomenų seriją su *citrina*. 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).
- 1.2. Po to atverk matavimų serijas su pomidoru ir bulve ir išmatuok skirtingų metalų porų kuriamas E juose. Sukurk GLX ar Excel lentelę ir surašyk į ją matavimų duomenis.

2 lentelė.

	Elektrovara, V HCl 1M tirpalas	Elektrovara, V Citrina (pH=3,40-4,00)	Elektrovara, V Bulvė (pH=3,40-4,00)	Elektrovara, V Pomidoras (pH=4,10-4,60)	Elektrovara, V Kiti
Cu su Zn					
Cu su Sn					
Cu su Fe					

- 1.3. Surašyk metalus eilės tvarka, pradedant nuo didžiausios kuriamos įtampos iki mažiausios, citrinos baterijoje  
.....
- 1.4. Surašyk metalus eilės tvarka, pradedant nuo didžiausios kuriamos įtampos iki mažiausios, bulvės baterijoje  
.....
- 1.5. Surašyk metalus eilės tvarka, pradedant nuo didžiausios kuriamos įtampos iki mažiausios, pomidoro baterijoje.  
.....

## Išvados (II eksperimento dalies):

- Ar elektrocheminės baterijos, pagamintos iš HCl, citrinos, bulvės, pomidoro elektrolito tipas, įtakoja metalų aktyvumo eiliškumui?  
.....  
.....
- Kokie komponentai reikalingi galvaniniam elementui pagaminti?  
.....  
.....  
Kas buvo elektronų šaltinis tavo sukurtuose galvaniniuose elementuose? .....
- Padaryk išvadą apie tai, ar priklauso galvaninio elemento (GE) kuriama elektrovara, nuo elektrodų prigimties: .....
- Kuri tavo tirta elektrodų pora 1M HCl elektrolite sukūrė didžiausią elektrovarą? .....
- Kuri- mažiausią? .....
- Ar priklauso galvaninio elemento elektrovara nuo elektrolito prigimties? .....
- Padarykite išvadą apie tai, kas galvaniniame elemente labiau įtakoja kuriamos elektrovaros dydį: skirtingų metalų pora ar elektrolito prigimtis? .....

**III – oji eksperimento dalis: Sukurti geriausią, vartotojui tinkamą, galvaninį elementą. Išmatuoti jo elektrovarą ir vidinę varžą bei patikrinti jo veikimą.**

*Aprašykite:*

- Kokį pasirinkote vartotoją .....
- Kaip iš vaisių ir daržovių kūrėte galvaninių elementų bateriją. ....
- Kaip tikrinote jos veikimą .....
- Ar tenkino vartotojo poreikius jūsų sukurtas srovės šaltinis? .....
- Su kokiais sunkumais susidūrėte? .....
- Kaip pavyko juos įveikti? .....

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Kaip vadinamas elektrodas, prie kurio vyksta oksidacija?	

<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Kaip vadinamas elektrodas, prie kurio vyksta <i>redukcija</i>?</li> <li>3. <i>Cinkas (Zn)</i> ar <i>varis (Cu)</i> lengviau praranda elektronus? Kodėl?</li> <li>4. Užrašykite lygtį, pagal kurią metalinis cinkas atiduoda du elektronus ir keliauja į skystį.</li> <li>5. Užrašykite lygtį, pagal kurią metalinis varis nusėda ant vario katodo.</li> <li>6. Kokia kryptimi juda elektronai išorine grandine?</li> </ol>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>7. Kas reikalinga, kad sukurti Voltos tipo galvaninį elementą?</li> <li>8. Kaip apibūdinti procesą, kuris įvyksta cinko (Zn) ir vario (Cu) elektrodus panardinus į vandeninį druskos rūgšties (HCl) tirpalą?</li> <li>9. Kokie energijos virsmai vyksta prie galvaninio elemento prijungus vartotoją (pvz. lemputę)?</li> <li>10. Kokiais fizikiniais dydžiais charakterizuojamas cheminis srovės šaltinis?</li> <li>11. Kas apsprendžia galvaninio elemento kurią elektrovą?</li> <li>12. Ką parodo srovės šaltinio elektrovą ir kokiais vienetais ji matuojama?</li> <li>13. Kaip ir kuo galima išmatuoti elektros srovės šaltinio/galvaninio elemento elektrovą?</li> <li>14. Kaip, matuojant elektrovą, suprasti, kuris galvaninio elemento polius yra teigiamas, kuris – neigiamas?</li> <li>15. Kas t.y. oksidacijos reakcija?</li> <li>16. Kas t.y. –redukcijos reakcija?</li> <li>17. Prie kurio metalo:</li> <li>18. <math>-Zn(k)   HCl(aq)   Cu(k)+</math> galvaniniame elemente vyksta oksidacijos ir prie kurio – redukcijos reakcija? Užrašykite jas.</li> <li>19. Tyrimuose su vaisiais ir daržovėmis, ar visais atvejais cinko elektrodas buvo neigiamas, vario teigiamas?</li> <li>20. Ar jūsų tyrimai parodė, kad galvaninio elemento kuriama elektrovą priklauso nuo elektrolito prigimties? .....Atsakymą pagrįskite eksperimento duomenimis.</li> <li>21. Kaip mes suprantame, kas tai yra pH?</li> <li>22. Koks pH įvertinimo intervalas?</li> <li>23. Kokiam pH intervale terpė laikoma rūgščia, kokiam – šarminė? Koks pH laikomas</li> </ol>	

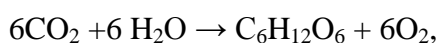
<p>neutralios terpės rodikliu?</p> <p>24. Ar tyrimai su vaisiais ir daržovėmis rodo ryšį tarp E ir pH?</p> <p>25. Kokia dar yra svarbi srovės šaltinio charakteristika be elektrovaros? .....</p> <p>26. Kaip, prijungus lemputę prie srovės šaltinio, galima spręsti apie to šaltinio vidaus varžą?</p> <p>27. Kas pakistų galvaniniame elemente: suartinus elektrodus? Paėmus tų pačių medžiagų didesnio paviršiaus ploto elektrodus? Didesnės koncentracijos elektrolitą? Giliau panardinus elektrodus?</p> <p>28. Ar pakistų įtampos kryptis ant išorinės grandinės dalies, (pvz. lempučių): suartinus elektrodus? Paėmus tų pačių medžiagų didesnio paviršiaus ploto elektrodus? Giliau panardinus elektrodus? Kas šiais atvejais pakinta galvaniniame elemente?</p> <p>29. Kas yra elektrolitas žalioje (nevirtoje) mėsoje?</p> <p>30. Dėl ko negalima valgyti vaisių ir daržovių, į kuriuos buvo įsmeigti cinko (Zn) elektrodai?</p>	
---	--

### 3.5 FOTOSINTEZĖ O<sub>2</sub> SLĖGIO MATAVIMO METODU

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Svarbiausios cheminės reakcijos vyksta žaliuose medžių ir žolės lapuose bei daugelyje mikroorganizmų, kai juos veikia šviesa. Saulės apšviestame žaliame lape vyksta visai Žemės gyvybei būtini procesai. Jie teikia mums maistą ir deguonį. Lapai sugeria iš oro anglies dioksido (CO<sub>2</sub>) dujas ir suskaido jo molekules į anglį ir deguonį. Šitai vyksta chlorofilo molekulėse, kurias veikia saulės spektro raudonieji spinduliai. Prijungdami prie anglies grandinės kitų elementų atomus, patekusius šaknimis iš žemės, augalai sudaro baltymų, riebalų, angliavandenių molekules, t.y. mūsų ir gyvūnų maistą. Visa tai atlieka 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 tirsite šviesinę ir tamsinę fotosintezės fazę. Tyrimo objektu bus procesas vykstantis vandens augale – elodėje. Vandenyje yra ištirpusio oro. *Apšvietus* vandenyje panardintą elodėją balta, tam tikro intensyvumo šviesa, vyksta cheminė reakcija:



kurios metu, šviesos poveikyje, augalas sugeria anglies dioksidą, išskiria deguonį ir kaupia savyje angliavandenius.

#### LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Tirsite procesą, kuris vyksta inde su vandeniu į kurį panardinta elodėja ar kuris nors kitas vandens augalas. Viena tyrimo dalis bus atliekama apšviečiant augalą balta šviesa, antroji – tamsoje: Tirsite dvi fotosintezės fazes: šviesinę ir tamsinę. Tyrimo metu registruosite augalo apšviestumą (šviesos intensyvumą) ir slėgio kitimą virš vandens su vandens augalu paviršiaus bei stebėsite vandenyje vykstantį procesą.

#### *Tyrimo problema*

Kas reikalinga, 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

#### Ekspertimento priemonės:

- GLX‘as, NOVA5000, SPAK‘as ar kitas duomenų kaupiklis;
- Slėgio, apšvietos, 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.

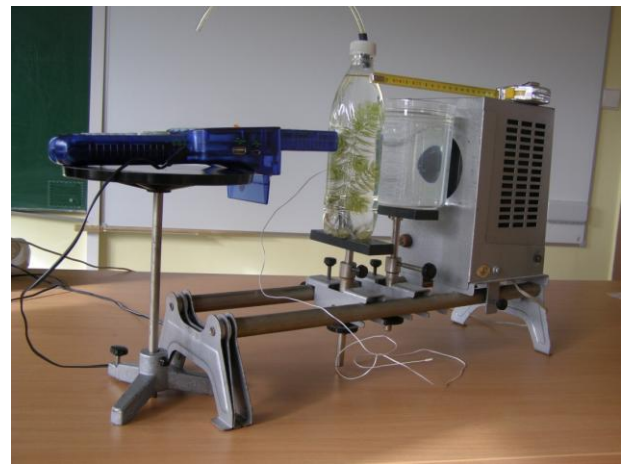
## Darbo eiga

### 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Atplėškite augalo šakelę toko ilgio, kad, įmerkus į vandenį, jo viršūnėlė būtų apsemta.
- 1.2. Prie augalo pririškite sunkų krovinėlį (gali būti kelios metalinės sąvarželės).
- 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 interfeiso prijunkite slėgio, apšvietumo 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 apšvietos 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 didelės spartos 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.

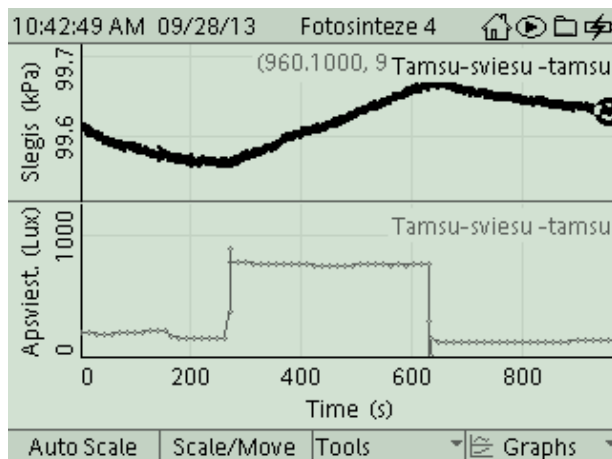


**2 pav.** Už indo su augalu padėtas GLX'as taip, kad apšvietos jutiklis būtų ties šviesos srauto kritimo į augalą vieta.



## 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 NONOS 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 parodytas 3 paveiksle.



**3 pav.** Baigę matuoti, GLX ekrane matysite slėgio ir apšvietos kitimo grafikus, panašius, kaip šiame paveiksle. Atkreipkite dėmesį į tai, kad visiškos tamsos šio eksperimento metu nebuvo.

## 3. *Eksperimento rezultatai ir jų analizė*

- 3.1. Gautą grafiką įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, nurodytoje vietoje (1A. pav.).
- 3.2. Eksperimento rezultatus analizuokite lygindami slėgio ir apšvietos grafikus, bei atsakydami į klausimus, pateiktus ataskaitos lape.
- 3.3. Padarykite išvadas ir atsakykite į klausimus.

Laboratorinio darbo  
**FOTOSINTEZĖ ( $O_2$  slėgio matavimo metodu)**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Hipotezė*

.....  
.....

1. Šioje vietoje įterpkite oro slėgio virš vandens su augalu paviršiaus ir apšvietos kitimo grafikus (1A. pav.).



**1A. pav.** oro slėgio virš vandens su augalu paviršiaus ir apšvietos kitimo grafikai

Pasinaudodami išmaniuoju įrankiu (*Smart Tool*) ir skirtumo įrankiu (*Delta Tool*) atlikite eksperimentinių duomenų analizę. *Eksperimento rezultatus analizuokite gretindami slėgio ir apšvietos grafikus. Slėgio grafike pažymėkite charakteringus proceso etapus, juos įvardinkite ir paaiškinkite slėgio kitimų galimas priežastis:*

- 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. ....
- Kokia tuomet buvo augalo apšvita? .....  
.Ką matėte stebėdami apšviestą augalą? .....  
Kaip manote, kas galėtų būti kylančiuose burbuliukuose? .....  
Kaip patikrinti? .....  
Kaip vadinasi ši fotosintezės fazė? .....

- Kiek pakito augalo apšvieta įjungus lempą, lyginant su pradine? . . . . .  
 Ar galite teigti, kad jūsų tyrimo pradžioje buvo visiškai tamsu? . . . . .
- Kiek laiko jūsų tyrime truko šviesos periodas/fazė? . . . . .  
 Koks procesas vyksta šviesos fazės metu? . . . . . ir kas gaminasi šio proceso metu? . . . . .
  - Stebint kylančius burbuliukus, ar gali teigti, kad jų skaičius bėgant laikui kinta? . . . . .  
 . . . . .  
 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? . . . . .

## IŠVADOS

- Padarykite išvadą apie tai, ar jūsų atliktas tyrimas patvirtino ar atmetė jūsų padarytą prielaidą/Hipotezę/ . . . . .  
 . . . . .  
 . . . . .

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
1. Kas tai yra fotosintezė? 2. Ko reikia, kad vyktų fotosintezė? 3. Kokias žinote fotosintezės fazes? 4. Kokie produktai susidaro šviesos fazeje?(Vykstant šviesinei reakcijai) 5. Kokia reakcija vyksta fotosintezės metu? 6. Pagal ką sprendėte, kad apšvietas augalas gamina deguonį? Kaip tai patikrinti? 7. Kokius žinote būdus patikrinti, kad fotosintezės metu augalo lapuose kaupiasi krakmolą? 8. Kokią įtaką turi šviesos intensyvumas fotosintezės greičiui? 9. Kas tai yra apšvieta ir kokiais vienetais ji matuojama? 10. Ką šiame eksperimente reiktų padaryti, norint apšvietą sumažinti keturis kartus? 11. Kurių šviesos spektro sričių bangų energiją geriausiai sugeria augalai? Kokie tai šviesos bangų ilgių intervalai? Kokie jų dažnių intervalai? 12. Ar vyktų fotosintezė augalą apšvietus infraraudonaisiais spinduliais? . . .	

Ultravioletiniais? 13. Kas atsitiktų su augmenija, jeigu Saulė nustotų švietusi? 14. Šilumai absorbuoti pastatėte stiklinę su vandeniu. Kodėl vanduo yra geras šilumos sugerėjas?	
--	--

### 3.6 GLIUKOZĖS IR FRUKTOZĖS OPTINIO AKTYVUMO TYRIMAS

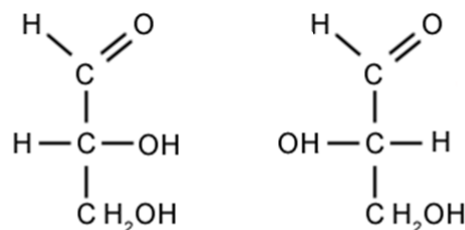
#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

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: *dešinio* 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 dešinio sūkio R centru, tas, kuris suka poliarizacijos plokštumą prieš laikrodžio rodyklę kairinio sūkio 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, tuo tarpu sukantis šviesos plokštumą į kairę optinis izomeras (-), vadinamas L-izomeru (1 pav.).

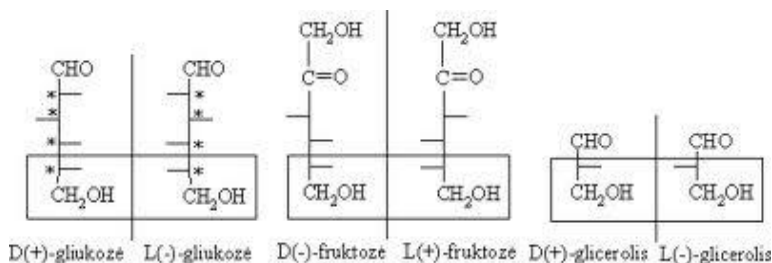
Dauguma monosacharidų turi kelis asimetrinius (chiralinius) anglies atomus. Monosacharidų konfigūracija nustatoma pagal radikalų išsidėstymą prie labiausiai nuo karbonilo nutolusio asimetrinio anglies atomo. D grupei priskiriami tie sacharidai, kuriuose prie paskutinio chiralinio atomo (toliausiai nutolusio 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.

Tokių veidrodinės simetrijos molekulių cheminės savybės nesiskiria, tačiau skiriasi geba sukti poliarizacijos plokštumą. Daugelis gyvojoje gamtoje sutinkamų organinių molekulių (baltymai, polisacharidai, nukleino rūgštys) 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-Glicerolio aldehidas    L-Glicerolio aldehidas

1 pav. D-glicerolio aldehido ir L-glicerolio aldehido struktūrinės formulės.



2 pav. Optiniu aktyvumu pasižyminčios molekulės. (\*) pažymėti gliukozės molekulės chiraliniai centrai.

Didelė dalis angliavandenių, žmogui ir kitiems gyviesiems organizmams reikalingų kaip pagrindinių energijos šaltinių, yra chiralinės molekulės. Kad organizmas galėtų įsisavinti 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 jis yra 1,3 karto saldesnis nei sacharozė ir 1,7 karto saldesnis nei gliukozė. Be to, padidintas fruktozės kiekis saldiklyje daro jį patraukliu 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 daugumoje medaus rūšių) yra labai palanki glikogeno gamybai kepenyse. Glikogenas yra gliukozės atsargos 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  $+66,5^\circ$ ). Kai tirpalas yra suskaidomas į fruktozę (savitasis sūkis yra  $-93^\circ$ ) ir gliukozę (savitasis sūkis yra  $+52,6^\circ$ ), suminis poliarizacijos plokštumos sukimas pasikeičia (invertuojasi) iš teigiamo į neigiamą, t.y. pakinta iš  $+66,5^\circ$  į  $-40,4^\circ$ . **Taigi, poliarimetro pagalba galima nustatyti gliukozės ir fruktozės santykį tirpale.**

Invertuoto cukraus dažniausiai yra sirupuose, džemuose, šokoladų užpilduose, cigarečių apvalkaluose, taip pat naudojamas alkoholiniuose gėrimuose jų aromatinių savybių pagerinimui. 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, kaip 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 rodiklis medaus savybių ir kilmės įvertinime.

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 sukimo kampas  $\varphi$  yra tiesiog proporcingas optiškai aktyviojoje terpėje šviesos nueitam keliui  $d$ , t.y.:

$$\varphi = \alpha d ; \quad (1)$$

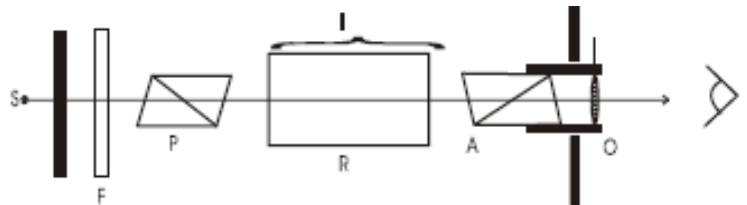
čia  $\alpha$  vadinama *sukimo konstanta*. Tirpaluose poliarizacijos plokštumos sukimo kampas  $\varphi$  priklauso nuo šviesos nueito kelio tirpale  $d$  ir tirpalo masės koncentracijos išreikštos g/ml,  $c_{w/v}$ :

$$\varphi = \alpha_0 c_{w/v} d, \quad (2)$$

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  $\alpha_0 = 66,5^{\circ} \text{ ml/g} \cdot \text{dm}$ , kai tirpalo temperatūra  $20^{\circ}\text{C}$  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, molekuliniėje 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 sukimo kampo skale O.

Kai kiuvetė tuščia ir poliarizatorius bei analizatorius sukryžminti, akimi matomas tamsus stebėjimo laukas. Kai kiuvetė pripilama optiškai aktyvios medžiagos tirpalo, regimasis laukas nušvinta, kadangi poliarizacijos plokštuma pasisuka. Pasukę analizatorių tol, kol regėjimo laukas vėl užtams, sukimo kampo skalėje išmatuojame poliarizacijos plokštumos pasisukimo kampą. Vizualaus matavimo šiuo metu tikslumas nėra labai didelis, kadangi sunku tiksliai nustatyti kada (tiksliai) regėjimo laukas visiškai užtemsta. Geresnis matavimo tikslumas pasiekiamas naudojant šviesai jautrius detektorius.



3 pav. Poliarimetro optinė schema

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kaip eksperimentiškai pagal poliarizacijos plokštumos sukimo kampą nustatyti gliukozės ir fruktozės koncentraciją.

### Eksperimento tikslas

Išmokti nustatyti optiškai aktyvių tirpalų poliarizacijos plokštumos sukimo kampą ir išmatuoti gliukozės bei fruktozės tirpalų koncentraciją.

### Eksperimento medžiagos ir priemonės:

- Multilaboratorija NOVA5000;
- 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 užduotys:

- 1. Surinkti šviesos poliarizacijos plokštumos sukimo kampo matavimo schemą.**
- 2. Išmatuoti 10, 20, 30 ir 40 % fruktozės tirpalų optinį aktyvumą.**
  - 2.1. nustatyti poliarizacijos plokštumos sukimo kampą;
  - 2.2. grafiškai atvaizduoti poliarizacijos plokštumos sukimo kampo priklausomybę nuo mėginio koncentracijos;
- 3. Išmatuoti 10, 20, 30 ir 40 % gliukozės tirpalų optinį aktyvumą.**
  - 3.1. nustatyti poliarizacijos plokštumos sukimo kampą;
  - 3.2. grafiškai atvaizduoti poliarizacijos plokštumos sukimo kampo priklausomybę nuo mėginio koncentracijos;
- 4. Išmatuoti nežinomos koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalų optinį aktyvumą.**
  - 4.1. Atpažinti mėginį, nustatyti mėginio koncentraciją;
  - 4.2. Sumaišyti gliukozės ir fruktozės mėginius tokiu koncentracijų santykiu kuriam esant gliukozės ir fruktozės tirpalo poliarizacijos plokštuma nebūtų pasukama.
- 5. Teoriškai apskaičiuoti skirtingų koncentracijų gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos sukimo kampus. Teorinius rezultatus palyginti su eksperimentiniais.**
- 6. Išmatuoti medaus mėginių optinį aktyvumą.**
  - 6.1. nustatyti poliarizacijos plokštumos sukimo kampą;
  - 6.2. įvertinti gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykį medaus mėginyje;
  - 6.3. 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.

#### 1.1. Gliukozės tirpalų gamyba.

- 1.1.1. Elektroninėmis svarstyklėmis ant svėrimo indelio pasverkite apskaičiuotą gliukozės masę jos 10 % tirpalui gauti.
- 1.1.2. Pasvertą gliukozę supilkite į 25 ml talpos stiklinę.



1.1.3. Matavimo cilindru pamatuokite reikalingą 10 % gliukozės tirpalui gauti distiliuoto vandens tūrį 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.

1.2. Fruktozės tirpalų gamyba atliekama analogiškai.

Teoriškai skaičiuodami skirtingų koncentracijų gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos sukimo 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:

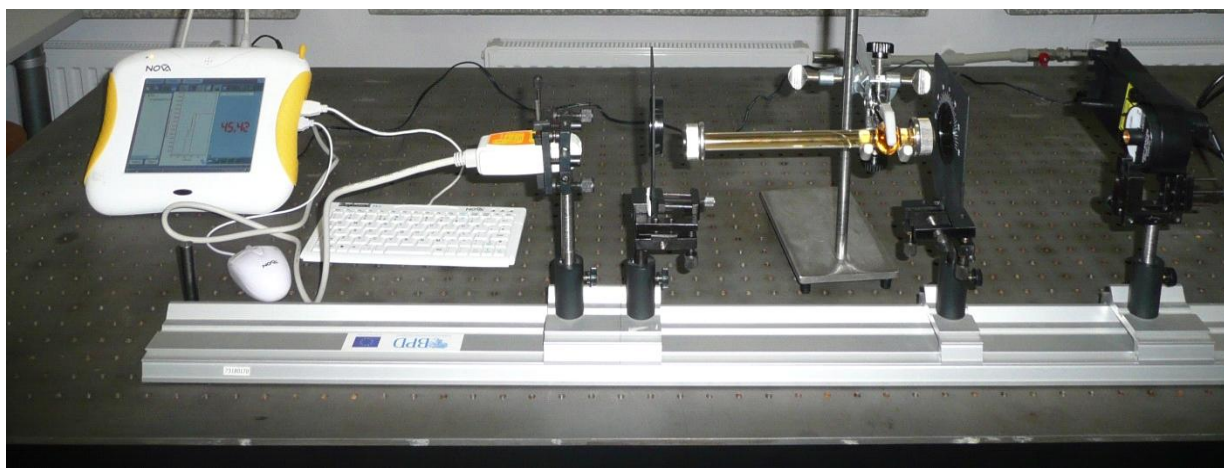
$$c_{w/v} = \frac{m_{\text{tirpinio}}}{\frac{m_{\text{tirpinio}}}{\rho_{\text{tirpinio}}} + \frac{m_{\text{tirpiklio}}}{\rho_{\text{tirpiklio}}}} \quad (5)$$

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, kurių komponentų dalelės tarpusavyje nesąveikauja, atveju.

## 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 detektorius (Light Multi Range DT009-4) taip, kaip parodyta 4 paveiksle (jei neturite galimybės panaudoti optinį suolą, laboratorines priemones įtvirtinkite cheminiuose stovuose).



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 – Multilaboratorija NOVA5000.


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 šaltinį patartume naudoti raudonos spalvos lazerinę rodyklę (prezentacijų pagalbininką, 5 pav.).

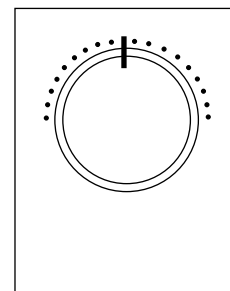


5 pav. Rekomenduojamas šviesos šaltinis.

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 Multilaboratorijos NOVA5000. Įranga automatiškai atpažins jutiklį.

2.1.4. Multilaboratorijos NOVA5000 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.



6 pav.

Poliarizatoriaus skalės nustatymas į pradinę padėtį

2.1.5. Įjunkite šviesos šaltinį. Spauskite  (pradėti eksperimentą) ir užsirašykite apšvietos rezultatus pateiktus duomenų atvaizdavimo lange.


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.

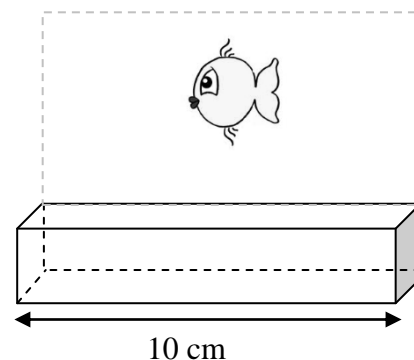
2.1.7. Trumpam išjunkite šviesos šaltinį ir užregistruokite foninę kambario apšvietą.

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  $10^\circ$ ) kampą.


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. Kiuvetę 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 darbo atsakitoje surašykite į 3 lentelę visas apšvietos vertes bei jas atitinkančias kampų  $\beta$  vertes iki  $360^\circ$  pasukimo kampo.



7 pav. Poliarizacijos plokštumos posūkio kampo matavimo kiuvetė

- 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 darbo ataskaitos 3 lentelėje. Matavimai kartojami tol, kol išmatuojami visi gliukozės ir fruktozės mėginiai.
- 2.4. Atlikę visus reikiamus matavimus, tirpalus iš kiuvetės išpilkite ir sutvarkykite darbo vietą.
- 2.5. Gautų duomenų analizę galite atlikti MS Exel aplinkoje, taip pat galite pabandyti panaudoti mokyklines mokomąsias kompiuterines programas (pvz. „Dinaminė geometrija“, „MathematiX“, „Autograph“ ir kt.).

### 3. *Rezultatų analizė*

- 3.1. Fruktozės optinio aktyvumo tyrimas (2 darbo užduotis);
- 3.2. Pagal turimus duomenis darbo ataskaitoje pateikiamas apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo grafikas. Viename grafike atidėkite visų fruktozės mėginių duomenis.
- 3.3. Atlikite duomenų normavimą užpildant nurodyta darbo ataskaitoje 4 ir 5 lenteles.
- 3.4. Gliukozės optinio aktyvumo tyrimas (3 darbo užduotis);
- 3.4.1. Pagal turimus duomenis darbo ataskaitoje pateikiamas apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo grafikas. Viename grafike atidėkite visų gliukozės mėginių duomenis.
- 3.5. Poliarizacijos plokštumos sukimo kampo nustatymas
- 3.5.1. Iš darbo ataskaitoje 6 lentelėje pateiktų normuotų eksperimentinių duomenų apskaičiuokite šviesos poliarizacijos plokštumos sukimo kampą  $\varphi$ , kuri sąlygoja atitinkama gliukozės arba fruktozės koncentracija tirpale:

$$\varphi = \beta_w - \beta_0; \quad (6)$$

čia  $\beta_0$  – kampas ties maksimalia normuota apšvietos verte vandeniui ( $225^\circ$ , žr. 6 lentelę),  $\beta_w$  – kampas ties maksimalia normuota apšvietos verte gliukozei arba fruktozei (žr. 6 lentelę);  $w$  žymi procentinę jūsų tirto gliukozės arba fruktozės tirpalo koncentraciją,  $w = 10, 20, 30, 40 \%$ ;

3.5.2. Grafiškai pavaizduokite poliarizacijos plokštumos sukimo kampo  $\varphi$  priklausomybę nuo mėginio koncentracijos. Gautus rezultatus aproksimuokite tiesės lygtimi  $\varphi = kw$ . Raskite tiesės polinkio koeficientą  $k$ .

- 3.6. Nežinomos koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalų optinio aktyvumo tyrimai

#### 4 darbo užduotis

Optiškai aktyvaus mišinio koncentracijos nustatymas.

#### *Duota:*

Nežinomos koncentracijos tiriamasis mėginys.

#### *Nustatykite*

Mėginio koncentraciją.

#### Darbo eiga

- 3.6.1. Atlikite mėginio matavimus aprašytus 2.3 darbo dalyje;
- 3.6.2. Atlikite rezultatų normavimą, aprašytą ankstesnėje darbo dalyje.
- 3.6.3. Nustatykite poliarizacijos plokštumos sukimo kampą,  $\varphi_x$ ;

- 3.6.4. Pagal gautą poliarizacijos plokštumos sukimą (kairinis arba dešininis sukimas) atpažinkite tiriamąjį mėginį: gliukozė ar fruktozė?
- 3.6.5. Naudodamiesi turimu grafiku (9 pav.) bei jame pateiktų rezultatų tiesine aproksimacija, nustatykite nežinomojo tirpalo procentinę koncentraciją  $w_x$ .
- 3.6.6. 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  $d = 2 \text{ dm}$ .
- 3.6.7. Apskaičiuokite duoto nežinomo tirpalo procentinę koncentraciją.
- 3.7. 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.

*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:**

- 3.7.1. Vienodomis tūrio dalimis maišydami skirtingos procentinės koncentracijos  $w(\%)=10\%$ ,  $20\%$ ,  $30\%$  ir  $40\%$  gliukozės ir fruktozės tirpalus pasigaminkite gliukozės-fruktozės mišinius.
- 3.7.2. Atlikite gliukozės – fruktozės mišinio mėginio matavimus taip kaip aprašyta 2.3 darbo dalyje;
- 3.7.3. Atlikite rezultatų normavimą, kaip aprašyta ankstesnėje darbo dalyje.
- 3.7.4. Nustatykite poliarizacijos plokštumos sukimo kampą,  $\varphi_x$ ;
- 3.7.5. Jei  $|\varphi_x - \varphi_0| > 5^\circ$ , pakeiskite atitinkamai gliukozės arba fruktozės koncentraciją mėginyje ir pakartokite poliarizacijos plokštumos sukimo kampo matavimus.
- 3.7.6. Laikykite, kad poliarizacijos plokštuma nebus pasukama jei  $|\varphi_x - \varphi_0| \leq 5^\circ$ .
- 3.8. Gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos sukimo 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 sukimo 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  $k$ . Palyginkite eksperimentinius rezultatus su teoriniais skaičiavimais ir paaiškinkite galimas eksperimentinių rezultatų nuokrypio nuo teorinių skaičiavimų priežastis.

3.9. 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:**

- šviesos poliarizacijos plokštumos sukimo 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).

3.9.1. 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).

3.9.2. 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 detektorių nepateks. Tokiu atveju mažinkite medaus koncentraciją mėginyje skiesdami vandeniu tol, kol apšvietos detektorius gebės užregistruoti lazerio signalą. Iš (2) formulės akivaizdu, kad mažėjant medaus koncentracijai mėginyje, taip pat mažėja ir poliarizacijos plokštumos sukimo kampo vertė. Todėl eksperimento metu stenkitės išlaikyti kuo didesnę pradinę medaus mėginio procentinę koncentraciją bei maksimalią detektoriaus apšvietą.

**Darbo eiga:**

- 3.9.3. Šviesai sklindant pro medaus mėginį, atlikite apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo matavimus (žr. **2.3** darbo dalies aprašą).
- 3.9.4. Eksperimento rezultatus atvaizduokite grafiškai. Esant dideliems apšvietos skirtumams tarp mėginių, y ašyje naudokite logaritminę skalę.
- 3.9.5. Atlikite rezultatų normavimą.
- 3.9.6. Eksperimento rezultatus atvaizduokite grafiškai.
- 3.9.7. Nustatykite poliarizacijos plokštumos sukimo kampą,  $\varphi_x$ ;
- 3.9.8. Pagal šviesos poliarizacijos plokštumos sukimo kampą įvertinkite gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykį medaus mėginyje bei medaus kokybę.

Laboratorinio darbo  
**GLIUKOZĖS IR FRUKTOZĖS OPTINIO AKTYVUMO TYRIMAS**  
 Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Prielaida/hipotezė:*

manau, kad poliarizacijos plokštumos sukimo kampas priklauso nuo fruktozės ir gliukozės ..... tirpale. Gliukozės ir fruktozės ..... skirtingo medaus bandiniuose skiriasi priklausomai nuo medaus kilmės ir kitų veiksnių.

***Eksperimento rezultatai ir jų analizė:***

**1. Gliukozės ir fruktozės tirpalų gamyba.**

1.1. 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		
20		
30		
40		

1.2. Apskaičiuotas masės koncentracijos  $c_{w/v}$  vertes įrašykite į 2 lentelę.

**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		
20		
30		
40		

1.3. Aparatūros testavimas

**3 lentelė.** Apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo.

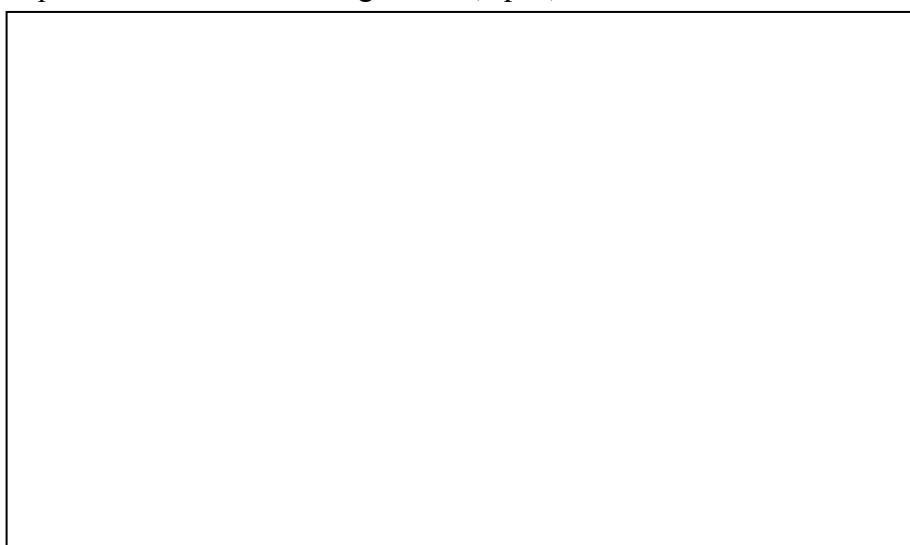
$\alpha$		Apšvieta, lx							
$w$	0% (vanduo)	10%		20%		30%		40%	
$\beta$		Gliukozė	Fruktozė	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.
0									

5									
10									
15									
20									
25									
30									
35									
40									
45									
50									
55									
60									
65									
70									
75									
80									
85									
90									
.....									
.....									
355									
360									

## 2. *Rezultatų analizė*

2.1. Fruktozės optinio aktyvumo tyrimas (2 darbo užduotis);

2.1.1. Pagal turimus skirtingų koncentracijų fruktozės tirpalų poliarizatoriaus pasukimo kampo duomenis braižomas grafikas (1 pav).



**1 pav.** Apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo, šviesai sklindant pro įvairių koncentracijų fruktozės tirpalus.

2.1.2. 3 lentelėje, kiekviename stulpelyje pasižymėkite maksimalią apšvietos vertę. Paaiškinkite kodėl yra registruojamas apšvietos sumažėjimas didinant fruktozės koncentraciją mėginyje?

--	--

**2 pav.** Normuoti fruktozės mėginių apšvietos rezultatai.

2.1.3. Prieš normavimą iš kiekvienos išmatuotos apšvietos vertės (3 lentelės atskiruose stulpeliuose) atimkite foninę apšvietą. Gautus rezultatus surašykite į naują lentelę (4 lentelė).

**4 lentelė.** Foninės apšvietos eliminavimas. Iš 3 lentelėje pateiktų rezultatų buvo atimta 100 lx foninė (kambario) apšvieta, užregistruota išjungus šviesos šaltinį.

°		Apšvieta, lx							
		0% (vanduo)		10%		20%		30%	
w	β	Gliukozė	Fruktozė	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.
0									
5									
10									
15									
20									
25									
30									
35									
40									
45									
50									
55									
60									
...									
360									



2.1.4. Visus duomenis sunormuokite į vieną ties maksimalia apšvietos verte (2 pav.). Tuo tikslu, 4 lentelėje kiekviename atskirame duomenų stulpelyje esančias visas fruktozės apšvietos vertes padalinkite iš to stulpelio maksimalios apšvietos vertės. Gautus rezultatus surašykite į naują lentelę (5 lentelė).

**5 lentelė.** Normuoti gliukozės ir fruktozės apšvietos rezultatai: apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo.

°		Apšvieta, lx							
		0% (vanduo)		10%		20%		30%	
$w$	$\beta$	Gliukozė	Fruktozė	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.	Glu.	Fru.
0									
5									
10									
15									
20									
25									
30									
35									
40									
45									
50									
55									
60									
...									
360									

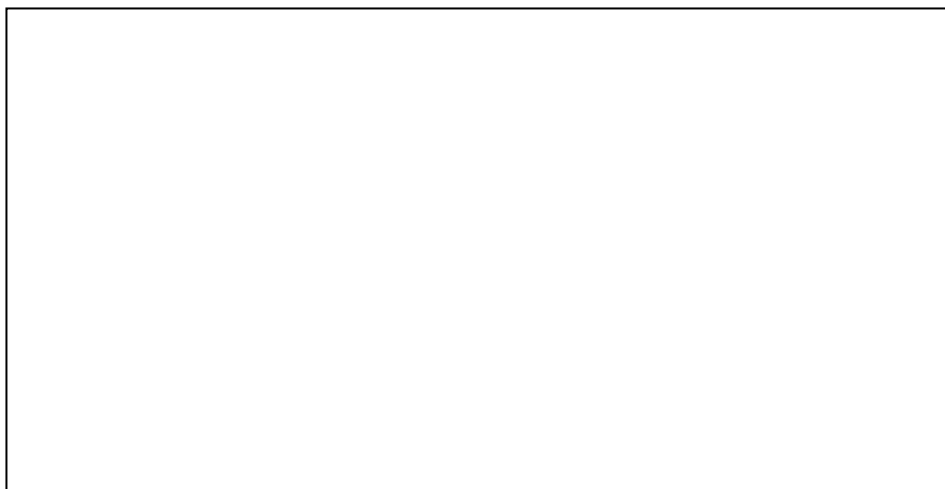
2.2. Gliukozės optinio aktyvumo tyrimas (3 darbo užduotis)

2.2.1. Pagal turimus duomenis nubrėžkite apšvietos priklausomybės nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo grafiką (3 pav.).

2.2.2. 3 duomenų lentelėje, kiekviename stulpelyje pasižymėkite maksimalią apšvietos vertę. Nustatykite, ar vyksta apšvietos sumažėjimas didinant gliukozės koncentraciją mėginyje?

**3 pav.** Apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo, šviesai sklindant pro įvairių koncentracijų gliukozės tirpalus.

2.2.3. Prieš normavimą iš kiekvienos išmatuotos apšvietos vertės (3 lentelės atskiruose stulpeliuose) atimkite foninę apšvietą. Papildykite 4 lentelę naujais duomenimis.



**4 pav.** Normuoti gliukozės mėginių apšvietos rezultatai.

2.2.4. Visus duomenis sunormuokite į vieną ties maksimalia apšvietos verte (4 pav.). Tuo tikslu, 4 lentelėje kiekviename atskirame duomenų stulpelyje esančias visas gliukozės apšvietos vertes padalinkite iš to stulpelio maksimalios apšvietos vertės. Papildykite 5 lentelę naujais duomenimis.

2.3. Poliarizacijos plokštumos sukimo kampo nustatymas

2.3.1. Į 6 lentelę surašykite kampų  $\beta_n$  vertes atitinkančias maksimalias normuotas apšvietos vertes.

**6 lentelė.** Poliarizacijos plokštumos sukimo 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>Eksperimen- tinė. vertė</i>	<i>Teorinė vertė</i>
0 (vanduo)						
10						
20						
30						
40						

2.3.2. Poliarizacijos plokštumos sukimo kampo  $\varphi$  priklausomybė nuo mėginio koncentracijos (5 pav.).



**5 pav.** Poliarizacijos plokštumos sukimo kampo priklausomybė nuo tirpalo koncentracijos.

- Tiesės polinkio koeficientas  $k$  .....
- 2.4. Nežinomos koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalų optinio aktyvumo tyrimai (4 darbo užduotis)
- 2.4.1. Optiškai aktyvaus mišinio koncentracijos nustatymas.
- Tiriamasis mėginys yra ..... Tiriamojo tirpalo procentinė koncentracija yra .....
- Nustatykite:
- 2.4.2. Gliukozės – fruktozės mišinio tyrimai.



**6 pav.** Normuoti gliukozės-fruktozės mišinių apšvietos rezultatai.

- Poliarizacijos plokštuma nepasukama, kai gliukozės ir fruktozės koncentracijų santykis mėginyje yra .....
- 2.5. Gliukozės ir fruktozės tirpalų poliarizacijos plokštumos sukimo kampo teorinis skaičiavimas (5 darbo užduotis)



**7 pav.** Teorinių ir eksperimentinių  $\varphi$  verčių palyginimas.

- Teoriškai apskaičiuotas . . . . . procentinės koncentracijos gliukozės ir fruktozės tirpalo poliarizacijos plokštumos kampas yra . . . . .
- Tiesės polinkio konstanta  $k$  yra . . . . .
- Eksperimentiniai rezultatai ir teoriniai skaičiavimai . . . . .  
. . . . .  
. . . . .

2.6. Medaus optinio aktyvumo tyrimas (6 darbo užduotis).



**8 pav.** Apšvietos priklausomybė nuo poliarizatoriaus pasukimo kampo, šviesai sklindant pro skirtingų rūšių medaus mėginius.



9 pav. Normuoti skirtingų rūšių medaus mėginių apšvietos rezultatai.

### Mokiniai padaro išvadas:

- Padarykite išvadą, kokia yra apšvietos priklausomybė nuo poliarizacijos pasukimo kampo.  
.....  
.....
- Padarykite išvadą apie apšvietos priklausomybę nuo fruktozės ir gliukozės koncentracijos mėginyje. ....  
.....
- Padarykite išvadą apie poliarizacijos plokštumos sukimo kampo  $\varphi$  priklausomybę nuo mėginio koncentracijos. ....  
.....
- Padarykite išvadą, kaip galima apskaičiuoti nežinomo tirpalo procentinę koncentraciją naudojantis poliarimetro parodymais.  
.....  
.....
- Padarykite išvadą, kodėl tiriamųjų mėginių eksperimentinės poliarizacijos plokštumos sukimo kampų vertės skyrėsi/nesiskyrė nuo teorinių.  
.....  
.....
- Padarykite išvadą apie tirtų medaus mėginių kilmę ir gliukozės bei fruktozės koncentracijų santykį juose. ....  
.....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Kokie junginiai yra optiniai izomerai?	
2. Kokia savybe skiriasi enantiomerai?	
3. Kaip vadinamas prietaisas, skirtas tirpalų optinio aktyvumo tyrimams?	

4. Kiek reikės paimti vandens ir cukraus, norint paruošti 20 % 100 ml tirpalo.	
5. Matematiškai parodykite kokių kampų pasuks poliarizacijos plokštumą invertuotas cukrus po sacharozės hidrolizės, jeigu gliukozės savitasis sukimo kampas yra $+52,5^\circ$ , o fruktozės $-92,0^\circ$ ?	
6. Kokią įtaką tyrimui turi kiuvetės ilgis?	
7. Kaip yra sunormuojami poliarometro duomenys ties maksimalia apšvietos verte?	
8. Į kurią pusę suks poliarizacijos plokštumą medus, kuriame yra padidinta fruktozės koncentracija.	
9. Ar galima pagal medaus poliarizacijos plokštumos sukimo kampo vertę daryti prielaidą apie jo kristalizacijos greitį? Jei taip, tai kokią?	

### 3.7 SMĖLIO IR VANDENS SAVITŪJŲ ŠILUMŲ PALYGINIMAS

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Kaip greitai medžiaga įkaista ar atvėsta, lyginant su kita medžiaga jos aplinkoje, yra susiję su jos savitąja šiluma. 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, kad pakelti jų temperatūrą.

Vandeniui būdinga stipri tarpmolekulė trauka (vandeniliniai ryšiai), kurie suteikia jam didelę savitąją šilumą. Kad nutrūktų, vandeniliniai ryšiai turi absorbuoti daug energijos.

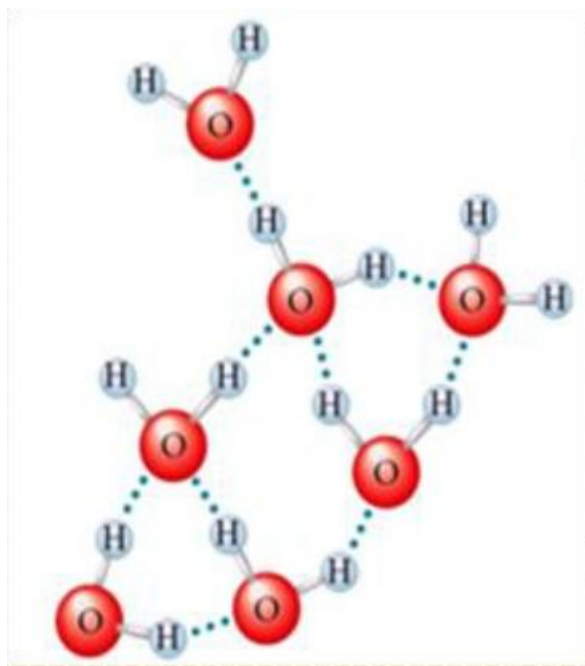
Vandenilinis ryšys susidaro tarp vandenilio atomų, sudarančių kovalentinį polinį ryšį su kitu atomu ir kitos medžiagos *polinės molekulės*, turinčios bent vieną laisvą elektronų porą, nedalyvaujančią jokiuose cheminiuose ryšiuose.

Savitoji šiluma yra toks šilumos kiekis, kurį reikia suteikti 1 kg medžiagos, kad jos temperatūra pakiltų 1 K. Jos matavimo vienetai yra  $\frac{J}{kg \cdot K}$ . Dažnai Savitoji šiluma yra išreiškiama

naudojant Celsijaus skalę ir matuojama  $\frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$

Kartais medžiagų savitąją šilumą yra patogiu matuoti  $\frac{J}{g \cdot ^\circ C}$ . 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, tarpe kitų medžiagų. Skystam vandeniui reikia daugiau šiluminės energijos, kad 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.



**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.

#### LABORATORINIO DARBO YPATUMAI

Šis darbas susideda iš dviejų dalių. *Pirmojoje* darbo dalyje ištirsite, kaip greitai sušyla ir kaip greitai atvėsta tomis pačiomis sąlygomis smėlis ir vanduo. Gausite smėlio ir vandens šilimo bei vėsimo grafikus, o iš jų surasite smėlio ir vandens šilimo bei vėsimo greičių santykius.

Atlikdami *antrąją* eksperimento dalį, surasite smėlio savitąją šilumą ir palyginsite ją su vandens savitąja šiluma. Padarysite išvadas apie tai, kaip skirtingos smėlio ir vandens savitosios šilumos įtakoja globalinius orus ir klimatą.

Matavimų duomenis rinksite ir jų analizę atliksite GLX'u (arba bet kuriuo kitu iš jūsų laboratorijoje turimų duomenų kaupikliu) sujungtu su temperatūros jutikliais.

#### EKSPERIMENTAS

**! Eksperimentuodami laikykitės saugaus darbo taisyklių:**

- Plikomis rankomis nelieskite karštų objektų

- Saugokite elektros kabelius, kad jie nesusiliestų su elektros plytele ar kitais karštais objektais.

### Eksperimento priemonės:

I-ajai eksperimento daliai	II-ajai eksperimento daliai
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektroninės svarstyklės (vienos visai klasei) arba jėgos jutikliai.</li> <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 (150W).</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>

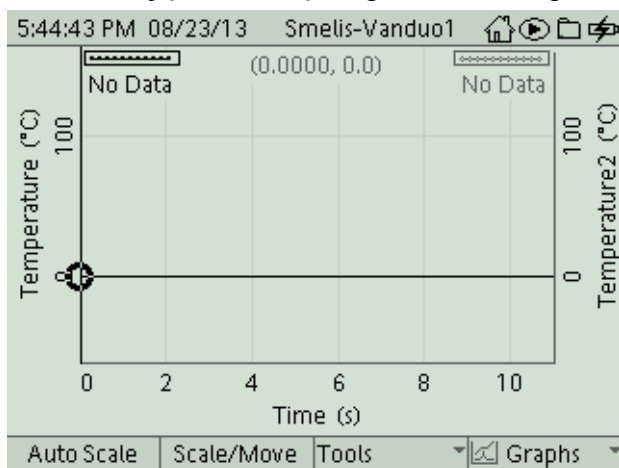
### Darbo eiga:

*I - oji eksperimento dalis: Smėlio ir vandens šilimo-aušinimo spartos/greičio radimas.*

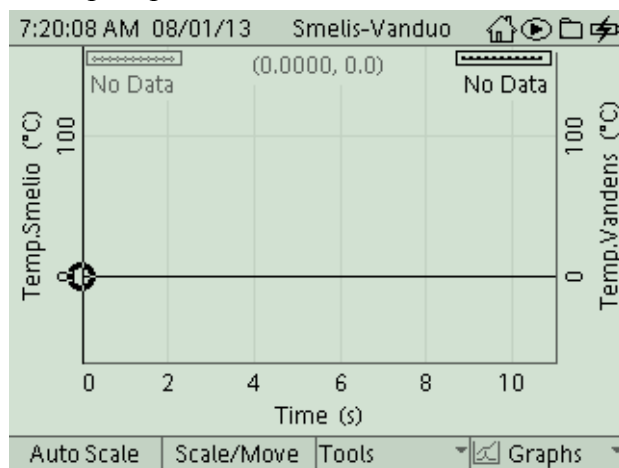
#### 1. Priemonių parengimas darbui:

1.1. Du temperatūros jutiklius (zondus) įjunkite į šoninius GLX'o temperatūros lizdus.

1.2. Atverkite GLX grafinį ekraną: Home→Graph (F1) →Graphs (F4) →Two Measurements (4) →OK. Atsivers koordinatinių ašys, kaip 2 pav. . Jutiklis, kurį įjungsitė pirmą, grafike atsiras kaip „Temperature (°C)“, antrasis - kaip „Temperature2 (°C)“. Turėkite tai galvoje ir nepamirškite, kuris matuos smėlio, o kuris matuos vandens temperatūrą. Norint, galite abiejų matavimų temperatūros ašis pervadinti, kaip 2a pav.



2 pav. Jutiklis, kurį įjungsitė pirmą, grafike atsiras kaip „Temperature (°C)“, antrasis - kaip „Temperature2 (°C)“.

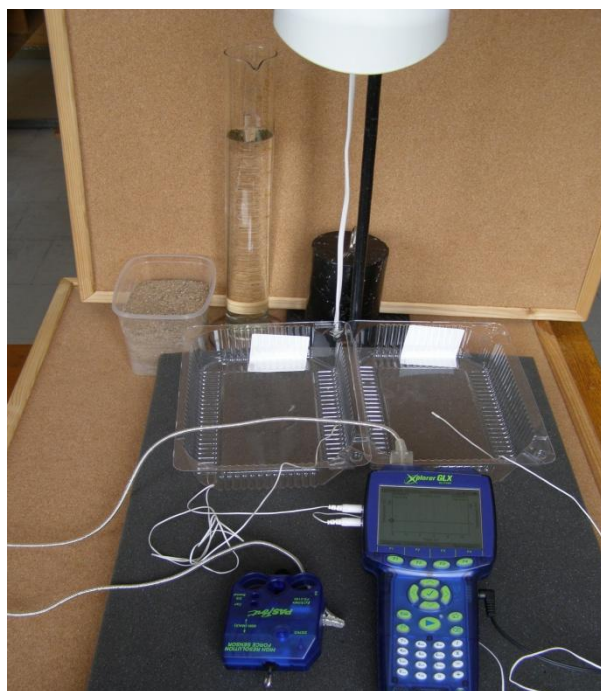


2a pav. . Temperatūrų ašys „Temperature1“ ir „Temperature2“pervadintos, atitinkamai: „Temp.Smėlio“ ir „Temp.Vandens“.

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.
  - 1.5. Įjunkite lempą ir po ja suraskite padėtis, kuriose abu jutikliai fiksuos vienodą temperatūrą.
  - 1.6. Svarstyklėmis (\*galima ir jėgos jutikliu), atsverkite vienodą smėlio ir vandens masę ir supilkite į indus. (Jeigu turite matavimo cilindrus, vandens masę galite nustatyti pagal vandens tūrį.)
  - 1.7. Vienodu atstumu nuo smėlio ir vandens paviršiaus panerkite temperatūros zondu galiukus. Jie turi būti ne giliau kaip 5 cm nuo paviršiaus.
  - 1.8. Kaitinimo lempą pastatykite taip, kad vienodai kaitintų abu indus.
- \*Jėgos jutikliu rasite svorį niutonais ir pagal formulę:  $m=P/g$  apskaičiuokite masę.

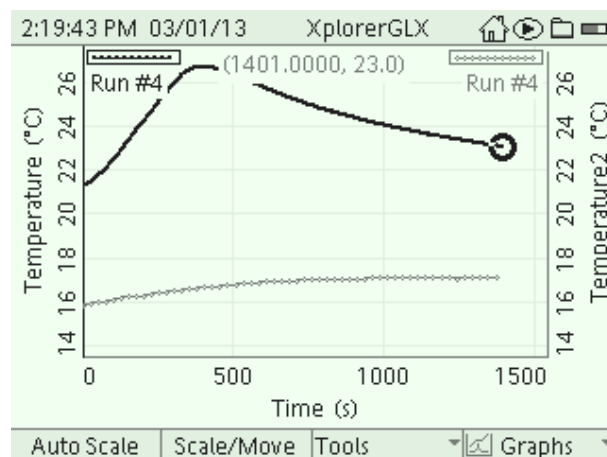


**3 pav.** Du temperatūros jutikliai / zondai įjungti į šoninius GLX'o temperatūros lizdus (T1 ir T2). Vieno galiukas dedamas į indą su smėliu, antrojo – į indą su vandeniu. Jėgos jutiklis įjungtas į viršutinį GLX'o lizdą.

**Prielaida (I):** Kaip manai, kuri medžiaga išils greičiau – vanduo ar smėlis? Savo numatymą/prielaidą su paaiškinimu, "kodėl" užrašyk laboratorinio darbo ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.

## 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 parodyta 4 paveiksle.
- 2.5. Gautą grafiką nukopijuokite ir įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, nurodytoje vietoje (*IA. pav.*)
- 2.6. Šio matavimo duomenų analizę atlikite pagal nuorodas ataskaitos lape.



**4 pav.** Dviejų medžiagų: smėlio (viršutinis) ir vandens (apatinis), šilimo ir vėsimo grafikai GLX grafiniame displejuje.

## II- oji eksperimento dalis: Smėlio savitoji šiluma

## 1. *Priemonių parengimas darbui:*

- 1.1. Įjunkite arbatinį. Jame šils vanduo visoms tyrimą atliksiančioms grupėms.
- 1.2. Kiekviena mokinių grupė pasveria apie 40-50 g smėlio. (Bendrom visai klasei svarstyklėmis arba kiekviena grupė atskirai, naudojasi jėgos jutikliu). Smėlio masę  $m_{\text{smėlio}}$  įrašykite ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.
- 1.3. Į mėgintuvėlį įpilkite maždaug pusę viso smėlio, įdėkite temperatūros jutiklį taip, kad galiukas būtų ties smėlio viduriu mėgintuvėlio sienelių atžvilgiu ir atsargiai suberkite visą likusį smėlį.
- 1.4. Mėgintuvėlį su smėliu ir temperatūros jutikliu (zonda) įtvirtinkite stovė.
- 1.5. Vėl įjunkite svarstykles, pasirinkite masės matavimo vienetus (g). Vidinį kalorimetro indą pastatykite ant svarstyklių. Svarstykles nunulinkite.
- 1.6. Atsargiai, kad neaplieti svarstyklių, į vidinį kalorimetro indą pilkite kambario temperatūros vandenį, stebėdami svarstyklių rodmenis. Įpilkite 60-70 g. Įpilto į kalorimetrą vandens masę  $m_{\text{vandens}}$  įrašykite laboratorinio darbo ataskaitos lapo lentelėje.
- 1.7. Į kalorimetre esantį vandenį panardinkite antrąjį temperatūros jutiklį (zondą).
- 1.8. Į cheminę stiklinę, ar kitą indą iš bendro arbatinio pripilkite karšto vandens. Indą pastatykite 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.

**Prielaida (II):** Kaip manai, smėlio ar vandens savitoji šiluma bus didesnė? Savo numatymą/prielaidą su paaiškinimu, "kodėl" užrašyk laboratorinio darbo ataskaitos lape, nurodytoje vietoje.

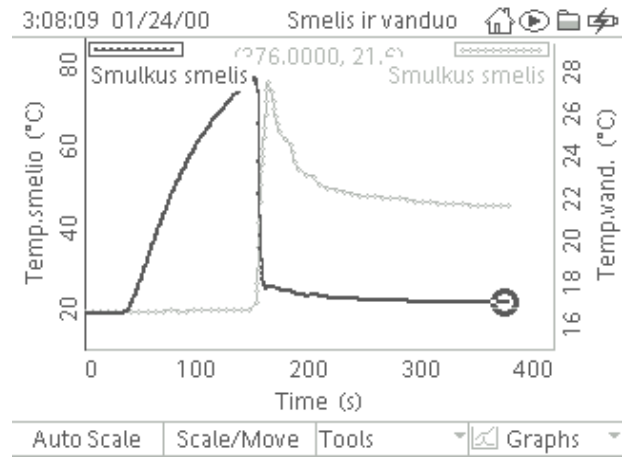
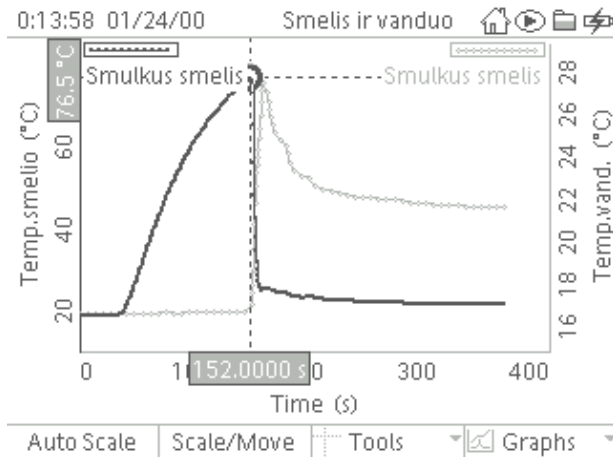
## 2. *Matavimų procedūros*

- 2.1. Spustelinkite 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 spustelkite Stop ir baikite matuoti.

2.3. Kad parodyti visą matavimą, padidinkite grafiką spustelėdami **F1/A** uto Scale. GLX ekrane matysite grafikus, panašius kaip 6 pav.a., (6 pav.b.).



**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.

2.4. 2.4. Gautą grafiką nukopijuokite ir įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lape, nurodytoje vietoje (**2A. pav.**).

2.5. Šio matavimo duomenų analizę atlikite pagal nuorodas ataskaitos lape. Duomenis surašykite į lentelę. Raskite smėlio savitąją šilumą. Padarykite išvadas ir atsakykite į klausimus.

Laboratorinio darbo  
**SMĖLIO IR VANDENS SAVITŪJŲ ŠILUMŲ PALYGINIMAS**  
Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

**I - oji eksperimento dalis: Smėlio ir vandens šilimo-vėsinimo spartos/greičio radimas.**

*Hipotezė*

Tikrinama prielaida, kad ..... įšils greičiau negu ..... ir  
atvės greičiau negu .....

**1. Šioje vietoje įterpkite smėlio ir vandens šilimo-vėsimo grafiką (1A. pav.).**



**1A. pav.** smėlio ir vandens šilimo-vėsimo grafikas

1.1. Iš įrankių (*Tools*) meniu pasirinkite skirtumo įrankį (*Delta Tool*) ir smėlio grafike pasirinkite sritį, kurioje jis šilo.

1.2. Eksperimentinius smėlio šilimo taškus aproksimuokite tiese: iš įrankių (*Tools*) meniu pasirinkite aproksimavimo tiese įrankį (*Linear Fit*) ir patvirtinkite pasirinkimą. Užrašę po grafikais matysite smėlio šilimo spartą. Užrašykite ją:

Smėlio šilimo sparta:  $v(\dot{\theta})_{\text{smėlio}} = \dots\dots\dots$

1.3. Pasirinkite smėlio vėsimo sritį ir analogiškai raskite smėlio vėsimo spartą. Užrašykite ją:

Smėlio vėsimo sparta:  $v(v)_{\text{smėlio}} = \dots\dots\dots$

1.4. Aukščiau aprašytą duomenų analizės procedūrą pakartokite ieškodami vandens šilimo ir vėsimo spartos.

Vandens šilimo sparta:  $v(\dot{\theta})_{\text{vandens}} = \dots\dots\dots$

Vandens vėsimo sparta:  $v(v)_{\text{vandens}} = \dots\dots\dots$

1.5. Apskaičiuokite smėlio ir vandens šilimo spartų/greičių santykį,  $N_s$ :

$N_s = \dots\dots\dots$

1.6. Apskaičiuokite smėlio ir vandens vėsimo spartų/greičių santykį,  $N_v$ :

$N_v = \dots\dots\dots$

Remdamiesi tyrimo duomenimis padarykite išvadas ir atsakykite į klausimus:

**Išvados:**

- Lygindami smėlio ir vandens šilimo ir vėsimo spartas/greičius, padarykite išvadą apie tai: kurios medžiagos *šilimo* sparta yra didesnė, kurios mažesnė? .....
- Palyginę šilimo ir vėsimo spartų (greičių) santykius smėliui ir vandeniui, padarykite prielaidą apie tai, ką šie santykiai galėtų byloti/sakyti apie smėlio savitąją šilumą lyginant su vandens savitąja šiluma? .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI (I)**

Klausimai	Atsakymai
1. Kodėl šiame tyrime yra svarbu vienodai kaitinti abu indus ?	
2. Ką reiškia tiesės krypties koeficientas smėlio (arba vandens ) šilimo grafike?	
3. Ką reiškia tiesės polinkis smėlio (arba vandens ) vėsimo grafike?	
4. Kas šiame tyrime buvo nepriklausomas kintamasis ir kas buvo priklausomas kintamasis? Kokį faktorių laikėte pastoviu?	
5. Kaip įvardintumėte šilumos perdavimo būdą iš įkaitusios lempos smėliui ir vandeniui šiame tyrime?	

**II- oji eksperimento dalis: Smėlio savitoji šiluma**

*Hipotezė*

Tikrinama prielaida, kad, lyginant smėlio ir vandens savitąsias šilumas, didesnė turėtų būti .

1. Šioje vietoje įterpkite smėlio ir vandens temperatūros kitimo grafikus (2A. pav.).



2A. pav. smėlio ir vandens temperatūros kitimo grafikai

- 1.1. Iš įrankių/Tools meniu pasirinkite sumanųjį įrankį/Smart Tool. Šiuo įrankiu raskite:
  - 1.1.1. įkaitinto smėlio pradinę, aukščiausią temperatūrą,
  - 1.1.2. pradinę vandens temperatūrą ir
  - 1.1.3. nusistovėjusią smėlio ir vandens mišinio temperatūrą.
- 1.2. Rastas temperatūrų vertes surašykite į lentelę.
- 1.3. Iš įrankių/Tools meniu pasirinkite skirtumo įrankį/Delta Tool. Šiuo įrankiu raskite:
  - 1.3.1. keliais laipsniais atvėso į vandenį supiltas karštas smėlis.
  - 1.3.2. keliais laipsniais pakilo vandens temperatūra, supylus į jį karštą smėlį.

1 Lentelė

	$m, g$	$T_{\text{pradinė}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{galutinė}}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$	Šiluminė kiekis $Q$ gautas arba atiduotas, J	Savitoji šiluma $c, \left(\frac{J}{g \cdot ^\circ\text{C}}\right)$
Vanduo						
Smėlis						

1.4. Pagal formulę:  $Q = m c \Delta T$  raskite vandens energijos pokytį,  $Q_v$  ir gautąją vertę įrašykite į lentelę. Parodykite, kaip skaičiavote.

$Q_v$  .....

1.5. Raskite smėlio savitąją šilumą:

$$c_{\text{smėlio}} = Q_{\text{smėlio}} / (m_{\text{smėlio}} \Delta T_{\text{smėlio}}).$$

Kadangi  $Q_{\text{smėlio}} = Q_{\text{vandens}}$ , tai

$$c_{\text{smėlio}} = Q_{\text{vandens}} / (m_{\text{smėlio}} \Delta T_{\text{smėlio}}) = \dots\dots\dots$$

$$c_{\text{Smėlio}} = \dots\dots\dots \frac{J}{g \cdot ^\circ\text{C}}$$

Smėlio savitąją šilumą  $\frac{J}{g \cdot ^\circ\text{C}}$  paverskite  $\frac{J}{kg \cdot ^\circ\text{C}}$

$$c_{\text{Smėlio}} = \dots\dots\dots \frac{J}{kg \cdot ^\circ\text{C}}$$

## IŠVADOS

- Padarykite išvadą apie tai, ar jūsų atliktas tyrimas patvirtino ar atmetė jūsų padarytą prielaidą /hipotezę/ .....
- Remdamiesi savo tyrimo duomenimis, padarykite išvadą apie tai, smėlio ar vandens masės vieneto temperatūrai pakelti vienu laipsniu reikės daugiau šiluminės energijos? Kiek kartų? .....

## KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI

Klausimai	Atsakymai
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Nusakykite medžiagos savitąją šilumą?</li><li>2. Kaip apskaičiuojamas šilumos kiekis, kurio reikia kūnui sušildyti?</li><li>3. Kaip energijos tvermės dėsnį taikėte šio tyrimo metu?</li><li>4. Teigdamas, kad duomenys, gauti tiriant smėlį, bendrai tinka ir sausumai, atsakyk, kaip smėlio savitoji šiluma, lyginant su vandens savitąja šiluma, įtakoja skirtingą sausumos ir vandens įšilimą?</li><li>5. Jeigu vanduo turi labai didelę savitąją šilumą, kuris iš žemiau pateiktų atsakymų yra teisingas?<ol style="list-style-type: none"><li>a) Vanduo staiga/labai greitai atvėsta</li><li>b) Vanduo išlieka šiltas gana ilgą laiko tarpą</li><li>c) Oras, aplinkoje netoli vandens, nakties metu yra šiltesnis, negu oras sausumos aplinkoje.</li><li>d) Reikia daug energijos vandeniui sušildyti</li></ol></li><li>6. Kurioms medžiagoms, su didele ar su maža savitąja šiluma reikia daugiau šilumos, kad vienodai pakelti 1 g (1 kg) temperatūrą?</li><li>7. Vandens savitoji šiluma yra didelė, nes .....</li><li>8. Išvardinkite cheminius ryšius, kuriais elementų atomai jungiasi tarpusavyje?</li><li>9. Apibūdinkite <b>vandenilinį</b> ryšį.</li><li>10. Kokias medžiagų fizikines savybes sąlygoja vandenilinis ryšys?</li><li>11. Vandens didelė savitoji šiluma lyginant su sausumos/smėlio, sąlygoja ...</li></ol>	

### 3.8 SPEKTROSKOPINIS CHLOROFILO NUSTATYMAS AUGALŲ EKSTRAKTUOSE

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Chlorofilas – tai žalios spalvos 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 sukuriamas deguonis. Augalų lapuose yra dviejų tipų chlorofilas: chlorofilas a  $C_{55}H_{72}MgN_4O_5$  (žaliai melsvo atspalvio) ir chlorofilas b  $C_{55}H_{70}MgN_4O_6$  (žaliai gelsvo atspalvio). Chlorofilų a ir b struktūrinė formulė parodyta 1 paveiksle.

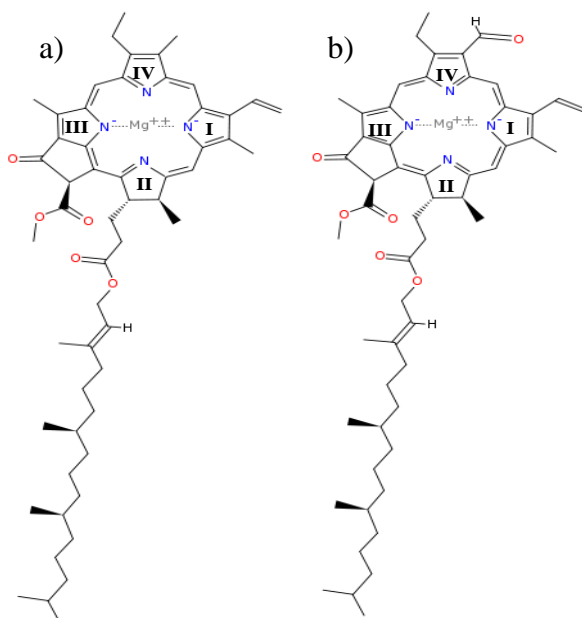
Nors chlorofilų struktūra yra labai sudėtinga, vis dėlto nesunku pastebėti, kad pagrindinis jų struktūrinis vienetas yra pirolas. Tarpusavyje sujungti keturi pirolų žiedai (I, II, III, IV) ir magnio atomas sudaro kiekvienos chlorofilo molekulės branduolį – porfirino žiedą.

Pagrindinis biologiniu požiūriu yra chlorofilas a, kurio turi visi fotosintezę vykdytys organizmai, o pagalbinio chlorofilo b augaluose yra 3–5 kartus mažiau.

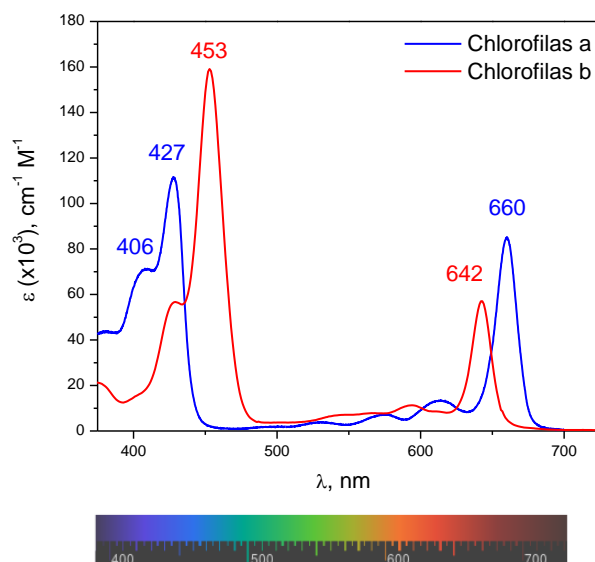
Chlorofilo molekulės geriausiai sugeria mėlyną ( $\lambda = 400\text{--}470\text{ nm}$ ) bei raudoną ( $\lambda = 620\text{--}700\text{ nm}$ ) šviesą (2 pav.). Žalios šviesos chlorofilas nesugeria, todėl augalai dienos šviesoje atrodo žali.

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., karotinoidų sugerties spektru, todėl *chlorofilų a* ir *b* atskirymui patogiau naudoti raudonąją spektro sritį. Kaip matyti iš 2 paveiksle pateiktų spektrų, dietilteryje ištirpinto *chlorofilo a* sugerties juostos smailė ( $\lambda_{\max}$ ) raudonojoje spektro srityje lokalizuota 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, pavyzdžiui, acetoną, metanolį, etanolį, dietileterį, chloroformą (trichlormetaną). Priklausomai nuo naudojamo tirpiklio, keičiasi *chlorofilo a* ir *b* sugerties juostų smailių padėtys bei moliniai sugerties koeficientai ties  $\lambda_{\max}$  (1 lentelė).



1 pav. Chlorofilo a (A) ir chlorofilo b (B) struktūrinės formulės.



2 pav. Chlorofilo a ir chlorofilo b tirpalų dietilteryje sugerties spektrai.  $\epsilon$  – molinis sugerties koeficientas, parodantis chlorofilo molekulės gebėjimą sugerti skirtingų bangos ilgių ( $\lambda$ ) šviesą. Paveikslo apačioje



**1 lentelė.** Tirpiklio įtaka chlorofilo *a* ir *b* sugerčiai ilgabangėje spektrinėje srityje.

Tirpiklis	Chlorofilas a,			Chlorofilas b		
	$\lambda_{\max 1}$ nm	$\varepsilon \times 10^{-3}, M^{-1} \text{ cm}^{-1}$		$\lambda_{\max 2}$ nm	$\varepsilon \times 10^{-3}, M^{-1} \text{ cm}^{-1}$	
Metanolis	665	$\varepsilon_{665} = 71,4$	$\varepsilon_{652} = 31,7$	652	$\varepsilon_{652} = 38,6$	$\varepsilon_{665} = 20,2$
Dietileteris	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*.

Pagrindinį šviesos sugertį aprašantį dėsnį 1729 m. eksperimentiškai nustatė prancūzų mokslininkas P. Bugas, o teoriškai 1760 m. pagrindė vokiečių mokslininkas J. Lambertas. Pagal šį dėsnį šviesos intensyvumo sumažėjimas, šviesai perėjus per be galo ploną medžiagos sluoksnį, yra tiesiog proporcingas to sluoksnio storii ir kritusios į šį sluoksnį šviesos intensyvumui. Kai medžiagos sluoksnio storis  $l$  nėra be galo plonas, tada pagal Bugero 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 (išreiškiamas santykiniais vienetais) kai kritusios šviesos intensyvumas buvo  $I_0$ ,  $e$  yra natūrinio logaritmo pagrindas,  $\lambda$  – šviesos bangos ilgis. Proporcingumo 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 sugerama 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 Bugero, 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 faktoriui dešimtainis logaritmas yra vadinamas medžiagos sluoksnio *optiniu tankiu*:

$$D_\lambda = \lg \frac{1}{T_\lambda} = 0,4343 \cdot K_\lambda \cdot l . \quad (5)$$

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  $D$  skaičiuoti:

$$D_\lambda = \varepsilon_\lambda \cdot c \cdot l ; \quad (6)$$

čia  $\varepsilon_\lambda$  - molinis sugerties koeficientas [ $l / (\text{mol} \times \text{cm})$ ] arba [ $\text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ ].

Optinis tankis yra adityvus dydis: dviejų tirpalų mišinio optinis tankis lygus kiekvieno tirpalo optinių tankių sumai:

$$D_{1+2} = D_1 + D_2 . \quad (7)$$

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  $D$  ties dviem skirtingais bangų ilgiais  $\lambda_1$  ir  $\lambda_2$ , galime užrašyti lygčių sistemą:

$$D_{\lambda_1} = \varepsilon_{1,\lambda_1} \cdot c_1 \cdot l + \varepsilon_{2,\lambda_1} \cdot c_2 \cdot l , \quad (8)$$

$$D_{\lambda_2} = \varepsilon_{1,\lambda_2} \cdot c_1 \cdot l + \varepsilon_{2,\lambda_2} \cdot c_2 \cdot l .$$

Išsprendę lygčių sistemą (8), sudarome lygtis (9 ir 10) tirpalo sudėtyje esančių komponentų koncentracijų  $c_1$  ir  $c_2$  skaičiavimui.

$$c_1 = \frac{D_{\lambda_1} - \varepsilon_{2,\lambda_1} \cdot c_2 \cdot l}{\varepsilon_{1,\lambda_1} \cdot l} . \quad (9)$$

$$c_2 = \frac{D_{\lambda_1} \cdot \frac{\varepsilon_{1,\lambda_2}}{\varepsilon_{1,\lambda_1}} - D_{\lambda_2}}{\frac{\varepsilon_{1,\lambda_2} \cdot \varepsilon_{2,\lambda_1}}{\varepsilon_{1,\lambda_1}} \cdot l - \varepsilon_{2,\lambda_2} \cdot l} . \quad (10)$$

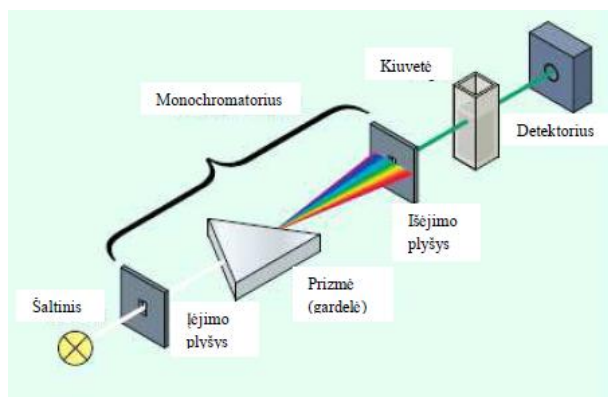
Norėdami užtikrinti didesnę tikslumą  $\lambda_1$  ir  $\lambda_2$  turėtume parinkti tokius, kuriems esant chlorofilų  $a$  ir  $b$  mišinį sudarančių molekulių sugertis skirtųsi labiausiai.

Kitaip, paprasčiau chlorofilo koncentraciją  $c$  [ $\mu\text{g}/\text{ml}$ ] galima apskaičiuoti naudojantis Lichtentaler ir Wellburn formulėmis, pateiktomis 2 lentelėje:

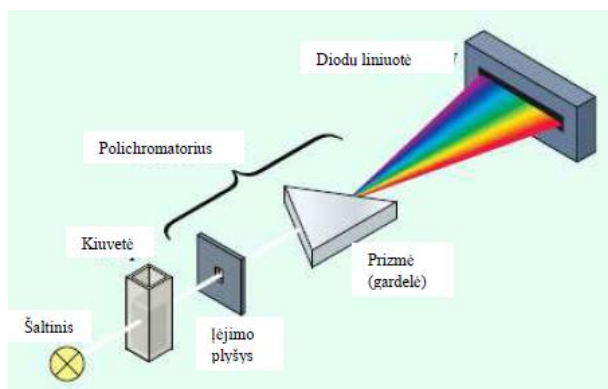
**2 lentelė.** Formulės, naudojamos chlorofilo *a* ir chlorofilo *b* koncentracijoms skaičiuoti.

Tirpiklis	Chlorofilas <i>a</i>	Chlorofilas <i>b</i>
Metanolis	$c_a = 15,65 D_{666} - 7,340 D_{653}$ (11)	$c_b = 27,05 D_{653} - 11,21 D_{666}$ (12)
Dietileteris	$c_a = 10,05 D_{662} - 0,766 D_{644}$ (13)	$c_b = 16,37 D_{644} - 3,140 D_{662}$ (14)
Acetonas	$c_a = 11,75 D_{662} - 2,350 D_{645}$ (15)	$c_b = 18,61 D_{645} - 3,960 D_{662}$ (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.



**3 pav.** Standartinio spektrometro optinė schema.



**4 pav.** Spektrometro su diodų liniuote optinė schema

## EKSPERIMENTAS

### *Tyrimo problema*

Kaip naudojant sugerties spektroskopijos metodiką atlikti augalų ekstraktų kiekybinę ir kokybinę spektrometrinę analizę

### *Eksperimento tikslas*

Nustatyti chlorofilo (*a* ir *b*) koncentraciją augalų ekstraktuose.

## Eksperto medžiagos ir priemonės:

- Xplorer GLX;
- UV-VIS spektrometras „Ocean Optics Red Tide USB 650“;
- 1 cm optinio kelio ilgio kiuvetės (jei dirbama su acetoniniais augalų ekstraktais naudojamos stiklinės kiuvetės, 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;
- Filtrinis popierius;
- Maistinė plėvelė arba parafilm.

## Darbo eiga

### *Darbo užduotys*

1. Paruošti augalų ekstraktus.
2. Įsisavinti darbo su Xplorer GLX metodiką.
3. Savarankiškai surinkti sugerties spektro matavimo aparatūros schemą.
4. Įsisavinti darbo su Ocean Optics Red Tide USB 650 sugerties spektrometru metodiką.
5. Išmatuoti augalų ekstraktų sugerties spektrus.
6. Augalų ekstraktų sugerties spektruose identifikuoti chlorofilo sugerties juostas UV-regimojoje ir raudonokoje spektrinėje srityje.
7. Atpažinti chlorofilo a ir chlorofilo b sugerties spektrus.
8. Gebėti grafiškai atvaizduoti duomenis (mėginio optinio tankio priklausomybę nuo šviesos bangos ilgio) bei iš grafiko įvertinti tiriamojo dydžio skaitines vertes;
9. Teoriškai apskaičiuoti chlorofilo a ir chlorofilo b koncentraciją mėginyje (gebėti sudaryti ir išspręsti dviejų lygčių sistemą su dviem nežinomaisiais).
10. Įvertinti, interpretuoti kurie tirti augalai turi daugiausiai chlorofilo o kurie mažiausiai.

## Matavimų procedūros:

### 1. *Chlorofilo ekstrakcija iš žaliųjų augalų.*

- 1.1. Įsigykite arba pririnkite žaliųjų augalų. Tai gali būti medžių lapai ar spygliai, kambarinių gėlių lapai, džiovinti lapai, arbatžolės ir pan.
- 1.2. Susmulkinkite augalų masę smulkintuvu ar smulkiai supjaustykite peiliu.
- 1.3. Pasverkite 2 g smulkintos augalų masės (5 pav.).
- 1.4. Mėginį perkelkite į grūstuvę ir dar kartą sutrinkite, kol pasidarys vienalytė žalia masė. Kad lengviau susitrintų, galima naudoti švarų smėlį (5–10 % mėginio tūrio).
- 1.5. Supilkite mėginį į 25 ml stiklinę.

- 1.6. Matavimo cilindru pamatuokite 20 ml, 70 % etanolio ir įpilkite į stiklinę ant susmulkintos augalinės žaliavos.
- 1.7. Mėginį supurtykite ir palaikykite etanolyje vieną parą (galima ir trumpiau), kartais papurtant kad etanolis ekstrahuotų (ištrauktų) chlorofilą iš augalinės žaliavos.




**5 pav.** Susmulkinti džiovinti augalai.



**6 pav.** Tirpalo filtravimas.

- 1.8. Po paros atlikite mėginio filtravimą. Filtravimui paruoškite kitą stiklinę, į kurią įstatykite piltuvėlį su filtriniu popieriumi (6 pav.), sudrėkintu ekstrahavimui naudotu tirpikliu. Į paruoštą filtravimui stiklinę su piltuvėliu pilkite tirpalą su augaline žaliava.
  - 1.9. Gautą skaidrų tirpalą praskieskite 5 kartus etanoliumi, t.y. į kitą indą įpilkite 1 ml tirpalo ir 4 ml etanolio. Jei toliau reikia skiesti – tai tiek, kad spektrometru pamatuoto optinio tankio  $D$  maksimalios vertės būtų tarp 0,1 ir 1,2 optinio tankio vienetų. Kuo žalesnė tirpalo spalva, tuo daugiau reikės skiesti. *Tirpalą skiedžiant 10 kartų, pilama 1 ml tirpalo ir 9 ml tirpiklio (etanolio):  $10\text{ ml} / 1\text{ ml} = 10$  kartų. Skiedžiant 20 kartų, sumaišomas 1 ml tirpalo ir 19 ml tirpiklio:  $20\text{ ml} / 1\text{ ml} = 20$  kartų. Skiedžiant 7 kartus, maišoma 1 ml tirpalo ir 6 ml tirpiklio:  $7\text{ ml} / 1\text{ ml} = 7$  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:  $10\text{ ml} / 0,5\text{ ml} = 20$  kartų.*
- 2. Augalų ekstraktų sugerties spektrų matavimas.**
- 2.1. Aparatūros surinkimas ir testavimas.

- 2.1.1. Sujunkite aparatūrą, kaip pavaizduota 7 paveiksle: GLX įjunkite paspausdami  mygtuką prietaiso dešinėje, apačioje. USB laidu prijunkite spektrometrą prie GLX. Prijunkite maitinimo bloką. GLX programa automatiškai aptinka Ocean Optics spektrometrą.
- 2.1.2. GLX reikalauja specialios licenzijos 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 atmintinė, 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.

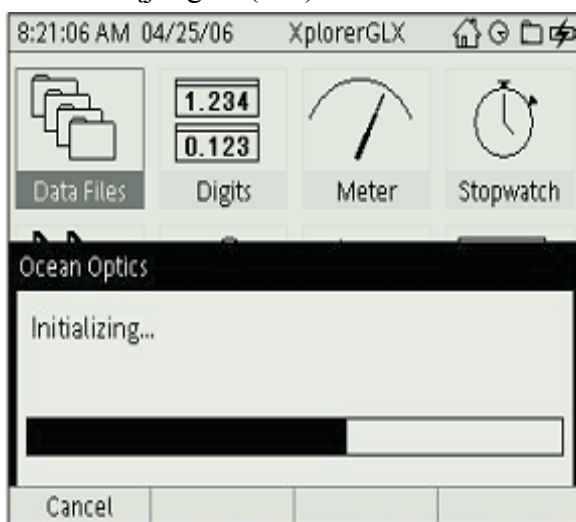
2.1.3. Palaukite kol GLX ekrane atsiras spektrometro „Nustatymų“ (*Analysis Configuration*) režimas (9 pav.).

2.1.4. Paspauskite varnelę (✓), kai pažymėta „Kaupinimo laikas“ (*Integration time*) ir nustatykite 15 ms. Paspaudus varnelę dar kartą, reikšmė užfiksuojama.

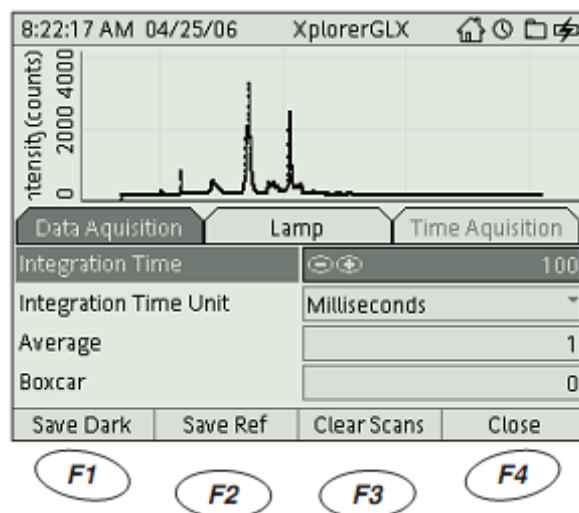
2.1.5. Paspauskite varnelę, kai pažymėta „Vidurkis“ (*Average*), ir nustatykite 5.

2.1.6. Rodykle į dešinę (→) nueikite į „Lempa“ (*Lamp*).

2.1.7. Naudodami varnelę nustatykite, kad pirmose dviejose eilutėse parodytos lempos būtų įjungtos (ON).



8 pav. Spektrometro įdiegimo langas.



9 pav. Spektrometro *Analysis Configuration* režimas.

## 2.2. Tamsinio ir atraminio spektro išsaugojimas.

2.2.1. Į spektrometro kiuvečių skyrių įdėkite juodą kiuvetę ir paspauskite mygtuką F1 „Išsaugoti tamsinį spektrą“ (*Save dark*) (9 pav.).

2.2.2. Į matavimo kiuvetę įpilkite 1 ml tirpiklio (70 % etanolio). Įsidėmėkite, kad reikia pilti tokio tirpiklio, kuriuo buvo ekstrahuojama augalinė žaliava.

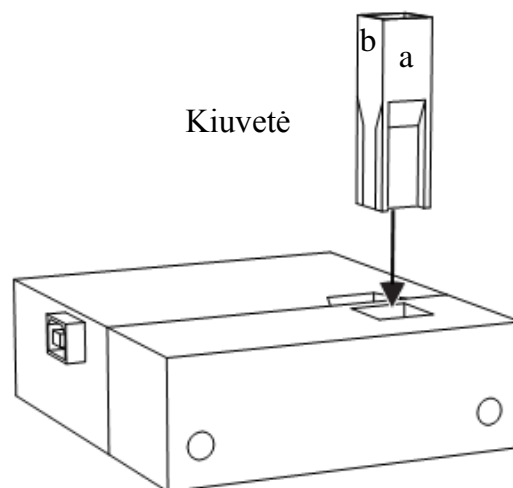
2.2.3. Išimkite juodą kiuvetę ir įdėkite kiuvetę su etanolio. Kiuvetę reikia dėti taip, kad skaidri kiuvetės sienelė būtų nukreipta į lempą. Šiuo atveju šviesos optinio kelio ilgis  $l$  yra lygus 1 cm (10 pav., b). Jei kiuvetę įdėtumėte plokštuma  $a$  atgręžta į lempą,  $l$  bus lygus 0.5 cm (tada visas toliau registruojamas optinio tankio vertes reikės padauginti iš 2).

2.2.4. Paspauskite F2 „Išsaugoti atraminį spektrą“ (*Save ref*) (9 pav.).

2.2.5. Paspauskite F4 „Uždaryti“ (*Close*) ir uždarysite langą.

2.2.6. Mygtukais F1 ir F2 paruošėte spektrometrą darbui. Jei tolesnių matavimų metu signalo nėra ar iškilo kita problema, spauskite  $F3$  „Išvalyti“ (*Clear Scan*) kad viską išvalytumėte ir punktus 2.2.1 – 2.2.5 atlikite iš naujo.

2.2.7. Darbo metu norėdami dar kartą patekti į spektrometro „Nustatymų“ (*Analysis Configuration*) režimą, spauskite  $F1$ , atsiras „Grafinio atvaizdavimo“ (*Graph screen*) langas. Spauskite  $F3$  atidaryti „Įrankių“ (*Tools*) meniu. Naudodami rodyklinius klavišus eikite žemyn ir pasirinkite „Spektrinius nustatymus“ (*Spectrum Analysis Config*) ir spauskite varnelę  $\checkmark$ .



10 pav. Kiuvetės padėtis spektrometre.

### 2.3. Sugerties spektro matavimas.

2.3.1. Paspauskite F4. Automatiškai atsiras „Grafinio atvaizdavimo“ (*Graph screen*) langas. Tai pagrindinis jūsų darbo langas, kuriame galėsite matuoti tirpalų sugerties ir pralaidumo spektrus.

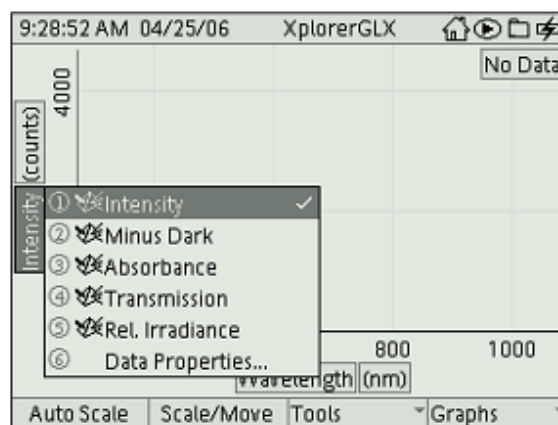
2.3.2. Du kartus paspauskite varnelę  $\checkmark$  ir rodyklėmis nustatykite, kad Y ašyje rodytų sugertį (*Absorbance*) (Pav. 11).

2.3.3. Spauskite  $\blacktriangleright$ , ir bus išmatuotmas spektras.

2.3.4. Dar kartą spauskite  $\blacktriangleright$ , kad sustabdytumėte matavimą.

2.3.5. Norėdami padidinti dominančią spektro dalį (400–700 nm spektrinėje srityje), spauskite F2 „Mastelio/padėties keitimo langą“ (*Scale/Move*). Rodyklėmis  $\left\{ \begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \\ \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right\}$  spektrą padidinkite.

2.3.6. Norėdami reikiamą spektro dalį pastumti į ekrano vidurį, antrą kartą spauskite F2 ir rodyklėmis spektrą pastumkite, kur reikia.



11 pav. Matavimų režimo grafinis langas.

2.3.7. Paspauskite F3 „Įrankiai“ (*Tools*) ir, išsirinę „Išmanūs įrankiai“ (*Smart tools*), paspauskite varnelę  $\checkmark$ . Atsiras rutuliukas, rodantis X ir Y vertes. Rodyklėmis  $\left\{ \begin{array}{c} \uparrow \\ \downarrow \\ \leftarrow \\ \rightarrow \end{array} \right\}$  nueikite ant dominančio spektro smailės (tarkime, 660 nm), ir ekrane matysite optinio tankio (A) vertę (ties šiuo bangos ilgiu daugiau šviesos sugeria *chlorofilas a*).

2.3.8. Rodyklėmis nueikite ant kitos smailės (tarkime, 650 nm), jūs ir vėl ekrane matysite tam tikrą optinio tankio vertę (ties šiuo bangos ilgiu daugiau šviesos sugeria *chlorofilas b*).

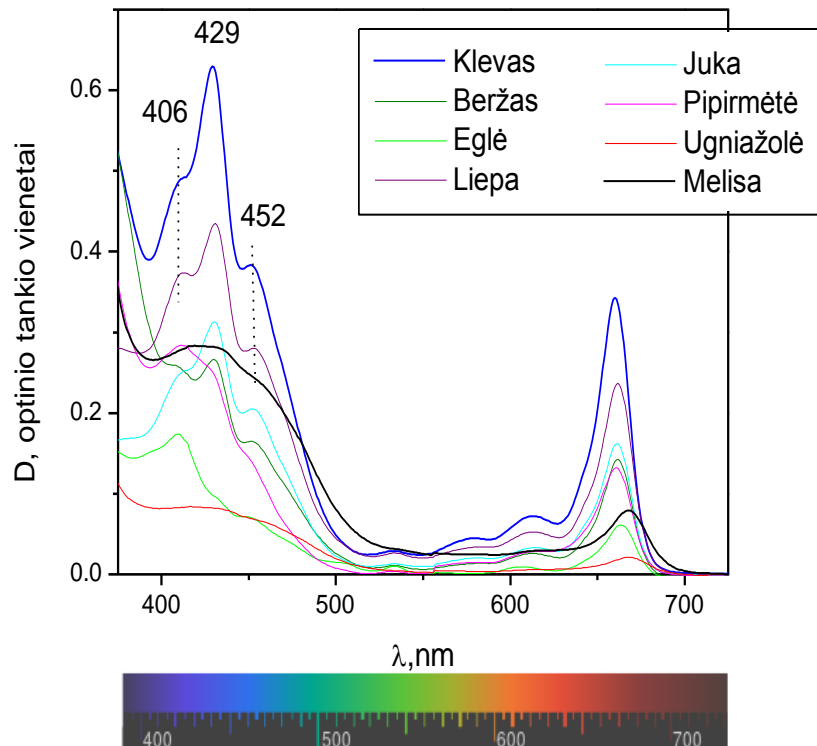
2.3.9. Optinio tankio vertes surašykite į lentelę (3 lentelė).

2.3.10. Išmatuota sugertis (optinis tankis,  $D$ ) neturi viršyti 1.2 optinio tankio vieneto. Jei yra daugiau, mėginį reikia skiesti.

2.3.11. Tarkim, gavome kad  $D=2$ . Siekiant „ $D$ “ sumažinti iki 1 optinio tankio vieneto, mėginį reikės skiesti 10 kartų: paimti 1 dalį turimo mėginio ir į jį įpilti 9 dalis tirpiklio (etanolio).

### 3. *Rezultatų analizė*

3.1. Darbo ataskaitos Grafike Nr. 2 pateikite visų jūsų išmatuotų augalų ekstraktų optinio tankio ( $D$ ) priklausomybės nuo šviesos bangos ilgo ( $\lambda$ ) grafikus 380 – 720 nm spektrinėje srityje (žr. 12 pav.pavyzdį).



12 pav. Augalų ekstraktų sugerties spektrai.

3.2. Darbo ataskaitoje aprašykite Grafiką Nr.2. pagal žemiau pateiktą pavyzdį:

*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 ..... ir chlorofilas ..... intensyviausiai sugėrė šviesos spindulius mėlynojoje spektrinėje srityje, jų sugerties smailės lokalizuotos ties 429 nm ir 452 nm atitinkamai. UV ir mėlynojoje spektrinėje srityje, . . . . . – . . . . . nm esanti chorofilų sugertis persikloja su kitų augaluose esančių pigmentų, pvz., . . . . . , . . . . . , . . . . . , . . . . . sugertimi. Tai apsunkina spektrinių duomenų interpretavimą. Todėl toliau darbe nagrinėjome augalų ekstraktų sugertį tik raudonojoje spektrinėje srityje (600 – ..... nm). (Vietoj daugtaškių įrašykite trūkstamus dydžius ir terminus).*

3.3. Darbo ataskaitos Grafike Nr. 3 pateikite visų jūsų išmatuotų augalų ekstraktų optinio tankio ( $D$ ) priklausomybės nuo šviesos bangos ilgo ( $\lambda$ ) grafikus 600 – 700 nm spektrinėje srityje.

3.4. Darbo ataskaitoje aprašykite Grafiką Nr.3. pagal žemiau pateiktą pavyzdį, o taip pat naudodami informaciją pateiktą darbo aprašo 2 pav:



*Iš sugerties spektrų nustatėme, kad daugumos tirtų mėginių sugerties spektro smailė yra ties . . . . . ± . . . nm. Tai reiškia, kad minėtuose augaluose yra žymiai daugiau chlorofilo . . . . nei chlorofilo . . . . ., kurio sugerties smailė yra ties . . . . . nm.*

3.5. Darbo ataskaitos 2 lentelėje įrašykite

Kiekvieno ištirto augalo tikslų pavadinimą;

Kiek kartų praskiedėte pradinį augalo ekstraktą iki jo sugerties matavimo;

3.5.1. Iš Grafiko Nr.2 ir Grafiko Nr.3 į darbo ataskaitos 2 lentelę įrašykite:

\* Kiekvieno ištirto augalo ekstrakto sugerties spektro maksimumų vertes UV-regimojoje bei raudonojoje spektrinėje srityje;

\*\* Optinio tankio vertę ties kiekvienu sugerties maksimumu.

3.6. Naudodamiesi darbo aprašo 2 lentelėje pateiktomis formulėmis bei darbo ataskaitos 2 lentelėje esančiais eksperimentiniais duomenimis raskite *chlorofilo a* ir *b* koncentracijas. Jei naudojote etanolį, skaičiavimams naudokite darbo aprašo 2 lentelėje pateiktas formules (11) ir (12).

3.6.1. Gautas chlorofilo koncentracijos vertes dauginkite iš skiedimų skaičiaus. Gavote *chlorofilo a* ir *b* koncentracijas.

3.6.2. Darbo ataskaitoje pateikite visus *chlorofilo a* ir *chlorofilo b* koncentracijų skaičiavimus.

Laboratorinio darbo  
**SPEKTROSKOPINIS CHLOROFILO NUSTATYMAS AUGALŲ EKSTRAKTUOSE**  
Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

***Prielaida/hipotezė:***

manau, kad ..... koncentracija skirtingų augalų ekstraktuose yra .....  
..... Tos pačios rūšies augalo ekstraktuose ..... koncentracija yra .....  
....., kai augalas yra žalias ir kai sudžiūvęs (pageltęs/ nuvytęs). Chlorofilo .....  
tos pačios rūšies augalo ekstraktuose priklauso nuo augalo auginimo sąlygų (.....,  
....., ..... ir kt.). Kuo lapas žalesnis,  
tuo jame ..... chlorofilo.

***Tyrimo duomenų analizė:***

**1. Chlorofilo ekstrakcija iš žaliųjų augalų.**

1.1. 1 lentelėje įrašykite sausos medžiagos masę, tirpiklį (skliaustuose) bei jo tūrį, kuris buvo panaudotas augalų ekstraktų gaminimui.

**1 lentelė.** Sausos medžiagos masė ir tirpiklio tūris reikalingas augalų ekstraktams pagaminti.

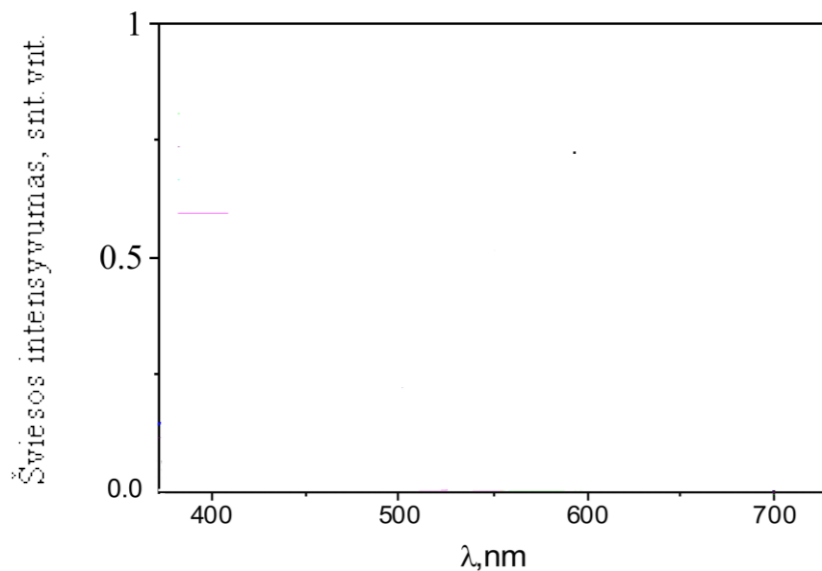
Nr.	Sausos medžiagos masė, g	Tirpiklio.(.....). tūris, ml
1		
2		
3		
...		

**2. Aparatūros testavimas**

2.1. Trumpai aprašykite pagrindinius žingsnius kaip išmatavote augalų ekstraktų sugerties spektrus.

.....  
.....  
.....  
.....

2.2. Prieš matuodami augalų ekstraktų sugerties spektrus užregistravote tamsinį spektrą ir tirpiklio atraminį spektrą. Grafike Nr.1 nubraižykite šviesos šaltinio emisijos spektrą, kurį panaudojote sugerties spektro registravimui bei atraminio spektro išsaugojimui.

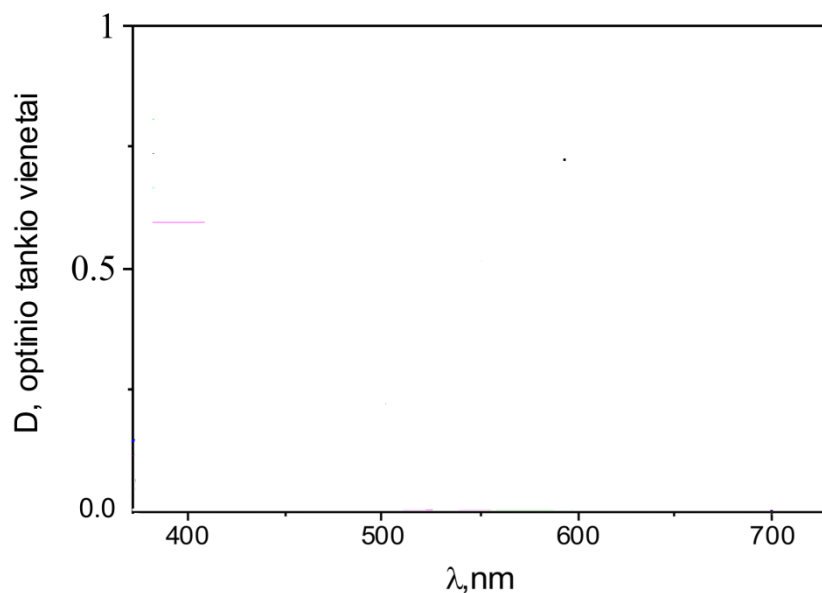


**Grafikas Nr.1** Šviesos šaltinio emisijos spektras.

### 3. *Rezultatų analizė*

#### 3.1. Augalinių ekstraktų sugerties spektrų atvaizdavimas;

Visi skirtingų augalinių ekstraktų sugerties spektrai atvaizduoti Grafike Nr.2.

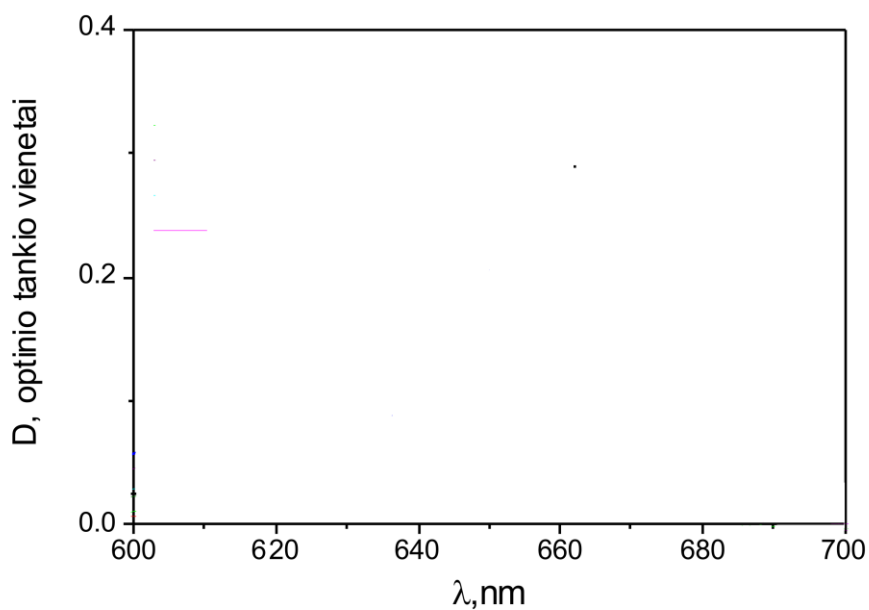


**Grafikas Nr.2.** Augalų ekstraktų sugerties spektrai

#### 3.2. Grafike Nr.2 pateikti spektrai aprašyti pagal darbo aprašo 3.2 skyriuje pateiktą pavyzdį:

.....  
 .....  
 .....

#### 3.3. Chlorofilo a ir chlorofilo b koncentracijos apskaičiuotos iš augalų ekstraktų sugerties pokyčių ilgabangėje spektrinėje srityje.



**Grafikas Nr.3.** Chlorofilo a ir b koncentracijos nustatymas iš augalų ekstraktų sugerties spektrų.

3.4. Grafike Nr.3 pateikti spektrai aprašyti pagal darbo aprašo 3.4 skyriuje pateiktą pavyzdį:

.....

.....

.....

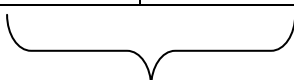
.....

.....

3.5. Pagal Grafike Nr.2 ir Grafike Nr.3 pateiktus duomenis užpildyta 2 lentelė:

**3 lentelė.** Matavimų duomenys

Augalo pavadinimas	Skiedimas [kartais]	Sugerties spektro maksimumai, [nm]		D, [opt.t.vnt.]		Chlorofilo koncentracija, µg/ml	
		*	*	**	**	a	b
		400–500 nm srityje	600–700 nm srityje	660–666 nm srityje	642–653 nm srityje		



Duomenys kiekybinei mišinio analizei

3.6. Naudodamiesi darbo aprašo 2 lentelėje pateiktomis formulėmis bei darbo ataskaitos 2 lentelėje esančiais eksperimentiniais duomenimis apskaičiavome *chlorofilo a* ir *b* koncentracijas tirtuose mėginiuose. Gautus rezultatus surašėme į 2 lentelę.

3.7. Chlorofilo koncentracijos skaičiavimas:

3.7.1. Pagrindinė formulė (įrašykite į laukelį apačioje):

*Chlorofilo a* ir *chlorofilo b* koncentracijų skaičiavimo juodraštis:

3.8. Darbo metu nustatėme, kad:

- daugiausiai *chlorofilo a* buvo ..... mėginyje.
  
- daugiausiai *chlorofilo b* buvo ..... mėginyje.

**Mokiniai padaro išvadas:**

- Padarykite išvadą, kurie tirti augalai turi daugiausiai chlorofilo a o kurie mažiausiai.  
.....  
.....
- Padarykite išvadą kurie tirti augalai turi daugiausiai chlorofilo b o kurie mažiausiai.  
.....  
.....
- Padarykite išvadą apie chlorofilo kiekio priklausomybę nuo mėginio ekstrahavimo sąlygų.  
.....  
.....  
Padarykite išvadą apie chlorofilo kiekio priklausomybę nuo augalo augimo sąlygų .....  
.....  
.....
- Padarykite išvadą, kaip galima apskaičiuoti žinomų tirpalo komponentų koncentraciją naudojantis sugerties spektrometro parodymais.  
.....  
.....
- Padarykite išvadą apie chlorofilo naudą gamtoje.  
.....  
.....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Kodėl lapas žalias?</li><li>2. Kodėl rudenį lapai keičia spalvą?</li><li>3. Nuo ko priklauso chlorofilo kiekis augale?</li><li>4. Kas galėjo lemti chlorofilo koncentracijos nustatymą eksperimento metu?</li><li>5. Ar gyvūnams augalai taip pat žali?</li><li>6. Ar gyvūnai gali turėti chlorofilo?</li><li>7. Ar yra chlorofilo jūsus maiste? Pateikite pavyzdžių.</li><li>8. Paašškinkite kodėl yra registruojamos nevienodos maksimalios chlorofilo optinio tankio vertės augalų ekstraktuose?</li><li>9. Kokią įtaką tirpalo optiniam tankiui turi kiuvetės ilgis?</li><li>10. Kokią įtaką tirpalo optiniam tankiui turi tirpinio koncentracija?</li><li>11. Kokią įtaką tirpalo optiniam tankiui turi optiškai skaidraus tirpiklio koncentracija?</li><li>12. Ką reiškia 1 optinio tankio vienetas?</li></ol>	

## 3.9 TRANSPIRACIJA

### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

Transpiracija yra vandens garinimas pro lapo žioteles. Vandens garinimui augalai naudoja Saulės energiją. Garinamas vanduo vėsina lapų paviršių ir padeda augalo stiebu 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.). Augaliui 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 YPATUMAI

Tyrimui atlikti pasirinksite vieną ar kelis augalus, juos tinkamai paruošite tyrimui, sumontuosite įrenginį, kaip 1,2 ar 3 pav.). Slėgio jutikliu matuosite oro slėgio kitimą mėgintuvėlyje virš vandens, esant skirtingam augalo apšvietai. Apšvietą matuosite apšvietos jutikliu. Pageidautina, kad tyrimo metu būtų matuojama ir temperatūra. Matavimų duomenis rinksite, kaupsite ir saugosite vienu iš turimų interfeisų. Vaizduosite ir analizuosite grafiniame displejuje. Įvertinsite transpiracijos greičio priklausomybę ir nuo įvairių kitų faktorių, tokių kaip: lapų paviršiaus plotas, jų skaičius, skirtingas blizgis (vaškinės kutikulės), skirtingas plaukuotumas ir t.t., pagal turimas gamtos mokslų laboratorijos galimybes bei tyrimo tikslus. Padarysite išvadas, ir sugalvosite tokio tipo įrenginio pritaikymą.

Kadangi įrenginys leidžia fiksuoti ir saugoti duomenis ilgą laiko tarpą, tyrimą, kaip projektinį darbą, galėsite atlikti skirtingu paros ir skirtingu metų laiku, esant skirtingai apšvietai, temperatūrai, oro drėgmei ir t.t. .

### EKSPERIMENTAS

#### *Tyrimo problema*

Kaip aptikti ir iširti transpiracijos reiškinių? Kaip priklauso transpiracijos greitis nuo augalo lapų paviršiaus ploto, nuo aplinkos srovių judėjimo (vėjo), temperatūros, apšvietos 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, apšvietos.

#### *Tikslas*

Gauti slėgio grafikus, iliustruojančius augalų transpiraciją.

Išdiskutuoti 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, nesant 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 dviems atvejams. Padaryti išvadas ir sugalvoti galimą praktinį pritaikymą. Atsakyti į klausimus, pateiktus laboratorinio darbo aprašymo gale.

## Eksperto priemonės:

- GLX'as ar kitas interfeisas
- Slėgio-temperatūros jutiklis.
- Apšvietos 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, elektrinis pūtikas.
- Kompiuteris (nebūtinai).

## Darbo eiga

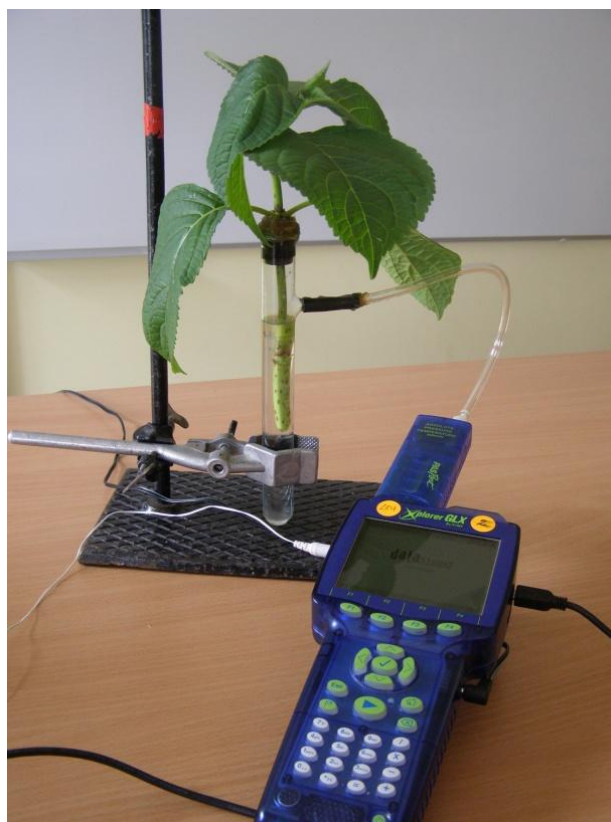
### 1. Priemonių parengimas darbui

- 1.1. 2-3 cm atstumu nuo dirvožemio paviršiaus nupiaukite augalą arba nukirpkite augalo dalį su stiebu ir tuoj pat pamerkite į platų indą su kambario temperatūros vandeniu. Laikydami augalą vandenyje, aštriu peiliuku, 45° kampu nupiaukite stiebo galą.
- 1.2. Į mėgintuvėlį su atšaka pripilkite vandens.
- 1.3. Nedelsdami, prakiškite augalo stiebą pro skylę kamštyje, ant vandens paviršiaus užpilkite nedidelį kiekį 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, apšvietos bei temperatūros jutiklius. Nuspauskite "Saulute" (☀150K) paženklinatą apšvietos jutiklio mygtuką: maksimali registruojama apšvietos vertė bus 150 000 liuksų (150K).
- 1.6. Įjunkite GLX skaitmeninį langą ir peržiūrėkite pradinius slėgio, apšvietumo ir temperatūros parametrus (2 pav. ). Juos pasižymėkite
- 1.7. Mėgintuvėlio atšaką vamzdeliu su greito prijungimo-atjungimo jungtimi sujunkite slėgio jutikliu.



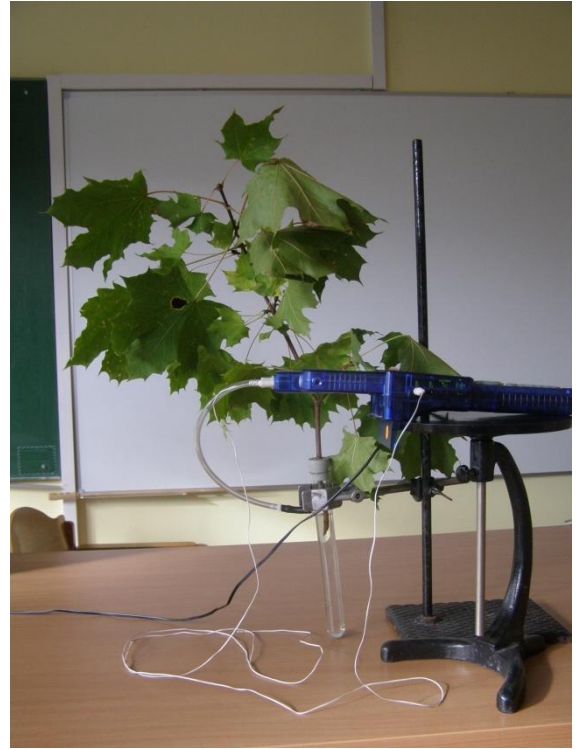
**1 pav.** Augalo šakelė prakišta pro guminį kamštį ir įmerkta į mėgintuvėlį su atšaka. Ant vandens paviršiaus užpiltas plonas aliejaus sluoksnis. Kamštis sandariai užkimštas ir hermetizuotas. Atšaka skaidraus plastiko vamzdeliu greito prijungimo-atjungimo jungtimi sujungta su slėgio jutikliu. Pastarasis prijungtas prie GLX'o.



- 1.8. Atsidarykite GLX Home, Sensors, ir pasirinkite matavimų registravimą Sekundėmis, kas 10 arba kas 15 sekundžių.
- 1.9. Grįžkite į grafinį GLX langą. Jei prijungėte du jutiklius, duomenis galite atvaizduoti dviem grafikais (*Two Graphs*), F4.



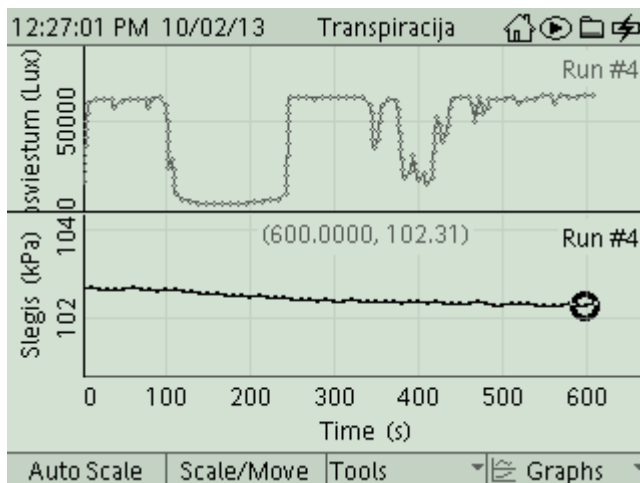
**2 pav.** Skaitmeniniame GLX ekrane galite tuo pat metu matyti slėgio, apšvietos ir temperatūrų vertes.



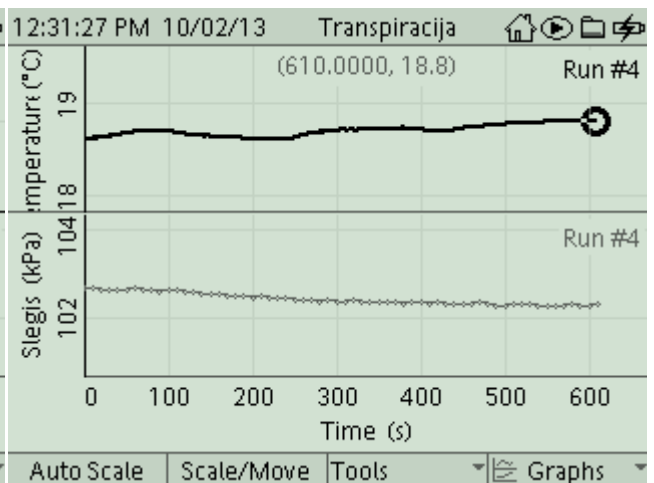
**3 pav.** GLX 'as pakeltas į tokią padėtį, kad apšvietos jutiklis registruotų apšvietą šviesos kritimo į augalo lapus vietoje.

## 2. *Matavimų procedūros*

- 2.1. Dar kartą patikrinkite, ar įrenginys sandariai sumontuotas, ar tinkamoje vietoje yra apšvietos 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). Gautus grafikus įterpkite laboratorinio darbo ataskaitos lapo nurodytoje vietoje (*IA. pav.*).



**4 pav.a.** Tyrimą atliekant su trim jutikliais: slėgio, apšvietos ir temperatūros, GLX ekrane galime stebėti po du grafikus: viršutinis-apšvietos



**4 pav.b.** Tyrimą atliekant su trim jutikliais: slėgio, apšvietos ir temperatūros, GLX ekrane galime stebėti po du grafikus: viršutinis- temperatūros,

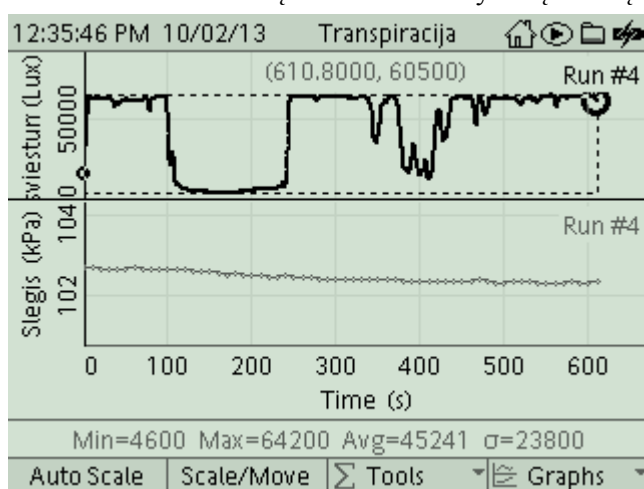
priklausomybės nuo laiko, apatinis – slėgio.

apatinis – slėgio.

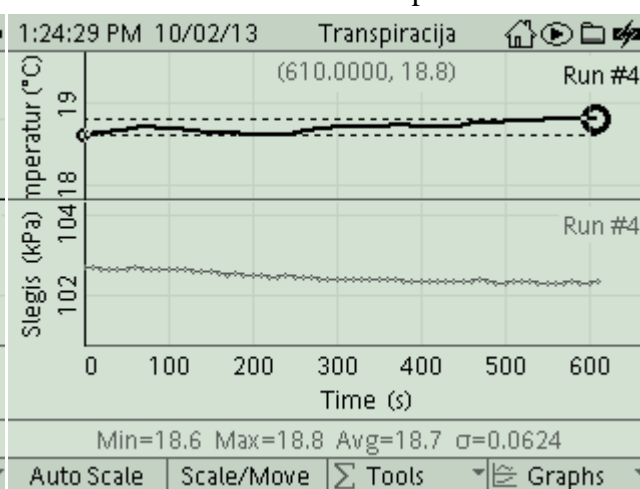
**Pastaba:** Jeigu slėgis nekinta arba pradeda didėti, tas rodo, kad, galimai, sistema nėra sandari ir kažkur praleidžia. Pabandykite iš naujo prispausti augalą vamzdelyje ir, pridėdami daugiau tepalo aplink vamzdelio galą, geriau izoliuokite.

### 3. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:

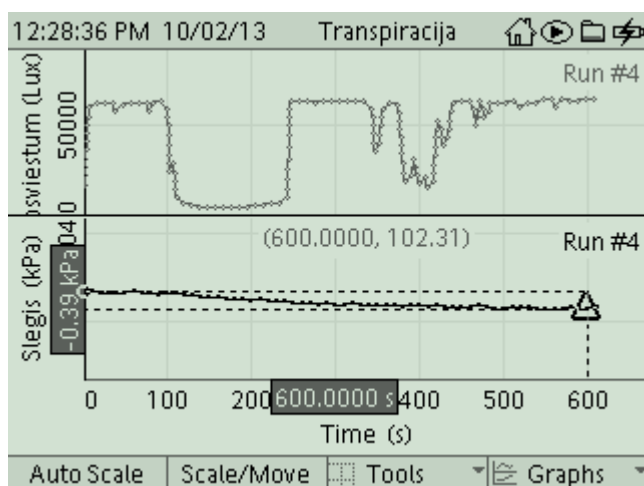
- 3.1. Pasinaudodami statistikos (įrankiu/ $\Sigma$ Statistics) iš įrašų (*Tools*) meniu raskite augalo lapų vidutinį apšviestumą per visą tyrimo laiką (5 pav.a). Matavimų duomenis surašykite į lentelę laboratorinio darbo ataskaitos lape.
- 3.2. Pasinaudodami statistikos ( $\Sigma$ Statistics) įrankiu iš įrašų (*Tools*) meniu raskite vidutinę aplinkos temperatūrą ( $T, ^\circ\text{C}$ ) per visą tyrimo laiką (5 pav.b).
- 3.3. Raskite oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio pokytį ( $\Delta p, \text{kPa}$ ) per visą tyrimo laiką (5 pav.c).
- 3.4. Rastkite oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio kitimo greitį ( $\Delta p/\Delta t, \text{kPa/s}$ ) (5 pav.d.).  
Visus matavimų duomenis surašykite į lentelę laboratorinio darbo ataskaitos lape



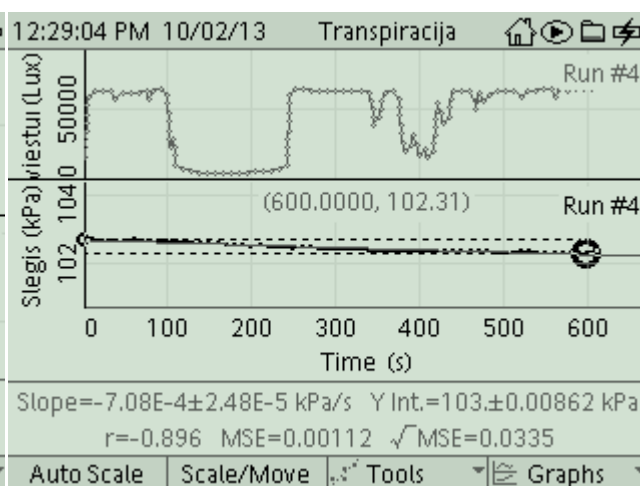
**5 pav.a.** Vidutinė augalo lapų apšvieta ( $E$ ) per visą tyrimo laiką:  $E= 45241 \text{ lx}$ .



**5 pav.b.** Vidutinė aplinkos temperatūra ( $T, ^\circ\text{C}$ ) per visą tyrimo laiką:  $T= 18,7 ^\circ\text{C}$ .



**5 pav.c.** Oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio pokytis, ( $\Delta p, \text{kPa}$ )  $\Delta p=- 0,39 \text{ kPa}$



**5 pav.d.** Oro, esančio mėgintuvėlyje su atšaka, slėgio kitimo greitis  $\Delta p/\Delta t=(-7,08\text{E}-4 \pm 2,48\text{E}-5) \text{ kPa/s}$ .

- 3.5. Pakeiskite tyrimo sąlygas: sumažinkite apšvieta (užtemdykite laboratoriją), pakeiskite oro drėgmę (augalą apgaubkite polietileno maišeliu), vėduokle sukelti švelnų vėjelį, paaimkite

augalą su didesniais ar daugiau lapų ir t.t. . ir matavimą, pagal aukščiau aprašytą eigą, pakartokite naujom sąlygom.

3.6. Atlikite duomenų analizę, kaip aprašyta aukščiau, ir užpildykite lentelę laboratorinio darbo ataskaitos lape.

3.7. Padarykite išvadas ir atsakykite į klausimus.

Laboratorinio darbo  
**TRANSPIRACIJA**  
Ataskaitos lapas

Data .....

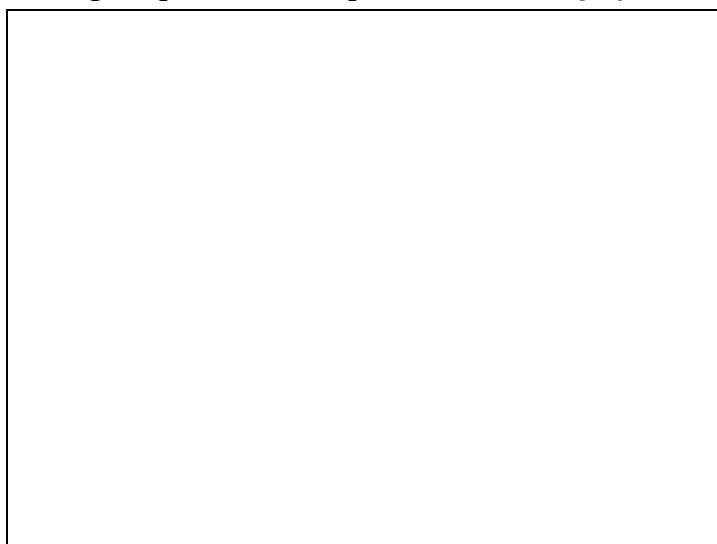
Pavardė, vardas. ....

Partneriai. ....

*Hipotezė*

Tikrinama prielaida, kad. ....  
.....

1. Šioje vietoje įterpkite slėgio, apšvietos ir temperatūros kitimo grafikus (1A. pav.).



**1A. pav.** slėgio, apšvietos ir temperatūros kitimo grafikai

- 1.1. Eksperimento rezultatų analizę atlikite, kaip parodyta aprašyme, “*Eksperimento rezultatai ir jų analizė*” Gautus duomenis surašykite į lentelę:

1 entelė

Tyrimo sąlygos	Apšvieta ( $E$ ), lx	Temperatūra ( $T$ ), °C	Oro slėgio pokytis ( $\Delta p$ ), kPa	Transpiracijos greitis ( $\Delta p/\Delta t$ ), kPa/s
Esant didelei apšvietai				
Esant mažai apšvietai				
Be vėjo				
Esant vėjui				
Kitos sąlygos (drėgmė)				

## Išvados ir klausimai:

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? .....  
Lapų paviršiaus plotui? ..... ir kt. ....  
Bent vieną atsakymą patikrinkite eksperimentuodami. Ar eksperimentas patvirtino jūsų  
prielaidą? .....
5. Kokį gamtos reiškinių modeliuoja/imituoja pūtikas ? .....
6. Pasiūlykite ir aprašykite keletą būdų, kurie jūsų manymu, leistų sumažinti/minimizuoti/ vandens  
praradimą per augalo lapus.  
.....  
.....
7. Padarykite išvadą apie tai, ar jūsų atliktas tyrimas patvirtino ar atmetė jūsų padarytą prielaidą  
/hipotezę/.  
.....  
.....

### 3.10 VAISIŲ SULČIŲ BIOLOGINIŲ, CHEMINIŲ IR FIZINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

#### LABORATORINIO DARBO TEORINIS PAGRINDIMAS

**Vaisių ir daržovių sultys** gaminamos iš prinokusių vaisių, uogų, daržovių jas spaudžiant ar ekstrahuojant. Vertingiausios yra sultys su minkštumu, 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. Mažiau vertingos yra sultys su cukrumi. Daugelyje sulčių yra vitamino 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 įtakoja riebalų apykaitą, 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. Kauluose yra beveik 99 % kalcio. Kalcis, esantis ne kaulų audinyje, vaidina svarbų vaidmenį perduodant nervinį impulsą griaučių ir širdies raumenų skaiduloms. Šis kalcio dalis svarbi krešėjimo sistemoms, fermentinių reakcijų reguliavimui.

Gausiai tręšiant dirvožemį neorganinėmis ir organinėmis trąšomis augaluose kaupiasi **nitrat**ai. 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. Vitaminas 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 trūkumui 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 nitratų 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. (Aktyvumas, efektyvioji koncentracija – koncentracijos funkcija, priklausanti nuo tirpalo joninės jėgos.)

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  $\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$ ;  $z_j$  – jonų krūviai.

Vaisių sulčių krūvininkai yra ne elektronai, o jonai. Jonų koncentracija ir judrumas sąlygoja sulčių elektrinį laidį. Jonų judrumas 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 laidumas 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.

## **EKSPERIMENTAS**

### ***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.

### 3.10.1 K<sup>+</sup> KONCENTRACIJOS NUSTATYMAS

#### *Tyrimo problema*

Kaip kalio jonų kiekiai vaisių sultyse priklauso nuo vaisių rūšies ir sulčių gamintojų.

#### *Eksperimento tikslas*

Ištirti kalio jonų koncentracijas skirtingose vaisių sultyse.

#### **Eksperimento priemonės:**

- NOVA 5000
- K<sup>+</sup> 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<sup>+</sup>) standartinis K<sup>+</sup> tirpalas: (1,910 g KCl ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml).
- 1 M NaCl joninę jėgą reguliuojantis tirpalas (58,443 g NaCl ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml).
- Tiriamųjų sulčių mėginiai.

#### **Darbo eiga:**

##### 1. *Kalibravimui skirtų K<sup>+</sup> 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 žymės. 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.



1 pav. K jonų koncentracijos matavimo įranga





- 2.5. Įjungiami 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 paspaudžiamas mygtukas  (**Sąranka**). Paspaudus **Norma** nustatomas duomenų rinkimo dažnis (1 matavimas per sekundę), paspaudus **Matavimai** nustatomas matavimų skaičius (pavyzdžiui 1000 matavimų). Tada paspaudžiama **OK**.
- 2.10. Prieš kalibravimą elektrodas vėl kruopščiai nuskalaujamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas.


### 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. Įmerkiami temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodas. Įjungiami magnetinė maišyklė (arba purtoma rankomis).
- 3.2. Paspaudus mygtuką  (**Run**) pradedama matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiamas mygtukas  (**Stop**).
- 3.3. Elektrodas nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į kitą didesnės koncentracijos (10 ppm  $K^+$  tirpalą) Tokiu pat būdu išmatuojamas šio ir kitų kalibravimui paruoštų tirpalų potencialas.
- 3.4. Patikrinamas elektrodo jautrumas. Tai potencialų skirtumas standartiniuose tirpaluose, kurių koncentracijos skiriasi 10 kartų, pavyzdžiui, 10 ppm ir 100 ppm. Esant 25 °C temperatūrai jis turi būti lygus  $56 \pm 4$  mV. Jei elektrodo jautrumas išeina iš nustatytų ribų, jį galima atstatyti dviem valandom įmerkus į standartinį tirpalą. Po to kalibravimas pakartojamas.

### 4. Mėginių matavimas

- 4.1. Matuojamas  $K^+$  elektrodo potencialas įvairių vaisių sultyse. Tam tikslui 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. Taip išmatuojami  $K^+$  elektrodo potencialai vsuose paruoštuose sulčių mėginiuose.
- 4.2. Pabaigus matavimus, elektrodas (ir temperatūros jutiklis) kruopščiai nuskalaujamas vandeniu, nusausinamas ir įmerkiamas į praskiestą standartinį tirpalą (pvz., 10 ppm  $K^+$  tirpalą) iki kito matavimo.
- 4.3. Matavimo duomenys išsaugomi paspaudus mygtuką  (**Save**).
- 4.4. Jeigu artimiausiu metu matavimai nenumatomi, elektrodo membrana uždengiama apsauginiu buteliuku ir laikoma sausa.

# VAISIŲ SULČIŲ BIOLOGINIŲ, CHEMINIŲ IR FIZINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

## I. $K^+$ koncentracijos nustatymas

### Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

#### *Hipotezė:*

šviežiai spaustose ir skirtingų gamintojų sultyse kalio jonų yra .....

#### 1. *Tyrimo duomenų analizė:*

1.1. Kalibravimo duomenis pateikite 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Standartinių tirpalų koncentracija ir kalibravimo duomenys

Eil. Nr.	Koncentracija, ppm	$E$ , mV
1	1	
2	10	
3	100	
4	500	

1.2. PlanMaker arba Excel skaičiuokle nubrėškite kalibravimo grafiką (elektrodo potencialo priklausomybės nuo kalio jonų koncentracijos logaritmo grafiką) (2 pav.). Paspaudus **Add trendline** ant grafiko pasirodys gautos tiesės lygtis.



2 pav.

1.3. Kalio jonų koncentraciją sultyse apskaičiuokite pasinaudoję gauta kalibravimo tiesės lygtimi. Bendruoju atveju kalibravimo tiesė aprašoma lygtimi  $E = k \log C + b$ . Iš čia  $C = 10^{(E-b)/k}$ . Į gautą lygtį įrašę išmatuotas elektrodo potencialo vertes sultyse, apskaičiuokite kalio jonų koncentracijas paruoštuose tirpaluose 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  $K^+$ / 100 ml sulčių.

1.4. Apskaičiuotas kalio jonų koncentracijas ištirtose sultyse pateikite 2A lentelėje.

**2 lentelė.**  $K^+$  koncentracija ištirtose vaisių sultyse

Sulčių pavadinimas	$K^+$ koncentracija praskiestose sultyse, ppm	$K^+$ koncentracija sultyse, ppm	$K^+$ koncentracija sultyse, mg/100 ml

### Išvados

- Palyginkite kalio jonų koncentraciją vienos rūšies šviežiai išspaustose ir parduodamose sultyse. ....
- Įvertinkite, kiek reikėtų išgerti vienu ar kitu sulčių, kad jose būtų  $K^+$  dienos norma. ....

### 3.10.2 $\text{Ca}^{2+}$ KONCENTRACIJOS NUSTATYMAS

#### **Tyrimo problema**

Kaip kalcio jonų kiekiai vaisių sultyse priklauso nuo vaisių rūšies ir sulčių gamintojų.

#### **Eksperimento tikslas**

Ištirti kalcio jonų koncentracijas skirtingose vaisių sultyse.

#### **Eksperimento priemonės:**

- NOVA 5000
- $\text{Ca}^{2+}$  jutiklis
- temperatūros jutiklis
- svarstyklės
- 150 ml stiklinė
- 1000 ml matavimo kolba
- 100 ml matavimo kolbos
- plovimo indas su distiliuotu vandeniu
- pipetės.

#### **Reagentai:**

- 1000 ppm (0,0249 M  $\text{Ca}^{2+}$ ) standartinis  $\text{Ca}^{2+}$  tirpalas: (3,668 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml)
- 4 M KCl joninę jėgą reguliuojantis tirpalas (300 g KCl ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml)
- Tiriamų sulčių mėginiai.


#### **Darbo eiga:**

##### 1. **Kalibravimui skirtų $\text{Ca}^{2+}$ standartinių tirpalų paruošimas**

Paruošiami trys standartiniai tirpalai: į tris 100 ml matavimo kolbas įpilama po 10, 5 ir 1 ml 1000 ppm koncentracijos standartinio  $\text{CaCl}_2$  tirpalo, į kiekvieną kolbą po 2 ml joninę jėgą reguliuojančio 4M KCl tirpalo ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki žymės. 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 neliesiti 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. Įjungiamas 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 didesnę 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, nustatant 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. Įmerkiami temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodas. Įjungiami magnetinė maišyklė (arba maišoma rankomis).

3.2. Paspaudus mygtuką  (**Run**) pradedama matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiamas mygtukas  (**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 koncentracijos, kalibravimui paruošto tirpalo potencialas.

3.4. Patikrinamas elektrodo jautrumas. Tai potencialų skirtumas standartinių tirpalų, kurių koncentracijos skiriasi 10 kartų, pavyzdžiui, 10 ppm ir 100 ppm. Esant 25 °C temperatūrai jis turi būti lygus  $28 \pm 2$  mV. Jei elektrodo jautrumas išeina iš nustatytų ribų, jį galima atstatyti dviem valandoms įmerkus elektrodą į standartinį tirpalą. Po to kalibravimas pakartojamas.


### 4. *Mėginių matavimas*

4.1. Matuojamas  $\text{Ca}^{2+}$  elektrodo potencialas pasirinktose vaisių sultyse. Tam tikslui 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.

4.2. Temperatūros jutiklis ir selektyvus elektrodas nuplaunami distiliuotu vandeniu, nusausinami ir įmerkiami į mėginį.

4.3. Paspaudus mygtuką  (**Run**) pradedama matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiamas mygtukas  (**Stop**).

4.4. Taip išmatuojami paruoštų tirpalų potencialai. Prieš kiekvieną matavimą elektrodas kruopščiai nuplaunamas ir nusausinamas. Matavimo metu mėginys maišomas.

4.5. Matavimo duomenys išsaugomi paspaudus mygtuką  (**Save**).

4.6. Pabaigus matavimus, elektrodas (ir temperatūros jutiklis) kruopščiai nuskalaujamas vandeniu ir įmerkiamas į praskiestą standartinį tirpalą (10 ppm). Jeigu artimiausiu metu matavimai nenumatomi, elektrodo membrana uždengiama apsauginiu buteliuku ir laikoma sausa.

**VAISIŲ SULČIŲ BIOLOGINIŲ, CHEMINIŲ IR FIZINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**

**II. Ca<sup>2+</sup> koncentracijos nustatymas**

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

**Hipotezė:**

šviežiai spaustose ir skirtingų gamintojų sultyse kalcio jonų yra .....

**1. Tyrimo duomenų analizė:**

1.1. Kalibravimo duomenis pateikite 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Standartinių tirpalų koncentracija ir kalibravimo duomenys

Eil. Nr.	Koncentracija, ppm	<i>E</i> , mV
1	10	
2	50	
3	100	

1.2. PlanMaker arba Excel skaičiuokle nubrėžkite kalibravimo grafiką (elektrodo potencialo priklausomybės nuo kalcio jonų koncentracijos logaritmo grafiką) (1 pav.). Paspaudus **Add trendline (linear)** ant grafiko pasirodys gautos tiesės lygtis.



1 pav.

1.3. Kalcio jonų koncentraciją sultyse apskaičiuokite pasinaudoję gauta kalibravimo tiesės lygtimi. Bendroju atveju kalibravimo tiesė aprašoma lygtimi  $E = k \log C + b$ . Iš čia  $C = 10^{(E-b)/k}$ . Į gautą lygtį įrašę išmatuotas elektrodo potencialo vertes sultyse, apskaičiuokite kalcio jonų koncentracijas paruoštuose tirpaluose 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.

1.4. Apskaičiuotas kalcio jonų koncentracijas ištirtose sultyse pateikite 2A lentelėje.

**2 lentelė.** Ca<sup>2+</sup> koncentracija ištirtose vaisių sultyse

Sulčių pavadinimas	Ca <sup>2+</sup> koncentracija praskiestose sultyse, ppm	Ca <sup>2+</sup> koncentracija sultyse, ppm	Ca <sup>2+</sup> koncentracija sultyse, mg/100 ml

### Išvados

- Palyginkite kalcio jonų koncentraciją vienos rūšies šviežiai išspaustose ir parduodamose sultyse. ....
- Įvertinkite, kiek reikėtų išgerti vienu ar kitu sulčių, kad jose būtų Ca<sup>2+</sup> dienos norma. ....

### 3.10.3 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> JONŲ KONCENTRACIJOS NUSTATYMAS

#### *Tyrimo problema*

Kaip nitrato jonų kiekiai vaisių sultyse priklauso nuo vaisių rūšies ir sulčių gamintojų.

#### *Eksperimento tikslas*

Ištirti nitrato jonų koncentracijas skirtingose vaisių sultyse.

#### **Eksperimento priemonės:**


- NOVA 5000
- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 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 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) standartinis NO<sub>3</sub><sup>-</sup> tirpalas: (1,631 g KNO<sub>3</sub> ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml)
- 2 M (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> joninę jėgą reguliuojantis tirpalas (264,3 g (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ištirpinti distiliuotame vandenyje ir praskiesti iki 1000 ml)
- Tiriamų sulčių mėginiai.

#### **Darbo eiga:**

##### 1. *Elektrodo paruošimas matavimams*

- 1.1. Nitrato elektrodo gale sumontuota membrana yra apgaubta apsauginiu buteliuku. Jį reikia nuimti atsukant. *Jokiu būdu pirštais neliesti PVC membraną.*
- 1.2. Elektrodo nuplaunamas distiliuotu vandeniu, nusauginamas. *Jokiu būdu netrinti.*
- 1.3. 10 min elektrodo palaikomas įmerktas į vandenį. Tada prieš kalibravimą elektrodo dvi valandas laikomas įmerktas į praskiestą standartinį nitrato tirpalą (pvz., 0,1 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/l).
- 1.4. Elektrodo vėl kruopščiai nuskalaujamas distiliuotu vandeniu, nusauginamas.
- 1.5. Įjungiamas NOVA5000.
- 1.6. Prie pirmojo duomenų kaupiklio įvado prijungiamas temperatūros jutiklis.
- 1.7. Elektrodo 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). Tada paspaudžiamas **OK**.





1.10. Prieš kalibravimą elektrodas vėl kruopščiai nuskalaujamas distiliuotu vandeniu, nusausinamas.




## 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 2M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  tirpalo ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki žymės. 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. Įmerkiami temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodas. Įjungiamo magnetinė maišyklė (arba maišoma rankomis).
- 2.2. Paspaudus mygtuką  (**Run**) pradedama matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiamas mygtukas  (**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.
- 2.4. Patikrinamas elektrodo jautrumas. Tai potencialų skirtumas standartinių tirpalų, kurių koncentracijos skiriasi 10 kartų, pavyzdžiui, 4 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/l ir 40 mg  $\text{NO}_3^-$ -N/l. Esant 25 °C temperatūrai jis turi būti lygus  $56 \pm 4$  mV.
- 2.5. Jei elektrodo jautrumas išeina iš nustatytų ribų, jį galima atstatyti dviem valandom įmerkus elektrodą į praskiestą standartinį tirpalą. Po to kalibravimas pakartojamas.

## 3. *Mėginių matavimas*

- 3.1. Į 150 ml stiklinę įpilama 50 ml tiriamųjų sulčių, 2 ml 2 M  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  tirpalo (joninę jėgą reguliuojantis tirpalas) ir praskiedžiama distiliuotu vandeniu iki 100 ml.
- 3.2. Temperatūros jutiklis ir selektyvusis elektrodas nuplaunami distiliuotu vandeniu, nusausinami ir įmerkiami į mėginį.
- 3.3. Paspaudus mygtuką  (**Run**) pradedama matuoti. Nusistovėjus potencialui paspaudžiamas mygtukas  (**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 mygtuką  (**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.

III. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> jonų koncentracijos nustatymas

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Hipotezė:*

šviežiai spaustose ir skirtingų gamintojų sultyse nitrato jonų yra .....

1. *Tyrimo duomenų analizė:*

1.1. Kalibravimo duomenis pateikite 1A lentelėje.

*1 lentelė.* Standartinių tirpalų koncentracija ir kalibravimo duomenys

Eil. Nr.	Koncentracija, ppm	<i>E</i> , mV
1	1	
2	10	
3	50	
4	100	

1.2. PlanMaker arba Excel skaičiuokle nubrėžkite kalibravimo grafiką (elektrodo potencialo priklausomybės nuo nitrato jonų koncentracijos logaritmo grafiką) (1 pav.). Paspaudus **Add trendline (linear)** ant grafiko pasirodys gautos tiesės lygtis.



1 pav.

1.3. Nitrato jonų koncentraciją sultyse apskaičiuokite pasinaudoję gauta kalibravimo tiesės lygtimi. Bendroju atveju kalibravimo tiesė aprašoma lygtimi  $E = k \log C + b$ . Iš čia  $C = 10^{(E-b)/k}$ . Į gautą lygtį įrašę *k* ir *b* koeficientų vertes ir išmatuotas elektrodo potencialo vertes sultyse, apskaičiuokite nitrato jonų koncentracijas paruoštuose tirpaluose 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 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/ 100 ml.

1.4. Apskaičiuotas nitrato jonų koncentracijas ištirtose sultyse pateikite 2A lentelėje.

**2 lentelė.** NO<sub>3</sub><sup>-</sup> koncentracija ištirtose vaisių sultyse

Sulčių pavadinimas	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentracija praskiestose sultyse, ppm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentracija sultyse, ppm	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> koncentracija sultyse, mg/100 ml

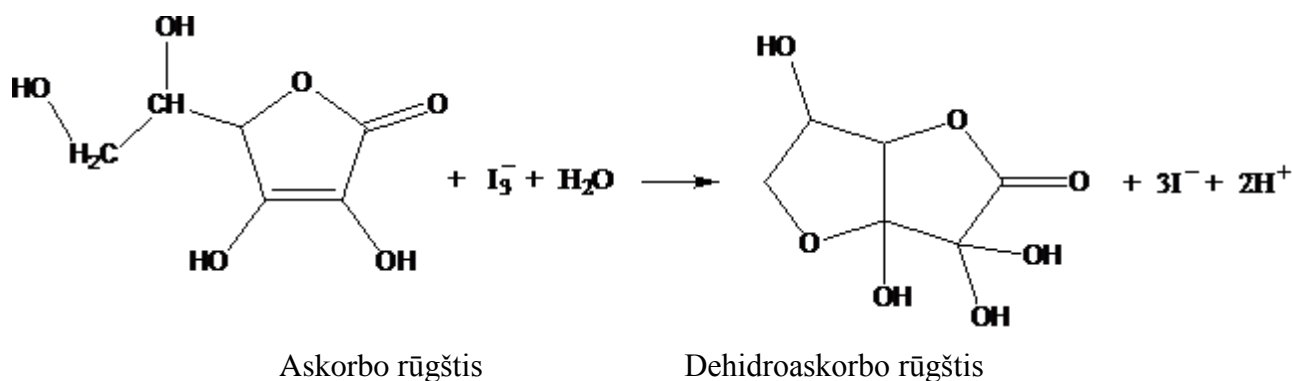
### Išvados

- Palyginkite nitrato jonų koncentraciją vienos rūšies šviežiai išspaustose ir parduodamose sultyse .....
- Padarykite išvadą apie tai, ar nitrato koncentracija ištirtose sultyse viršija nustatytas normas .

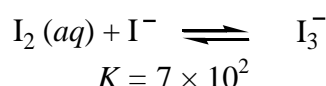
### 3.10.4 VITAMINO C KONCENTRACIJOS NUSTATYMAS

Vitaminas C, askorbo rūgštis ( $C_6H_8O_6$ ), 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, vykdant jo oksidaciją jodo tirpalu:



Molekulinis jodas labai silpnai tirpsta vandenyje (tik  $1,3 \times 10^{-3}$  M 20°C temperatūroje), tačiau susijungęs su jodido jonu į kompleksinį junginį tirpsta žymiai geriau.



0,05 M  $I_3^-$  tirpalas dažniausiai ruošiamas tirpinant 0,12 mol KI ir 0,05 mol  $I_2$  viename litre vandens.

Titruojant jodo tirpalu indikatoriumi naudojamas krakmolas. Jei jodo tirpale nėra kitų spalvotų junginių, jodo spalvą dar galima matyti esant mažiausiai  $\sim 5 \mu\text{M}$  koncentracijai. Su krakmolu nustatymo riba prasiplečia maždaug dešimt kartų.

Titruojant su  $I_3^-$  krakmolas įlašinamas titravimo pradžioje. Pasiekus ekvivalentinį tašką pirmas perteklinis  $I_3^-$  lašas nudažo tirpalą tamsiai mėlyna spalva.

#### *Tyrimo problema*

Kaip vitamino C koncentracija vaisių sultyse priklauso nuo vaisių rūšies ir sulčių gamintojų.

#### *Eksperimento tikslas*

Ištirti vitamino C koncentraciją skirtingose vaisių sultyse.

#### **Eksperimento priemonės:**

- svarstyklės
- biuretė su laikikliu
- 250 ml matavimo kolba
- kūginės kolbos titravimui
- cheminės stiklinės
- pipetės

- plovimo indas su distiliuotu vandeniu.

**Reagentai:**

- 0,01 M  $I_3^-$  tirpalas (0,63 g  $J_2$  ir 1,00 g KJ ištirpinama maždaug 200 ml distiliuoto vandens, supilama į 250 ml matavimo kolbą ir praskiedžiama iki žymės.)
- 1 % krakmolo tirpalas.
- vaisių sultys, išspaustos rankiniu būdu arba iš prekybos.

**Darbo eiga**

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 sukdami stiklinę ranka (1 pav.).

Išmatuojamas nutitruoto jodo tirpalo tūris. Titravimas kartojamas tris kartus. Tokiu būdu nutitruojami visi sulčių mėginiai.



**1 pav.** Vitamino C nustatymas titravimo metodu

# VAISIŲ SULČIŲ BIOLOGINIŲ, CHEMINIŲ IR FIZINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

## IV. Vitamino C koncentracijos nustatymas

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Hipotezė:*

šviežiai spaustose ir skirtingų gamintojų sultyse vitamino C yra .....

### 1. Tyrimo duomenų analizė:

1.1. Titravimo rezultatus pateikite 1 lentelėje.

*1 lentelė.* Vaisių sulčių titravimo duomenys (nutrituoto jodo tirpalo tūris)

Sulčių pavadinimas	I titravimas, ml	II titravimas, ml	III titravimas, ml	Vidutinė kvadratinė paklaida, ml	Gauta vertė, ml

1.2. Apskaičiuokite titravimo, kaip tiesioginio matavimo, vidutinę kvadratinę paklaidą:

$$S(V_1) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{V} - V_i)^2}{n-1}} .$$

1.2.1. Biuretės, su kuria buvo atliekamas titravimas, sisteminė paklaida  $P(\text{sist}) = \dots$  ml.

1.2.2. Titravimo paklaidą apskaičiuokite sudėję sisteminės ir vidutinės kvadratinės paklaidų kvadratus ir iš gauto rezultato ištraukę kvadratinę šaknį:

$$\Delta V_1 = \sqrt{S^2(V_1) + P^2(\text{sist})} .$$

$$\Delta V_1 = \dots \text{ ml} .$$

1.3. Vitamino C koncentracija apskaičiuojama pagal ekvivalentų dėsnį:

$$V_1(\text{J}_3^-) \times C_1(\text{I}_3^-) = V_2(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) \times C_2(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6) .$$

Čia:  $V_1$  – nutrituoto jodo tirpalo tūris,  $V_2$  – titravimui paimtų sulčių tūris,  $C_1$  – jodo tirpalo molinė koncentracija,  $C_2$  – vitamino C molinė koncentracija sultyse.

Iš čia

$$C_2 = \frac{V_1 \times C_1}{V_2} .$$

1.3.1. Vitamino C koncentracija, apskaičiuota pagal ekvivalentų dėsnį, reiškiamą mol/l. Ją perskaičiuokite į maisto pramonėje priimtus vienetus mg/100 ml sulčių.

1.3.2. Koncentracijos paklaidą apskaičiuokite pagal pateiktą formulę:

$$\Delta C_2 = \frac{C_1}{V_2} \Delta(V_1).$$

1.4. Skaičiavimų rezultatus pateikite 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Vitamino C koncentracija vaisių sultyse

Vaisių sultys	Vitamino C koncentracija, mg/100 ml

### Išvados

- 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. . . . .  
.....

### 3.10.5 VAISIŲ SULČIŲ PH IR ELEKTRINIO LAIDŽIO NUSTATYMAS

#### *Tyrimo problema*

Kaip vaisių sulčių elektrinis laidis ir pH priklauso nuo vaisių rūšies ir sulčių gamintojų.

#### *Eksperimento tikslas*

Ištirti skirtingų vaisių sulčių elektrinį laidį ir pH.

#### **Eksperimento priemonės:**

- NOVA 5000
- 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, išspaus tos 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. Tam tikslui 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 laidumo 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 burbuliukai ant laidžio jutiklio elektrodo, ir pradėkite matuoti, paspaudę mygtuką  (**Run**).
- 1.5. Atsuktuvu atsargiai sukite kalibravimo varžtą, kol rodmenys atitiks 1 lentelėje nurodytas vertes (atitinkančias tirpalo temperatūrai).

*1 lentelė.* 0,01 M KCl tirpalo standartinis elektrinis laidis



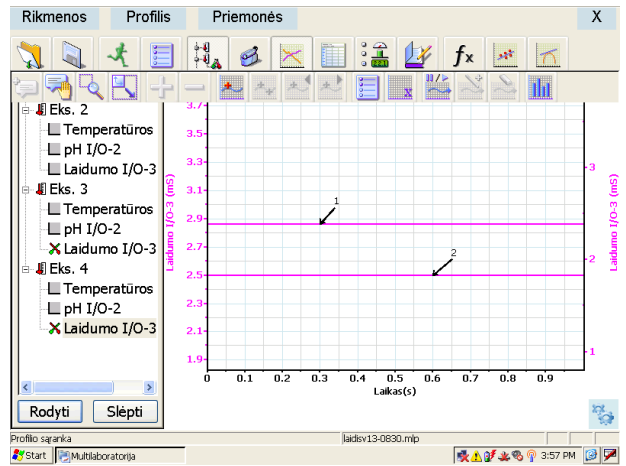
Temperatūra, °C	Savitasis laidis, μS/cm
0	776
5	896
10	1020
15	1147
16	1173
17	1199
18	1225
19	1351
20	1278
21	1305
22	1332
23	1359
24	1386
25	1413

## 2. Mėginių matavimas

- 2.1. Laboratoriniame stove įtvirtinami pH ir elektrinio laidumo jutikliai.
- 2.2. Įjungiama NOVA.
- 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 laidumo elektrodas per stiprintuvą prijungiamas prie trečiojo kaupiklio įvado.
- 2.6. Visi jutikliai nuplaunami distiliuotu vandeniu, atsargiai nusausinami ir įmerkiami į stiklinę su paruoštomis sultimis (100 ml). Stiklinė pastatyta ant magnetinės maišyklės (1 pav.)
- 2.7. NOVA5000 programinė įranga automatiškai atpažįsta jutiklius.
- 2.8. Pagrindinėje įrankių juostoje spaudžiamas mygtukas  (**Sąranka**). 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 mygtuką  (**Stop**).
- 2.9. Elektrodai iškeliami iš mėginio, kruopščiai nuplaunami vandeniu ir nusausinami.
- 2.10. Galima pradėti kito mėginio matavimus (2 pav.).
- 2.11. Pabaigus visus matavimus duomenys išsaugomi paspaudus mygtuką  (**Save**).
- 2.12. Abu elektrodai kruopščiai nuplaunami ir nusausinami. pH elektrodas įstatomas į apsauginį buteliuką su 4 M KCl tirpalu.



**1 pav.** Sulčių pH ir elektrinio laidumo matavimo stendas



**2 pav.** Natūralių apelsinų (1) ir obuolių (2) sulčių elektrinio laidumo matavimas.

# VAISIŲ SULČIŲ BIOLOGINIŲ, CHEMINIŲ IR FIZINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

## V. Vaisių sulčių pH ir elektrinio laidžio nustatymas

Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

### **Hipotezė:**

šviežiai spaustose ir skirtingų gamintojų sulčių pH ir elektrinis laidis yra .....

### 1. **Matavimų duomenys**

1.1. Ištirtų sulčių pH ir savitojo laidžio matavimų duomenis pateikite 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Ištirtų sulčių pH ir savitojo laidžio matavimų duomenys. Tirpalų temperatūra ...°C.

Sulčių pavadinimas	pH	Savitasis laidis, mS/cm

### **Išvados**

- 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? Vaisiaus išnokimo laipsnio? Suprojektuokite eksperimentą gauti atsakymą į vieną iš klausimų .....

### **KONTROLINIAI KLAUSIMAI IR ATSAKYMAI**

Klausimai	Atsakymai
1. Paaiškinkite, kaip priklauso selektyvaus elektrodo potencialas nuo atitinkamų jonų	

koncentracijos.	
2. Ką vadiname tirpalo jonine jėga?	
3. Kodėl nitratų perteklius sultyse yra neigiamas reiškinys?	
4.	

### 3.11 VANDENS, ESANČIO MOLINIAME AŠOTYJE, ŠILUMOS KITIMO TYRIMAS

#### 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.

Antikos laikotarpiu klajojančios gentys, gyvenusios karštose 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?

#### EKSPERIMENTAS

##### *Tyrimo problema*

Kaip vyksta šilumos kitimas vandens, esančio moliniame ąsotyje.

##### *Eksperimento tikslas*

ištirti vandens temperatūros ir aplinkos drėgmės kitimą šilumai išsiskiriant iš molinio ąsočio į aplinką.


##### **Eksperimento priemonės:**

- Nova5000;
- 2 temperatūros jutikliai (nuo -25 oC iki 110 oC);

- 2 drėgmės jutikliai;
- 2 moliniai ąsočiai;
- 2 dangteliai ąsočiams uždengti. Dangteliai su skylėmis temperatūros jutikliams įdėti;
- Plastikinis maišelis;
- Karštas vanduo (apie 70 oC);
- 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

JUTIKLIAI		
Drėgmės	Įvestis 1/Input 1	
Drėgmės	Įvestis 2/Input 2	
Temperatūros	Įvestis3/Input3	nuo -25 °C iki 110 °C
Temperatūros	Įvestis4/Input4	nuo -25 °C iki 110 °C
NORMA		
	Kas sekundę	
MATAVIMAI		
	2000 matavimų	

### 2. *Matavimų procedūros:*


2.1. Parenkite priemones taip, kaip parodyta 1 paveiksle:

- 2.1.1. Į ąsočius įpilkite vienodą kiekį vienodos temperatūros vandens (maždaug 2/3 ąsočio tūrio).
- 2.1.2. 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.
- 2.1.3. Plastmasinį maišelį, kuriame yra ąsotis užriškite.

2.2. Paspauskite mygtuką **Run**  ir pradėkite matavimus.



**1 pav.** Eksperimento parengimas

- 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.

Laboratorinio darbo  
**VANDENS, ESANČIO MOLINIAME AŠOTYJE, ŠILUMOS KITIMO TYRIMAS**  
Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Hipotezė:*

Manau, kad išsiskiriant šilumai iš molinio ašočio į aplinką vandens temperatūra .....  
..... o aplinkos drėgmė .....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

1.1. Įterpkite gautus temperatūros grafikus (1A pav.).



**1A pav.**  $T = f(t)$  grafikai

1.2. Naudodami programos *MultiLab* žymeklius nustatykite temperatūros pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius:

1.2.1. 1 ašotis yra plastikiniame maišelyje:

$T_1 =$  .....

$T_2 =$  .....

$\Delta T =$  .....

1.2.2. 1 ašotis ištrauktas iš plastikinio maišelio:

$T_1 =$  .....

$T_2 =$  .....

$\Delta T =$  .....

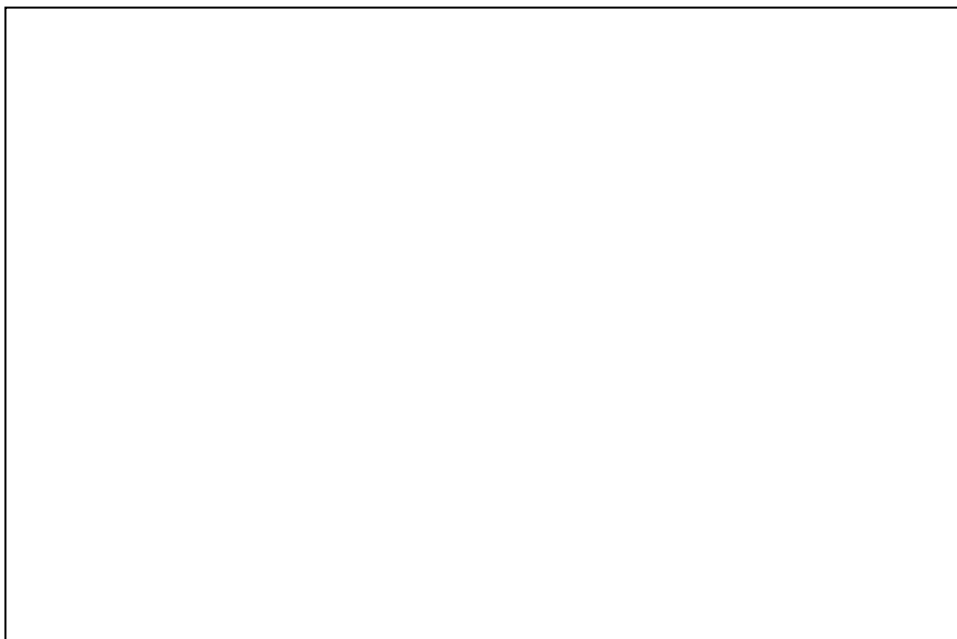
1.2.3. 2 ašotis kambaryje:

$T_1 =$  .....



$T_2 = \dots\dots\dots$   
 $\Delta T = \dots\dots\dots$

1.3. Įterpkite gautus drėgmės grafikus (2A pav.).



**2A pav.**  $\varphi = f(t)$  grafikai

1.4. Naudodami programos *MultiLab* žymeklius nustatykite drėgmės pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius, kai drėgmės jutiklis yra:

1.4.1. 1 ąsočio plastikiniame maišelyje:

$\varphi_1 = \dots\dots\dots$   
 $\varphi_2 = \dots\dots\dots$   
 $\Delta \varphi = \dots\dots\dots$

1.4.2. ištraukus 1 ąsotį iš plastikinio maišelio:

$\varphi_1 = \dots\dots\dots$   
 $\varphi_2 = \dots\dots\dots$   
 $\Delta \varphi = \dots\dots\dots$

1.4.3. šalia 2 ąsočio kambaryje:

$\varphi_1 = \dots\dots\dots$   
 $\varphi_2 = \dots\dots\dots$   
 $\Delta \varphi = \dots\dots\dots$

1.5. Į vieną paveikslą sudėkite 1 ąsočio temperatūros ir drėgmės grafikus (3A pav.).



**3A pav.** 1 ąsočio temperatūros ir drėgmės grafikai

1.6. Į vieną paveikslą sudėkite 2 ąsočio temperatūros ir drėgmės grafikus (4A pav.).



**4A pav.** 2 ąsočio temperatūros ir drėgmės grafikai

1.7. 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 ąsotį?

.....  
 .....

- Kas atsitiko plastikiniame maišelyje susikaupusiam vandeniui?

.....  
 .....

### Išvados

- padarykite išvadą apie šilumos kitimą ąsočiuose

.....  
 .....

- padarykite išvadą apie molinio ąsočio ir žmogaus kūno prakitavimo analogą

.....  
 .....

### KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:

Klausimai	Atsakymai
1. Ką apibūdina temperatūra? 2. Kas yra temperatūra? 3. Kas yra oro drėgmė?	

### 3.12 ŽMOGAUS KŪNO IR APLINKOS ŠILUMOS APYKAITOS TYRIMAS ŽMOGUI PRAKAITUOJANT

#### 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 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:

$$\varphi = \frac{\rho_a}{\rho_s} \cdot 100\%$$

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 priplaukia 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 virstant garais šilumą naudoja vandenilinių ryšių nutraukimui. Odos paviršius vėsta atvėsindamas tekantį kraują. Mažėjant aplinkos temperatūrai valdymo centras įjungia šilumos taupymo mechanizmą. Tuomet odos paviršinės arteriolės susitraukia, o giluminės išsiplečia. Taip išsaugoma normali kūno temperatūra.

## EKSPERIMENTAS

### Tyrimo problema

Kokia yra kūno temperatūra ir aplinkos temperatūra bei drėgmė žmogui prakaituojant.

### Eksperimento tikslas


Nustatyti žmogaus kūno temperatūrą ir aplinkos temperatūrą bei drėgmę žmogui prakaituojant.

### 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.
- 1.3. Paspauskite mygtuką Setup  ir nustatykite duomenų kaupiklio parametrus, kaip parodyta 1 lentelėje, paspauskite OK.

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	

#### 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



**2 pav.** Eksperimento parengimas

Laboratorinio darbo  
**ŽMOGAUS KŪNO IR APLINKOS ŠILUMOS APYKAITOS TYRIMAS ŽMOGUI  
PRAKAITUOJANT**  
Ataskaitos lapas

Data .....

Pavardė, vardas .....

Partneriai .....

*Hipotezė:*

Manau, kad žmogaus kūnui prakaituojant jo aplinkoje temperatūra yra .....  
..... ir drėgmė .....

**1. Eksperimento rezultatai ir jų analizė:**

1.1. Apžiūrėkite ranką iš karto ištraukę ją iš maišelio. Ar ji drėgna, ar sausa, kodėl?

.....  
.....

1.2. Įterpkite gautus rankos pirštų galiukų ir aplinkos temperatūrų bei aplinkos drėgmės grafikus(1A pav.).



**1A pav.** Eksperimento grafikai

1.3. Įterpkite gautus rankos pirštų galiukų ir aplinkos temperatūrų grafikus (2A pav.).



**2A pav.** Pirštų galiukų ir aplinkos temperatūrų grafikai

1.4. Naudodami žymeklius nustatykite temperatūros pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius, kai:

1.4.1. ranka yra plastikiniame maišelyje:

Pirštų galiukų temperatūra:

$T_{1P} = \dots\dots\dots$

$T_{2P} = \dots\dots\dots$

$\Delta T_P = \dots\dots\dots$

Aplinkos temperatūra:

$T_{1A} = \dots\dots\dots$

$T_{2A} = \dots\dots\dots$

$\Delta T_A = \dots\dots\dots$

1.4.2. ranka ištraukta iš maišelio:

Pirštų galiukų temperatūra:

$T_{1P} = \dots\dots\dots$

$T_{2P} = \dots\dots\dots$

$\Delta T_P = \dots\dots\dots$

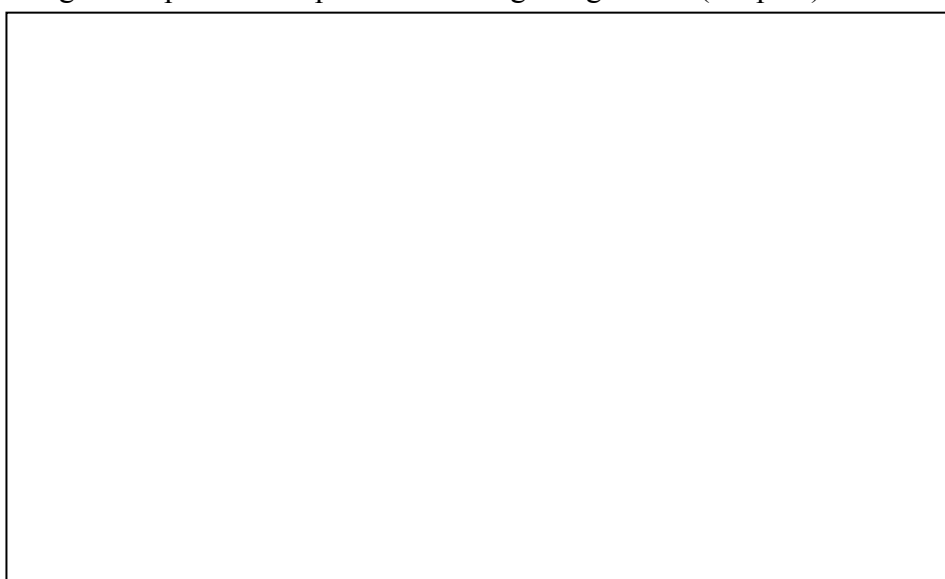
Aplinkos temperatūra:

$T_{1A} = \dots\dots\dots$

$T_{2A} = \dots\dots\dots$

$\Delta T_A = \dots\dots\dots$

1.5. Įterpkite gautus aplinkos temperatūros ir drėgmės grafikus (3A pav.).





**3A pav.** Aplinkos temperatūros ir drėgmės grafikai

1.6. Naudodami žymeklius nustatykite drėgmės ir aplinkos temperatūros pradines ir galines vertes bei šių verčių pokyčius, kai:

1.7. ranka yra plastikiniame maišelyje:

$$\begin{aligned} \varphi_1 = \dots\dots\dots & T_{1A} = \dots\dots\dots \\ \varphi_2 = \dots\dots\dots & T_{2A} = \dots\dots\dots \\ \Delta\varphi = \dots\dots\dots & \Delta T_A = \dots\dots\dots \end{aligned}$$

1.7.1. ranka ištraukta iš maišelio:

$$\begin{aligned} \varphi_1 = \dots\dots\dots & T_{1A} = \dots\dots\dots \\ \varphi_2 = \dots\dots\dots & T_{2A} = \dots\dots\dots \\ \Delta\varphi = \dots\dots\dots & \Delta T_A = \dots\dots\dots \end{aligned}$$

1.8. Atsakykite į klausimus ir paaiškinkite:

1.8.1. Koks buvo poveikis, kai ranką įkišote į plastikinį maišelį:

✓ drėgmės lygiui maišelio viduje?

.....  
.....

✓ temperatūrai pirštų galiukuose?

.....  
.....

✓ temperatūrai maišelio viduje?

.....  
.....

1.8.2. Kas sukelia pirštų galiukų temperatūros pokyčius eksperimento metu?

.....  
.....

1.8.3. Ar pastebėjote odos drėgnumo pokyčius eksperimento metu?

.....  
.....

1.8.4. Kodėl drėgmė maišelyje greitai sumažėjo, ištraukus ranką iš maišelio?

.....  
.....

1.8.5. Kas yra sukaupto maišelyje vandens šaltinis?

.....  
.....

1.8.6. Kas atsitinka su maišelyje sukauptu vandeniu, kai ištraukiate ranką iš maišelio?

.....  
.....

**Išvados**

- padarykite išvadą apie rankos ir aplinkos temperatūras bei drėgmę, kai ranka yra plastikiniame maišelyje

.....  
.....

- padarykite išvadą apie rankos ir aplinkos temperatūras bei drėgmę ištraukus ranką iš maišelio

.....  
 .....

**KONTROLINĖS UŽDUOTYS IR ATSAKYMAI:**

Klausimai	Atsakymai
1. Ką apibūdina temperatūra? 2. Kas yra temperatūra? 3. Kas yra oro drėgmė?	

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 praktika. Mokinio knyga. –Vilnius : 2014. 339 p.

Leidinyi parengtas 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 biologijos eksperimentų praktika. Mokinio knyga“ aprašomi laboratoriniai darbai, kuriuos galima atlikti pasinaudojus šiuolaikiškais mokymo priemonėmis, tokiomis kaip GLX Explorer, Nova 5000 ir pan. Metodinė priemonė skirta 9-12 klasių moksleiviams, o taip pat studentams, besiruošiantiems tapti gamtos mokslų mokytojais. Aprašomos tyrimų metodikos skiriasi tyrimo objektais, veiklų apimtimi ir sudėtingumu, todėl kiekvienas moksleivis, priklausomai nuo pasirengimo lygio, gali pasirinkti tinkamus tyrimus.

Ekspertavo *Alvida Lozdiene*

Redagavo *Regina Rinkauskiene*

Maketavo *Arvydas Kanapickas*

Viršelio dizainerė *Vilmantė Matuliauskienė*



