

Vilniaus universitetas
Fizikos fakultetas
Cheminės fizikos institutas

Evaldas Matijošaitis

**STUDENTŲ GAMTAMOKSLINIO TYRIMO KOMPETENCIJŲ UGDYMAS FIZIKOS
LABORATORINIUISE DARBUOSE**

Magistrantūros studijų baigiamasis darbas

Gyvybės ir cheminės fizikos
studijų programa

Studentas

Evaldas Matijošaitis

Leista ginti

2024-05-16

Darbo vadovas

doc. dr. Vidita Urbonienė

Instituto direktorius

prof. dr. Darius Abramavičius

Vilnius 2024

TURINYS

1. ĮVADAS	3
2. TEORINĖ LITERATŪROS APŽVALGA	6
2.1. Tiriamieji gebėjimai ir kompetencijos gamtos moksluose	6
2.2. Fizikos mokymas(is) per eksperimentinę veiklą	8
2.2.1. Mokslinis metodas fizikos studijų praktinėse veiklose	8
2.2.2. Laboratorinių darbų sėkmė gamtos mokslų didaktikoje	9
2.2.3. Kritika laboratorinių darbų metodui	10
2.3. Virtualios laboratorijos ir simuliacijos fizikos studijose	11
2.3.1. Virtualios laboratorijos ir simuliacijos kaip alternatyva mokomosioms laboratorijoms	11
2.3.2. Virtualios laboratorijos ir simuliacijos kaip pasiruošimas laboratoriniams darbams	13
3. STUDENTŲ PATIRČIŲ IR NUOMONĖS TYRIMAS	15
3.1. Tyrimo metodika	15
3.2. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas	17
3.2.1. Tyrimo eiga	18
3.2.2. Apklauskos statistinė analizė	18
3.2.3. Eksperimentinio tyrimo analizė	38
APIBENDRINIMAS	43
IŠVADOS	47
SUMMARY	48
LITERATŪROS SĄRAŠAS	49
PRIEDAI	52

1. ĮVADAS

Tyrimo mokslinis aktualumas

Mokymasis per tiriamąją veiklą gamtos mokslų studijose nuo pat pirmųjų mokomųjų laboratorijų yra laikomas pagrindiniu metodu ugdyti tiriamajai veiklai reikalingas kompetencijas ir jas apjungti su mokslo dalykinėmis žiniomis. Technologinė pažanga kiek pakeitė laboratorinių darbų patirtis – platesnis informacijos, įrankių ir technologijų prieinamumas leidžia atlikti ne tik siaurus, griežto instrukcijos vykdymo reikalaujančius eksperimentus, tačiau ir planuoti platesnius, integruotus eksperimentus bei pritaikyti žinias realioms problemoms spręsti taip labiau įprasminant mokymą moksliniu metodu. [1] Studentų (arba studentų, toliau šiame darbe bus naudojami lyties atžvilgiu nejautrūs grupių apibrėžimai kaip studentai, respondantai ir pan.) atliekamiems praktiniams eksperimentams laboratorijose yra priskiriamas platus spektras ugdomų tiriamojo darbo gebėjimų ir gamtos mokslų žinių, tačiau nėra aiškiai nustatyta, kokios ugdymo proceso situacijos labiau padeda studentams konstruoti žinias ir suprasti fizikos konceptus. Nežinant, koks užsiėmimų dizainas plėtoja specifines mokslinio metodo kompetencijas, studentams eksperimentiniai darbai kuriami daugiau pasikliaujant dėstytojo intuicija ir bandymų bei klaidų keliu. [2] Taigi, norint tobulinti praktinius metodus fizikos studijose, išskyla poreikis žinoti daugiau detalių apie studentų fizikos mokymą(si) laboratorinių darbų metodu – empiriškai įvertinti, kokie gebėjimų kriterijai yra ir kaip yra ugdomi minėtu metodu.

Tyrimo praktinis aktualumas

Mokomosios gamtos mokslų laboratorijos reikalauja daug išlaikymo išteklių – technologinis tobulėjimas moksle reikalauja laikmetį atitinkančios technikos ir patalpų laboratoriniams darbams saugiai atlikti. Didelis studentų, taigi, ir eksperimentų kiekis spartina nusidėvėjimą ir kartu reikalauja apmokyto personalo laiko procesui kokybiškai prižiūrėti. Nedidelio studentų skaičiaus ir didėjančių finansinių išlaidų fone mokomųjų laboratorijų išlaikymas mažesniems aukštųjų mokyklų padaliniais tampa per brangus. [3]

Tiriamuosius gebėjimus apibendrintai galima apibūdinti kaip praktines žinias, kurios naudojamos patikrinti faktams, konstruoti ir išbandyti naujoms idėjoms, rinkti, analizuoti duomenims ir vystyti išvadoms – šiuos įgūdžius galima sutapatinti su mokslinėje studijoje išskiriamais ateities darbo rinkai reikalingais įgūdžiais („*The Skills Imperative 2035 What Does the Literature Tell Us about Essential Skills Most Needed For Work*“) – vienais pagrindinių perkeliamųjų įgūdžių išskiriami kritinio mąstymo, analizės ir komunikacijos įgūdžiai. [4] Tačiau pagrindinei tiriamuosius gebėjimus plėtojančiai veiklai – laboratoriniams darbams – gamtos mokslų studijose keliant platų spektrą ugdymo siekinių ir neturint įrankių įvertinti užsiėmimų poveikiui, kyla klausimas, ar studento patirtis

mokomosiose fizikos laboratorijose padeda pasiekti užsibrėžtus tikslus ir yra verta tiek finansinių ir žmogiškųjų išteklių.

Laboratoriniai darbai, nors paprastai vertinami mažesne dalyko įvertinimo dalimi, kontaktinių valandų skaičiumi užima didelę dalį dėstomojo dalyko, šių užsiėmimų organizavimas apsunkina studentų mobilumą semestro metu, tvarkaraščių derinimą skirstant studentų grupes. Kaip galimas problemos sprendimas, pastaruoju metu iškyla virtualių laboratorijų ir simuliacinių aplinkų alternatyva, studijų procese pakeičiant realius eksperimentus laboratorijose arba padedant efektyviau pasiruošti praktinėms veikloms. Laboratoriniai darbai virtualioje aplinkoje ne tik sumažina įrangos poreikį, tačiau studentui pasiekiami visada ir visur, suteikia daugiau informacijos atliekant tyrimus ir suteikia galimybę studentui atlikti darbą savo mokymosi tempu. [3, 5]

Tyrimo aprašymas

Atsižvelgiant į temos praktinį ir mokslinį aktualumą kyla fundamentalus klausimas – kaip sužinoti, ar mokomosios laboratorijos kaip ugdymo metodas bakalauro fizikos studijose yra tinkamos pasiekti ugdomuosius tikslus? Tyrimai parodo, jog tiek dėstytojų, tiek ir studentų atsakymai į tiesioginius klausimus apie laboratorinių darbų naudą studijose nesuteikia reikšmingų rezultatų, reiškiamą nuomonę per pozityvi ir neatitinka normalaus pasiskirstymo. Todėl šių užsiėmimų įtaką studijų pasiekimams vertėtų tirti netiesiogiai – vertinant konkrečias patirtis bei nuomonę apie sudedamąsias šio metodo dalis. [6, 7, 8] Dėl ugdomų įgūdžių neapibrėžties mokomosiose fizikos laboratorijose bei spartaus virtualios medžiagos universitetinėse studijose plėtojimo, svarbiu rodikliu tampa pačių studentų nuomonė ir požiūris į laboratorinių darbų patirtis.

Mokslinė problema: Laboratoriniai darbai mokomosiose fizikos laboratorijose nepakankamai efektyviai ugdo tyrimui reikalingas ir/arba studijų dalyko kompetencijas.

Tyrimo tikslas – Išanalizuoti, kaip studentų nuomone laboratoriniai darbai fizikos mokomosiose laboratorijose ugdo tiriamuosius gebėjimus bei dalykinį supratimą.

Tyrimo objektas – praktiniais užsiėmimais plėtojamos moksliniam tyrimui reikalingos kompetencijos ir gebėjimai fizikos mokomosiose laboratorijose.

Tyrimo klausimai:

1. Ar laboratoriniai darbai mokomosiose fizikos laboratorijose yra tinkamas metodas tobulėti studento dalykiniam supratimui?
2. Ar laboratoriniai darbai mokomosiose fizikos laboratorijose ugdo visus siekiamus studento tiriamuosius gebėjimus?

3. Ar virtualios laboratorijos ir simuliacijos praplečia mokomosiose fizikos laboratorijose ugdomas studento kompetencijas?

Teoriniai uždaviniai:

1. Aptarti universitetinėse fizikos studijose siekiamus ugdyti tiriamuosius gebėjimus.
2. Apžvelgti laboratorinių darbų mokomosiose laboratorijose, kaip mokslinio metodo, pranašumus ir trūkumus.
3. Atskleisti simuliacijų ir virtualių laboratorijų taikymo fizikos studijose galimybes.

Empiriniai uždaviniai:

1. Įvertinti studentų nuomonę apie įgytus tiriamuosius gebėjimus fizikos laboratoriniuose darbuose.
2. Įvertinti studentų nuomonę apie įgytas dalykines žinias fizikos laboratoriniuose darbuose.
3. Įvertinti studentų virtualių laboratorijų bei simuliacijų taikymo patirtis fizikos mokomojoje laboratorijoje.

2. TEORINĖ LITERATŪROS APŽVALGA

2. 1. Tiriamieji gebėjimai ir kompetencijos gamtos moksluose

Eksperimentais grįstas mokymas nuo seno pripažįstamas kaip esminis elementas fizikos mokyme. Šį įsitikinimą gali lemti loginė išvada, jog jei mokslas yra kuriamas tyrimais (mokslininkų veikla kuriant, tikrinant ir patvirtinant teorijas), tai ir tokio mokslo mokymas turėtų būti lyg mokslinių tyrimų praktikavimo atspindys. Kitaip tariant, norint suprasti reiškinius, reikia pereiti tokį kelią, kuriuo ėjo reiškinį stebėję, analizavę, aprašę ir paaiškinę mokslininkai. Tačiau tam, kad studentas galėtų mokytis mokslinio tyrimo keliu, būtina įgauti tiriamajam darbui reikalingus gebėjimus ir kompetencijas – pagal minėtąją loginę išvadą, studentai negali gamtos mokslų konceptų suprasti tiesiog atlikdami mokslinę veiklą („*letting students do science*“), nes pirmiausia jie turi išmokti apie teisingą tokios veiklos atlikimą („*teaching students about ‘doing science’*“). [9] Mokslinio tiriamojo darbo įgūdžiai geriausiai įsisavinami atliekant mokomąsias veiklas, kuriose studentai praktiškai išbando gebėjimus ir taiko teorines žinias – toks taikymas sumažina atskirtį tarp dalykinio žinojimo ir tyrimui reikalingų praktinių gebėjimų [10], o praktikuojama tiriamoji veikla ir duomenų analizė padeda studentams eksperimentuose daugiau kliautis patirtimi, nei intuicija. [11]

Tiriamajai veiklai reikalingos kompetencijos ir gebėjimai kiekvienoje mokslo šakoje gali įgauti skirtingus apibrėžimus, keletas dažniausiai naudojamų apibrėžimų pavyzdžių pagal skėtines ir tarptautines organizacijas pateikiama 1 Lentelėje.

1 Lentelė. Tiriamųjų gebėjimų ir kompetencijų apibūdinimas pagal tarptautines arba skėtines aukštojo mokslo organizacijas.

Organizacija	Tiriamieji gebėjimai ir kompetencijos
Jungtinių tautų švietimo, mokslo ir kultūros organizacija (<i>UNESCO</i>) [12]	Pažintinis mąstymas Informacijos apdorojimas (duomenų interpretavimas ir duomenų analizė) Sprendimų kūrimas Inžinerinis mąstymas Mokslinis tyrimas Informatinis mąstymas Projektinis mąstymas Kūrybingumas ir inovacijos
Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (<i>OECD</i>) [13]	Kritinis mąstymas Sprendimų kūrimas Mokėjimas mokytis Bendradarbiavimo įgūdžiai Skaitmeninis raštingumas

Nacionalinės mokslinių tyrimų taryba (JAV) (<i>National Research Council</i>) [14]	Intelektinis smalsumas Modelių kūrimas ir naudojimas Tyrimų planavimas ir atlikimas Analizuoti ir interpretuoti duomenis Matematikos naudojimas Informatinis mąstymas Paaškinimų kūrimas Sprendimų kūrimas Argumentavimas įrodymais Informacijos gavimas, vertinimas ir perdavimas
---	---

Apibendrinant pateiktus pavyzdžius būtų galima išskirti bent 8 pagrindinius tiriamojo darbo gebėjimus ir kompetencijas:

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| Savarankiškumas; | Kritinis mąstymas; |
| Intelektinis smalsumas; | Mokslinis komunikavimas; |
| Duomenų apdorojimas; | Sprendimų kūrimas; |
| Kūrybingumas; | Skaitmeninis raštingumas. [1] |

Šie gebėjimai atsispindi ir Amerikos fizikos mokytojų asociacijos (AAPT 1997) [7] sudarytame penkių bendrų tikslų laboratoriniam mokymui sąrašė:

1. Eksperimentavimo menas: laboratorijoje kiekvienas turėtų patenkinti savo intelektinį smalsumą ir įgyti reikšmingos patirties savarankiškam eksperimento planavimui.
2. Eksperimentiniai ir analitiniai įgūdžiai: veikla laboratorijoje turėtų padėti plėtoti pagrindinius eksperimentinės fizikos ir duomenų analizės įgūdžius, išmokyti naudotis reikalingomis priemonėmis.
3. Konceptualusis mokymasis: praktiniai darbai turėtų padėti ugdytiniais įsisavinti teorijoje pristatytas fizikos sąvokas ir perprasti jų sąveiką realybėje.
4. Dalykinių fizikos žinių supratimas: veikla laboratorijoje turėtų padėti suprasti tiesioginio stebėjimo vaidmenį fizikoje.
5. Mokymosi bendradarbiaujant įgūdžių ugdymas: laboratorijoje ugdytiniai turėtų plėtoti komunikavimo ir bendradarbiavimo įgūdžius.

Pagal fizikos ir chemijos bakalauro studentų nuomonės tyrimus, studentai mato mokomąsias laboratorijas kaip įrankį įgyti praktinių žinių ir jas susieti su teorinėmis, taip pat praktiniai darbai prisideda prie dalykinio supratimo, didina susidomėjimą ir teikia atradimo džiaugsmą – nors nieko naujo tokiais bandymais neatrandama, nauja tampa pačių studentų patirtis, vystomas konceptualus dalyko supratimas. [6, 7] Taip pat atkreipiamas dėmesys ir į eksperimentinės veiklos paklaidų bei

netolygumų supratimą – jie įvyksta ir konceptualiai yra suprantami tik studentui atliekant realią eksperimentinę veiklą. Taip išmokstama teisingai įvertinti tyrimų ribas ir trikdžius, interpretuoti rezultatus ir neapibrėžtumo atvejais vadovautis tyrimų patirtimi. [11]

2.2. Fizikos mokymas(is) per eksperimentinę veiklą

2.2.1. Mokslinis metodas fizikos studijų praktinėse veiklose

Mokslinis metodas yra apibrėžiamas kaip toks mokymo būdas, kurio metu žinioms įgyti yra taikoma mokslinio tyrinėjimo strategija – iškeliamą problema, informacija renkama teoriniu lygiu analizuojant mokslinę literatūrą, eksperimentiniu keliu atliekant bandymą arba stebėjimą bei statistiniu lygiu apdorojant ir interpretuojant rezultatus. [15] Anot Hurdo (1969), mokslinis metodas mokant gamtos mokslų turėtų būti kaip disciplinos veidrodis atspindys – įkūnyti konceptualią disciplinos žinių struktūrą, konkrečius tyrinėjimo būdus ir pagrindines taisykles gauti ir apdoroti informacijai. Kartu su mokslo ir technologine pažanga turi keistis ir pats mokymas(is) – mokomosios veiklos turi atspindėti modernų mokslą ir būti aktualios. [9]

Praktinė mokslinio metodo veikla gali būti įvairi ir priklauso nuo mokslo specifikos – laboratoriniai darbai mokomojoje laboratorijoje, lauko tyrimai, mintiniai eksperimentai, projektinė veikla, eksperimentiniai seminarai ir pan. Šioms veikloms gali būti keliami 8 bendrieji veiklos etapai:

1. Suformuluoti hipotezes;
2. Planuoti paprastus eksperimentus hipotezėms patikrinti;
3. Naudoti tiriamuosius gebėjimus atliekant eksperimentus;
4. Spręsti problemas;
5. Naudoti žinias ir įgūdžius nežinomose situacijose;
6. Interpretuoti eksperimentų duomenis;
7. Aiškiai aprašyti eksperimentą;
8. Komunikuoti rezultatus ir naudoti išvadas kaip konceptualias žinias. [16]

Pagrindine praktine veikla fizikos studijose galima išskirti laboratorinius užsiėmimus, kurie gali būti suskirstyti į tris tipus pagal sudarytas sąlygas bei tyrimų instrukcijas: uždaroji – instrukcinė („*cookbook*“), atviroji – eksperimentinė ir mišrioji. [9, 16]

Uždarąją mokomąją laboratoriją galima būtų vadinti laboratoriją, skirtą patikrinti dėsnius, principus ir faktus, kurie buvo pristatyti paskaitose ar pateikti mokomojoje medžiagoje. Tokioje

laboratorijoje studentas atlieka eksperimentą per nustatytą laiką pagal tikslias veiklos instrukcijas ir gauna numanomus ar aiškiai nurodytus rezultatus, pateikiamus ataskaitoje.

Atviroje laboratorijoje studentai eksperimentų metu sprendžia realias problemas, kuriomis siekiama mesti iššūkį dalykiniam konceptų supratimui ir moksliniam kūrybiškumui. Pateikiami nurodymai bendro pobūdžio, eksperimentai gali iliustruoti teorijos ribotumą ir eksperimentinio požiūrio svarbą. Dėl mažai struktūruotos veiklos labiau ugdomas mokslinis savarankiškumas, tačiau tvyro rizika studentui nepatirti sėkmės ir taip nepasiekti užsiėmimo tikslų.

Mišrios laboratorijos tipas yra kaip kompromisas tarp prieš tai aprašytų mokomųjų laboratorijų stilių – pradinė eksperimento dalis yra standartinė ir tiksliai instrukuota, tačiau toliau eksperimentas gali būti vystomas pasirinkta galima kryptimi ar pagal ugdytojo skiriamą iššūkį taip, kaip atvirosios laboratorijos variante. [9, 16]

Fizikos studijose mokomųjų laboratorijų tipai turėtų būti parenkami pagal studentų turimus ir siekiamus ugdyti tiriamuosius gebėjimus ir dalykines žinias – praktine veikla galima siekti daugelio skirtingų tikslų, tačiau atsižvelgiant į studentų įvairovę, studijų patirtį, technologinę prieigą ir ribotą laiką dėstytojai turi nuspręsti, į kuriuos tikslus verta sutelkti dėmesį. [17] Atviroji laboratorija reikalauja mokslinio savarankiškumo, intuicijos ir praktinių įgūdžių, kurių pirmųjų bakalauro kursų studentai gali stokoti. Uždarajoje laboratorijoje minėti įgūdžiai taip pat nėra stipriai plėtojami – pagrindu lieka teorinių žinių perteikimas ar teorijos iliustravimas. Siekiant ugdyti kritinį mąstymą ir kitus mokslinio tyrimo gebėjimus studentams reikėtų aktyvesnio vaidmens ir atsakomybės praktinėje veikloje. Taigi, mišrusis laboratorijos tipas atrodo kaip tinkamiausias norint atspindėti mokslo tiriamąją veiklą ir patirti sėkmę kontroliuojamoje aplinkoje. [9, 16]

Pagal apžvelgtus būdus mokyti fizikos moksliniu metodu laboratorijose galima išskirti tris galimus praktinių veiklų siekius: paskaitose pristatytų fizikos konceptų įtvirtinimas, studentų praktinių fizikos žinių ugdyimas ir studentų mokslo tiriamųjų gebėjimų plėtojimas. [17] Studijų programose svarbu numatyti, kaip studijų patirtyje šie mokslinio metodo tikslai yra padengiami organizuojant skirtingas praktines veiklas. [10]

2.2.2. Laboratorinių darbų sėkmė gamtos mokslų didaktikoje

Gamtos mokslų mokymasis yra gan sudėtingas dėl to, jog nauji konceptai aktyviai konstruojami turimų žinių pagrindu – fizikos atveju, kiekviena tema ar skirtinga šio mokslo sritis yra tarpusavyje susietos ir aiškinamos nuosekliai nuo pat klasikinės mechanikos principų. Dėl to studentui fizikos mokymosi procese susidūrus su pamatinių žinių stygiumi gali būti patiriama frustracija. Laboratorinius darbus galima išskirti kaip efektyvią mokymo(si) priemonę

gamtamoksliniame ugdyje, nes yra sudaromos sąlygos pasiekti vadinamąją konstruktyvistinę Vygotskio (1978) artimo vystymosi zoną (*zone of proximal development*) – tai konceptuali erdvė tarp savarankiškai nepasiekiamo mokymosi tikslo ir jau turimo supratimo, kai užduotims atlikti reikia ugdytojo pagalbos. Pasiekiant šią zoną besimokantysis turi didžiausią potencialą įgyti konceptualų supratimą. [18] Visai kaip šiame modelyje, mokomieji laboratoriniai darbai fizikos studijose yra paremti tuo, jog studentas tobulina savo mokslo tiriamuosius įgūdžius bei fizikinių reiškinių supratimą per jų sąveiką dėstytojo kontroliuojamoje aplinkoje. Neturint reikiamo teorinių žinių багаžo, tokie praktiniai užsiėmimai gali nepasiekti savo tikslo, nes stigtų pagrindo konstruoti naujoms žinioms. Tokiu atveju, nors techniškai laboratorinis atliekamas pagal taisykles ir instrukcijas, frustracijos zonoje esantis studentas nepasiektų norimų mokymosi tikslų. Ši situacija yra pabrėžiama kaip argumentas laboratorinius darbus atlikti teorinio kurso mokymosi pabaigoje. [10] Kita vertus, galima ir situacija, kai reikalaujama aukštų praktinių mokslo tiriamųjų gebėjimų ir netgi turint pakankamai teorinių dalyko žinių, kyla sunkumai pasiekti žinių sintezę laboratoriniame darbe. Taigi, kalbant apie laboratorinių darbų sėkmę fizikos studijose ugdytojams verta nusistatyti jiems anksčiau šiame darbe aprašytus mokymosi tikslus ir atsižvelgti į studentų turimas kompetencijas.

2.2.3. Kritika laboratorinių darbų metodui

Nors konstruktyvistiniu požiūriu laboratoriniai darbai mokomosiose laboratorijose atrodo kaip tinkamiausias fizikos mokymo metodas [18], literatūroje dažnai išskiriama kritika aukštojo mokslo institucijų organizuojamiems laboratoriniams darbams dėl neišpildomų lūkesčių mokymosi tikslams pasiekti. Kritiką sustiprina tai, jog laboratorijų išlaikymas ir užsiėmimų organizavimas reikalauja daug finansinių ir žmogiškųjų išteklių, o pasiekiami tikslai nėra konkrečiai apčiuopiami ar įvertinami.

Pagrindiniu trūkumu išskiriama tai, jog dėl riboto laiko ir prieigos prie įrangos, atliekant laboratorinius darbus orientuojamasi ne tiek į mokslinio tyrinėjimo patirtį, kiek į „teisingo“ atsakymo išgavimą – studentai neskatinami giliau mąstyti apie savo veiklą ir nuo nesėkmės yra apsaugoti nuoseklios darbo eigos instrukcijos. [9] Studentų nuomonės tyrimai Velingtono Viktorijos universitete parodė, kad laboratoriniai darbai nepakankamai ugdo kritinį mąstymą ir lyderystę, seminarai ir kitos mokymo formos šias savybes ugdo kiek veiksmingiau, tačiau nusileidžia laboratoriniams darbams pasitikėjimo savimi, susidomėjimo skatinimu bei teorijos ir praktikos sąsajomis. [8] Eksperimentų atlikimas tikrinant teorijoje pristatytus dėsnius pagal nustatytą instrukciją neskatina mokslinio tyrinėjimo įgūdžių ir taip gali nesudaryti praktikos bei teorijos sąveikos naujoms žinioms kurti. Tuomet laboratorinį darbą atlikę studentai išsineša abstraktų, o kritiškai gautų rezultatų neįvertinus – netgi klaidingą požiūrį į fizikinius reiškinius. [19]

Tyrimai rodo, jog į įgūdžius orientuotuose laboratoriniuose kursuose studentai pasiekia didesnę mokslinį savarankiškumą ir susiformuoja stipresnes fizikos dalykines nuostatas, nei į teorijos įtvirtinimą orientuotų kursų studentai. [20] Studentai, vykdę praktinius tyrimus pagal griežtas ir detalias instrukcijas retai pasižymėjo giliu teoriniu tirtų konceptų supratimu, atliktą tyrimą apibūdino kaip nuobodžią patirtį, o tyrimo žingsnių nevertino kritiškai, nors ir ne visada suprato, kodėl tam tikri veiksmai yra atliekami. Taigi galima teigti, kad „geresnė“ instrukcija savaime neveda į „geresnius“ pasiekiamus mokymosi rezultatus. [2] Siekiant tobulinti studentų mokymosi patirtį mokomosiose laboratorijose, reikalinga ne siekti tikslesnio kelio atlikti eksperimentui, bet orientuotis į ugdymo siekius, atsižvelgti į patį žinių kūrimo procesą ir nustatyti, kas lemia fizikos žinių plėtrą atliekamame praktiniame darbe.

Eksperimentai fizikos laboratorijoje dažnai laikomi priemone, padedančia pademonstruoti konkrečias sąvokas (pavyzdžiui, eksperimentu iliustruojant specifinio dėsnio veikimą). Tačiau jei studentai dar nesusidarė demonstruojamos sąvokos koncepto, nesusiejo jos su turėtomis žiniomis, mažai tikėtina, kad jie tinkamai „supras“ ir eksperimente matomą fizikinį reiškinį. Taigi, laboratorinė veikla neturėtų būti orientuota į naujų, nežinomų ar dar iki galo nepažįstamų mokslinių sąvokų ugdymą, o labiau į jau turimų žinių plėtojimą ir įtvirtinimą. [2] Deja, dėl didelio studentų skaičiaus bakalauro studijose sunku užtikrinti tokių teorinių ir praktinių užsiėmimų išpildymą, todėl studentams tenka atlikti laboratorinius darbus dar nepristatytomis temomis.

2. 3. Virtualios laboratorijos ir simuliacijos fizikos studijose

2.3.1. Virtualios laboratorijos ir simuliacijos kaip alternatyva mokomosioms laboratorijoms

Mokomosiose gamtos mokslų laboratorijose studentų atliekami darbai gali būti praplėsti arba pakeisti virtualių laboratorinių aplinkų bei simuliacinių veiklų pagalba. [5] Virtualioji laboratorija apibrėžiama kaip techninės ir programinės įrangos sistemų derinys, leidžiantis besimokančiajam atlikti su gamtos mokslais susijusius eksperimentus be tiesioginio kontakto su realia įranga ir tiriamuoju objektu. [21] Besimokantiems tokiose laboratorijose pateikiamos virtualios objektų, reiškinų iliustracijos, bei realybę atitinkantys duomenys. Jau praėjusio šimtmečio pabaigoje buvo įvertinta, jog lyginant su teoriniais užsiėmimais, darbas virtualioje mokymosi aplinkoje turi išskirtinių privalumų: studentai gali išbandyti hipotetines situacijas ir valdyti procesą kartodami ar keisdami įvykių eigą. Taip pat eksperimento eigoje nepatiriamas papildomas stresas, kuris pasireiškia tuos pačius žingsnius atliekant realios praktinės veiklos metu su ribotais ištekliais ir apribotu laiku. [22]

Ypatingai šis metodas yra pravartus fizikos studijose mokantis plika akimi nematomų mokslo reiškinų (pvz. elektromagnetiniai laukai) ir apie nepastebimus objektus (pvz. elektronus). Virtualaus

modeliavimo, pavyzdžiui, virtualios realybės akinių, pagalba šie neapčiuopiami fizikos konceptai paverčiami studentams matomais ir manipuluojamais tyrimo objektais. Fizikos virtualioje laboratorijoje galima išvengti trukdžių ir realiai eksperimentuojant patiriamų netikslumų, kurie nebūna susiję su nagrinėjamomis fizikos sąvokomis, taip sutelkiant dėmesį į pagrindinę informaciją. Taip pat, simuliaciniuose modeliuose nagrinėjamos nerealioms situacijoms išbandyti mokomosiose laboratorijose nepasiekiamus fizikinio reiškinio ribotumus, kaip pavyzdžiui mechaninius procesus be gravitacijos ar trinties, taip suteikiant daugiau supratimo apie jų įtaką stebimiems realioms reiškiniams. [23] Manipuliavimas tyrimo sąlygomis ir galimybė neskubėti, grįžti eigoje ir pakartoti eksperimentus nagrinėjant gaunamus duomenis suteikia daugiau galimybės stebėti ir analizuoti procesą. Taigi, virtualios aplinkos fizikos studijose tampa svarbia ugdymo technologija, leidžiančia studentams aktyviai dalyvauti mokymosi procese. [21]

Atsižvelgiant į technologinę pažangą tyrėjams kyla klausimas – ar studentai atlikdami praktines užduotis virtualioje laboratorijoje gali pasiekti tuos pačius mokymosi rezultatus, kaip atliekant veiklą mokomojoje laboratorijoje? [24] Nagrinėjant virtualių laboratorijų naudojimo ugdymo procese atvejais pastebėta, kad virtualūs eksperimentai padeda tobulinti mokslo tiriamuosius gebėjimus ir efektyviau išnaudoti laiką mokantis mokslinio metodu keliu nei teorinės paskaitos ar seminarai. [21] Lyginant studentų rezultatus tyrinėjant fizikos principus virtualioje ir mokomojoje laboratorijoje reikšmingų mokymosi pasiekimų skirtumų nenustatoma. [25] Simuliacinių veiklų alternatyva turi savo pranašumų tiek iš administracinės pusės (mažesnis laboratorinės įrangos naudojimas ir užsiėmimų organizavimas), tiek iš studentų perspektyvos (didelis prieinamumas, galimybė dirbti savo tempu bei atsiskaityti praleistus praktinius užsiėmimus). Ugdymo sistemai sudėtingų išbandymų sukėlęs COVID-19 pandemijos laikotarpis parodė, jog eksperimentai virtualioje laboratorijoje yra puiki alternatyva gamtos moksluose. Prieš tai galimos tik laboratorijose, dabar fizikos eksperimentavimo patirtys tapo pasiekiamomis visur ir visada – šiais sprendimais toliau grindžiami nuotolinių studijų kursai, o besivystančiose šalyse ar su stygiumi susiduriančiose įstaigose tokie užsiėmimai užima brangių eksperimentinių mokomųjų laboratorijų vietą. [25]

Tačiau aukštojo mokslo institucijos retai pripažįsta virtualias demonstracijas ir tyrimus kaip praktinės studento veiklos alternatyvą, o patys studentai taip pat turi nuostatas rinktis realias praktines veiklas mokomojoje laboratorijoje. [3] Tiek studentų, tiek ir dėstytojų nuomone, mokomieji laboratoriniai darbai turi suteikti realios praktinės patirties, taip studentus paruošiant laukiančiai praktikai ir darbui mokslinėse laboratorijose. Kritikos sulaukia ir pats tiriamojo darbo organizavimas virtualioje laboratorijoje – eigoje paliekamas didelis studento savarankiškumas gali nevesti prie norimų mokslinio metodo tikslų – laukiamus rezultatus įmanoma gauti atsitiktiniu bandymų keliu, taip sukuriant klaidingą supratimą ar interpretacijas. Dėl to modeliuojant tokias veiklas svarbu

numatyti mokymosi proceso sunkumus, su kuriais studentai susiduria planuojant, vykdant eksperimentus ir interpretuojant duomenis. [26] Pastebima, kad laboratoriniuose užsiėmimuose virtualioje aplinkoje mažinant instrukcijų tikslumą taip pat mažėja ir studentų mokymosi veiksmingumas. Taigi, nors papildomos mokymosi pagalbos teikimas apriboja studento mokslinį savarankiškumą pačiam planuoti ir vykdyti tiriamąją veiklą, kitaip nei mokomojoje laboratorijoje, norint pasiekti geresnius mokymosi tikslus reikalinga kuo detalesnė instrukcija eksperimento sėkmei pasiekti. [22]

2.3.2. Virtualios laboratorijos ir simuliacijos kaip pasiruošimas laboratoriniams darbams

Naudojant virtualią aplinką fizikiniams eksperimentams atlikti sumažinama studento pažintinė apkrova bandant nustatyti svarbiausias konkretaus eksperimento vietas. Manipuliavimo tyrimo aplinka ir laiku aspektas išskiria tyrimus simuliacinėse aplinkose kaip veiksmingą paruošiamąją priemonę prieš atliekant realų eksperimentą. Studentai, atlikę tokią veiklą besirengdami praktiniam darbui laboratorijoje, pasižymi geresniu užduoties konceptuali supratimu, geriau naudoja mokslo tiriamuosius įgūdžius bei atlieka tyrimo žingsnius greičiau, nei įprastą pasiruošimą turintys studentai. Taip pat atliktos simuliacijos padeda prognozuoti eksperimentų rezultata ir prisideda prie studentų pasitikėjimo bei pasitenkinimo atliekant laboratorinius darbus mokomosiose laboratorijose. Ypatingai didelė įtaka matoma studentų su mokymosi sunkumais tarpe. [27]

Globalios problemos pastaraisiais metais ugdymo technologijų plėtrą, dėl to studijų procese galima pritaikyti vis daugiau interaktyvių priemonių. Tyrimai atskleidžia šių technologijų teigiamą poveikį studentų mokymosi rezultatams ir požiūriui į patį mokslą. Pavyzdžiui, kompiuterinės simuliacijos, vaizdo įrašai ir kitos vizualizacijos padeda studentams lengviau perprasti netgi tokias teorines temas, kaip kvantinė fizika. [5] Studentų koncentraciją ir įsitraukimą virtualiame turinyje skatina interaktyvumas – netgi tradiciniai skaidrių pristatymai ar vaizdo demonstracijos dabar gali reikalauti kiekvieno studento įsitraukimo demonstruojant žinias ir užfiksuojant pagrindinius didaktinius momentus. Tai ugdymo turinio kūrėjai gali nesunkiai ir prieinamai sukurti naudojantis H5P ar panašiomis technologijomis. H5P yra MIT atviro kodo nemokama programa, kuri integruojama į populiarias virtualias edukaciniams turiniui kurti naudojamas sistemas kaip Canvas, Blackboard ir Moodle. [28] Fizikos studentai H5P technologijos pranašumu labiausiai išskiria galimybę mokytis savu tempu ir vertina tai kaip veiksmingą priemonę pasiruošiant laboratoriniams užsiėmimams. [29]

Organizuojant užsiėmimus fizikos mokomosiose laboratorijose, virtualios laboratorijos ir simuliacijos gali užpildyti atotrūkį tarp teorinių paskaitų ir praktinių laboratorinių užsiėmimų.

Virtualios laboratorijos taip pat atitinka aptartą konstruktyvistinį požiūrį – jų metu fizikos sąvokos tyrinėjamos iliustratyviai ir dinamiškai, todėl besimokantieji kuria vidinius mąstymo modelius per stebėjimo patirtį ir turimų žinių interpretavimą. Mokymosi procesą šioje aplinkoje gali apibūdinti ir minėta Vygotskio artimojo vystymosi zona – studentai nepatiria perteklinio streso (kaip aplinkos įtaka, laiko apribojimai ar įrenginių netikslumai) ir išryškina pagrindinius eksperimento elementus su instrukcijos pagalba. [18, 23, 30]

3. STUDENTŲ PATIRČIŲ IR NUOMONĖS TYRIMAS

3.1. Tyrimo metodika

Tyrimui reikalingi duomenys buvo renkami taikant mišrią strategiją:

1. Atlikta gamtos moksluose ugdomų tiriamųjų gebėjimų, mokomųjų laboratorijų metodo ir virtualių laboratorijų taikymo teorinė-literatūrinė analizė, pagal ją sukurtas empirinio tyrimo instrumentas. Teorinė apžvalga pristatyta 45-oje Lietuvos nacionalinėje fizikos konferencijoje (4 priedas);
2. Fizikos fakulteto bendruomenei pristatyta ir atlikta anoniminė Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto bakalauro studentų požiūrio apie laboratorinių darbų patirtis apklausa ir jos statistinė bei tekstinė analizė;
3. Įvykdytas chemijos bakalauro studentų grupės eksperimentinis tyrimas ir apklausa, siekiant įvertinti jų patirtis naudojantis virtualia laboratorine aplinka lyginant su eksperimentais mokomojoje laboratorijoje.

Studentų nuomonės apie veiklą mokomosiose laboratorijose tyrimuose pastebima, kad atsakymai į tiesioginius klausimus apie laboratorinius darbus nesuteikia reikšmingų rezultatų, nes reiškiamą nuomonę apie skirtingus aspektus per daug pozityvi, neatitinka normaliojo skirstinio. Taip susiklosto dėl studentų mokymosi aplinkos, ugdytojų ir laboratorijų darbuotojų asmeninių savybių. Taip pat akademinėse bendruomenėse praktinės veiklos aspektai iš principo vertinami kaip naudingesni ir aktualesni. [6,7] Dėl šios priklausomybės kuriant klausimus reikia atsižvelgti į nepriklausomus rodiklius bei netiesioginius klausimus, kurie tyrėjams gali atskleisti metodu pasiekiamus rezultatus. Mokymo(si) metodų klausimu, sudaromų klausimynų validumas gali būti nusakomas pagal siaurą atsakymų ar komentarų pasiskirstymą studentų klausiant tiesioginių klausimų, palyginus su plačiu atsakymų pasiskirstymu klausimą užduodant netiesiogiai, per skirtingų dedamųjų vertinimą. [8]

Atsižvelgiant į problemos specifiką, naudojantis panašiam tikslui vykdytais studentų požiūrio vertinimo klausimynais [6, 7, 8], buvo sudarytas pagrindinis studentų nuomonės tyrimo instrumentas. Klausimynai buvo papildyti pagal pirmame skyriuje apibrėžtus siektinus tiriamojo darbo įgūdžius gamtos moksluose bei antrame skyriuje aptartus laboratorinių darbų tikslus. Apklausa sudaryta iš trijų demografinių klausimų (respondento lytis, studijų kursas bei studijų programa) ir penkių klausimų blokų, kurių kiekvienas sudarytas iš kelių punktų. Klausimynas pateikiamas pirmame priede (52 psl.), toliau aptariama kiekvieno klausimų bloko reikšmė.

Pirmajame klausime naudodamiesi Osgood (1957) diferencijuoto klausimo forma, studentų prašoma apmąstyti savo dabartinę universitetinių laboratorinių tyrimų patirtį. [31] Klausimu prašoma

kiekvienoje iš apibūdinimų porų pasirinkti žodį, su kuriuo dalyvis labiau sutinka. Būdvardžių poros yra sudarytos neigiamas – teigiamas, neutralus – teigiamas, arba neigiamas – neutralus principu. Klausimas padeda atskleisti studento nuostatas apie laboratorinius darbus.

Antrajame klausime tyrimo dalyvių prašoma atsakyti į Likerto (1932) skalėje pateiktą 15 teiginių lentelę, kurioje reikia pasirinkti punktą nuo 1 (*visiškai nesutinku*) iki 5 (*visiškai sutinku*). [32] Šiuo klausimu tiriami skirtingi patirties mokomojoje laboratorijoje aspektai ir pasiekti mokymosi tikslai.

Trečiuoju klausimu siekiama iširti galimus praktinio tiriamojo darbo tikslus studentų požiūriu. Iš devynių galimų tikslų sąrašo buvo prašoma pasirinkti tris, jų manymu, svarbiausius.

Ketvirtasis klausimas susideda iš 4 klausimų grupės. Atviru klausimu studentų prašoma nurodyti eksperimentą, kuris jiems labiausiai patiko ir įsiminė. Toliau pateikiamas klausimas, kuriame prašoma pasirinkti, ar atliekamas laboratorinis darbas pasirodė sunkus, ar lengvas. Trečiasis grupės klausimas yra atvirojo pobūdžio ir skirtas patikslinti studento nuomonei, kuo konkrečiai specifinis eksperimentas pasirodė naudingas ar įdomus ir ko eksperimentas išmokė. Tyrimo dalyviams toliau pateikiama tiriamųjų gebėjimų lentelė, kurioje prašoma pažymėti 3 iš 9 gebėjimų, kurie atliekant minėtą laboratorinį darbą buvo plėtojami labiausiai.

Penktasis klausimas yra atviras ir studentų prašo pasidalinti, ką jie būdami atsakingi už laboratorinių darbų mokomosiose laboratorijose organizavimą norėtų pakeisti, plėtoti ar tobulinti.

Eksperimentinio tyrimo metu dalis studentų grupės savarankiškai atliko virtualų laboratorinį darbą (pavyzdys 3-iame priede) ir užpildė jiems skirtą apklausą apie patirtis atliekant laboratorinius darbus ir nuostatas apie simuliacijų bei interaktyvaus turinio naudojimą pasiruošiant eksperimentinėms veikloms mokomosiose laboratorijose. Apklausos klausimai pateikiami antrame priede (52 psl.), toliau pristatoma klausimų reikšmė.

Pagrindiniai šios apklausos klausimai buvo pritaikyti pagal anksčiau aptartą studentų požiūrio klausimyną (1 priedas): pirmasis klausimas atitinka teiginių lentelę apie patirtį laboratorijoje bei pasiektus mokymosi tikslus, prašant įvertinti patirtį sulyginant atliktą virtualų darbą su įprasta veikla mokomojoje laboratorijoje. Antruoju klausimu prašoma iš 9 tiriamųjų gebėjimų pasirinkti 3 labiausiai atliktame laboratoriniame darbe plėtotus gebėjimus. Trečiasis klausimas tiria labiausiai anot dalyvių atitinkančius atliktų virtualių laboratorinių darbų tikslus, pasirenkant tris svarbiausius iš devynių galimų tikslų sąrašo. Likusiais dvejais klausimais prašoma studentų pasidalinti matomais virtualių laboratorinių darbų taikymo ugdymo procese pranašumais ir trūkumais.

Surinkti statistiniai duomenys apdoroti ir analizuoti naudojant statistinės analizės programas *Microsoft Excel, IBM SPSS Statistics*. Atvirų atsakymų tekstų analizei taikytas kokybinės turinio analizės metodas, pasirinktas dėl respondentų atsakymų fragmentiškumo.

3.2. Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

3.2.1. Tyrimo eiga

Studentų laboratorinių darbų patirčių ir požiūrio elektroninė apklausa buvo paskleista VU Fizikos fakulteto pirmosios pakopos studentams gyvų apsilankymų bendrosios fizikos arba bendro studijų programai studijų dalyko paskaitų metu. Kiekviename iš apsilankymų buvo trumpai pristatomas tyrimo aktualumas studentams bei konsultuota iškylančiais klausimais apie apklausos pildymą. Ši prieiga prie studentų buvo pasirinkta dėl mažo tipinio Fizikos fakulteto studentų apklausų pildomumo elektroninėse erdvėse ir siekiant surinkti kuo įvairesnę respondentų populiaciją imtyje. Į apklausas elektroniniuose paštuose ar VU apklausų sistemoje dažniausiai atsako labiau į studijas įsitraukę studentai, taip apklausų rezultatai mažiau atspindi grupės įvairovę. Pasitarus su dėstytojais, daugumoje ketvirto kurso studijų programų nebuvo apsilankyta dėl mažo studentų paskaitų lankomumo (F ir KF), pasibaigusią studijų dalykų (ŠT) bei išsiskirstymo mišriomis grupėmis į pasirenkamuosius dalykus (TF ir ATFV), todėl jiems apklausa siūsta tiesiogiai paštais su apklausos pristatymu bei priminimais apie pildymą. Taigi, surenkant tiriamosios imties nuomonę didžiausi sunkumai kilo dėl mažesnio fizikos studijų dalykų paskaitų lankymo vyresniuose kursuose ir studentų pasiskirstymo per pasirenkamuosius bei individualiai pasirinktus studijų dalykus. Taip iš viso pavyko pasiekti 191 VU FF bakalauro studijų studentus (40 % visų tyrimo metu studijose dalyvavusių VU FF bakalauro studentų).

Eksperimentinis tyrimas buvo atliktas su VU Gyvybės mokslų centro ir VU Chemijos ir geomokslų fakulteto bakalauro II kurso studentais, kurie rudens semestre turi bendrosios fizikos kursą. Šiame studijų dalyke studentai atlieka laboratorinius darbus mokomojoje fizikos laboratorijoje. Semestro eigoje studentams pasiūlyta vietoje vieno iš pagal tvarkaraštį numatytų optikos laboratorinių darbų savarankiškai atlikti pagal H5P technologiją sukurtą atitinkamą skaitmeninį laboratorinį darbą, patalpintą į Moodle sistemą (emokymai.vu.lt) ir jį atsiskaityti pagal instrukcijas. Po virtualaus laboratorinio darbo atsiskaitymo studentams išsiūsta užpildyti apklausos forma.

Eksperimente sutiko dalyvauti 9 studentai, 7 iš jų užpildė apklausos formą. Šioje tyrimo dalyje dalyvių imtis susidarė nedidelė dėl sparčiau nei tinklelyje numatyta studentų atliekamų laboratorinių darbų bei šio tinklelio derinimo su sukurtais skaitmeniniais laboratoriniais gidais. Eksperimentui naudotos H5P virtualios priemonės buvo sukurtos 2023 metais įgyvendinant projektą „*Aukštųjų*

mokyklų tinklo optimizavimas ir studijų kokybės gerinimas Šiaulių universitetą prijungiant prie Vilniaus universiteto“. Projekto metu sukurta virš 50 interaktyvių fizikos praktinių veiklų skaitmeninių gidų, skirtų fizikos pedagogų rengimui bei darbui su aukštesniųjų klasių mokiniais arba pirmųjų universitetinių kursų studentais. Pagal dalyke dėstomas temas bei atliekamus praktinius darbus, studentai galėjo rinktis vieną iš aštuonių virtualių darbų: Difrakcijos tyrimas; Juodo kūno spinduliuotės eksperimento tyrimas; Optinių sistemų parametrų tyrimas [33]; Optinių sistemų ydų tyrimas; Poliarizacijos plokštumos sukimo tyrimas; Skysčių lūžio rodiklio matavimas; Kvantinių šviesos savybių tyrimas; Matavimai Reilio interferometru.

3.2.2. Studentų požiūrio apklausos statistinė analizė

Fizikos bakalauro studentų požiūrio apie laboratorinių darbų patirtis apklausa buvo užpildyta 191 respondentu, iš kurių 133 vyrai ir 58 moterys (30.4% ir 69.6%). Apklausoje dalyvavusių studentų kursai ir studijų programos pažymėtos 2 lentelėje. Respondentų skaičius sulyginamas su paskutinės apklausos pildymo dienos (gruodžio 22 d.) aktyviai studijose dalyvavusių studentų (esančių studentų sąrašė ir nesusistabdžiusių studijų) sąrašė. Toliau pateikiamoje lentelėje pateikiamos šių studentų demografinės savybės pagal studijų kursą bei programą.

2 Lentelė. Studentų požiūrio apklausą užpildžiusiųjų studijų programų ir kursų duomenys. (n=191)

	I kursas		II kursas		III kursas		IV kursas		Viso:	
Fizika	10/50	20%	11/35	31%	30/51	59%	3/19	16%	54/155	35%
Taikomoji fizika	–	–	–	–	–	–	6/30	20%	6/30	20%
Elektronika ir telekomunikacijų technologijos	23/34	68%	7/22	32%	6/14	43%	5/7	71%	41/77	53%
Aukštųjų technologijų fizika ir verslas	5/24	21%	11/22	50%	6/17	35%	13/20	65%	35/83	42%
Kompiuterinė fizika ir modeliavimas	–	–	–	–	–	–	2/6	33%	2/6	33%
Šviesos technologijos	30/47	64%	12/33	36%	7/21	33%	4/25	16%	53/126	42%
Viso:	68/155	44%	41/112	37%	49/103	48%	33/107	31%	191/477	40%

Sulyginus duomenis pastebima, kad kiekviename kurse ir studijų programoje apklausoje dalyvavusių studentų dalis buvo pakankama įvertinti kurso nuomonei, mažiau patikimais rezultatais galima laikyti nebent ketvirto kurso specifinių studijų programų grupes – Fizikos, Kompiuterinės fizikos ir modeliavimo bei Šviesos technologijų – kuriose atsakymų skaičius nesiekia 5. Priežastys tam skiriasi: IV kurso Fizikos grupėje nebuvo pasiekta daugiau studentų dėl jų išsiskirstymo per pasirenkamuosius ir individualiai pasirinktus studijų dalykus, Kompiuterinės fizikos ir modeliavimo

studentų grupė yra labai maža (6 studentai), o Šviesos technologijų studentams rudens semestre vyko tik profesinė praktika ir baigiamasis darbas, taigi, apklausos metu ši studentų grupė mažai įsitraukė į kitas su studijomis susijusias veiklas, buvo sunkiau pasiekama.

Tolimesnėje rezultatų analizėje aptarti duomenys apie respondentus buvo naudojami statistikos pūviams lyginti bei tikrinti dviejų kintamųjų nepriklausomumui populiacijoje Chi-kvadratu kriterijumi (χ^2) pagal Pirsono formulę (Pearson Chi-Square Value). Šis kriterijus statistikoje yra vienas plačiausiai naudojamų neparametrinių duomenų analizės įrankių. χ^2 kriterijaus p-reikšmės (Asymptotic Significance (2-sided)) padeda įvertinti statistinį kintamojo požymio skirstinio populiacijose reikšmingumą. Jei $p < 0.05$, tai nagrinėjamas požiūris skiriasi statistiškai reikšmingai. [34] Asimptotinio Chi-kvadrato testo rezultatų patikimumo sąlyga reikalauja: bent 80% atsakymų lentelės dažnių didesnių nei 5, o imties skaičiaus ne mažesnio kaip 30. Kai kurių studijų programų imtys ir atsakymų pasiskirstymas neatitiko šių sąlygų ir analizės pagal studijų programas buvo atsisakyta.

Pirmasis klausimas apklausoje orientuotas labiau į bendrą nuomonę bei jauseną apie laboratorinių darbų metodą studijose. Respondentai rinkosi, kuriam iš apibūdinimų poros jie labiau pritaria, 3 lentelėje pateiktas atsakymų pasiskirstymas pagal pasirinkimų grupes.

3 Lentelė. Atsakymai į tiesioginius klausimus apie laboratorinių darbų patirtis ir studentų nuostatas. (n=191)

Neigiami/neutralūs apibūdinimai	Pasirinkusiųjų dalis	Teigiami/neutralūs apibūdinimai	Pasirinkusiųjų dalis
Prasčiausia dėstomo kurso dalis	0%	Geriausia dėstomo kurso dalis	100%
Nenaudinga	5%	Naudinga	95%
Nesuprantama	15%	Suprantama	85%
Neįdomu	16%	Įdomu	84%
Neatitiko lūkesčių	23%	Atitiko lūkesčius	77%
Kėlė stresą	63%	Kėlė pasimėgavimą	37%

Bendrai apžvelgiant 1 klausimo atsakymus pastebime vyraujančią teigiamą laboratorinių darbų vertinimą, išsiskiria tik atsakymai, jog laboratorinių darbų patirtys per pastaruosius metus labiau kėlė stresą (63%), nei pasimėgavimą (37%). Laboratorinius darbus studentams sieti su stresu yra natūralu – tokie darbai veikia ir kaip žinių patikrinimas, o pačios atlikimo sąlygos apibrėžia laiką, per kurį naudojantis ribotais ištekliais reikia pasiekti sėkmę. [22] Nors toks papildomas jaudulys yra sudėtinė mokymosi proceso dalimi, per didelį stresą patiriantis studentas gali nepasiekti mokymosi tikslų ir netgi sėkmingai atlikus eksperimentą nesusieti turimų žinių bei gebėjimų naujoms įgyti bei nepasiekti teorijoje minėtos artimojo vystymosi zonos [18]. Pagal bendras klausimu atskleistas nuostatas atrodo,

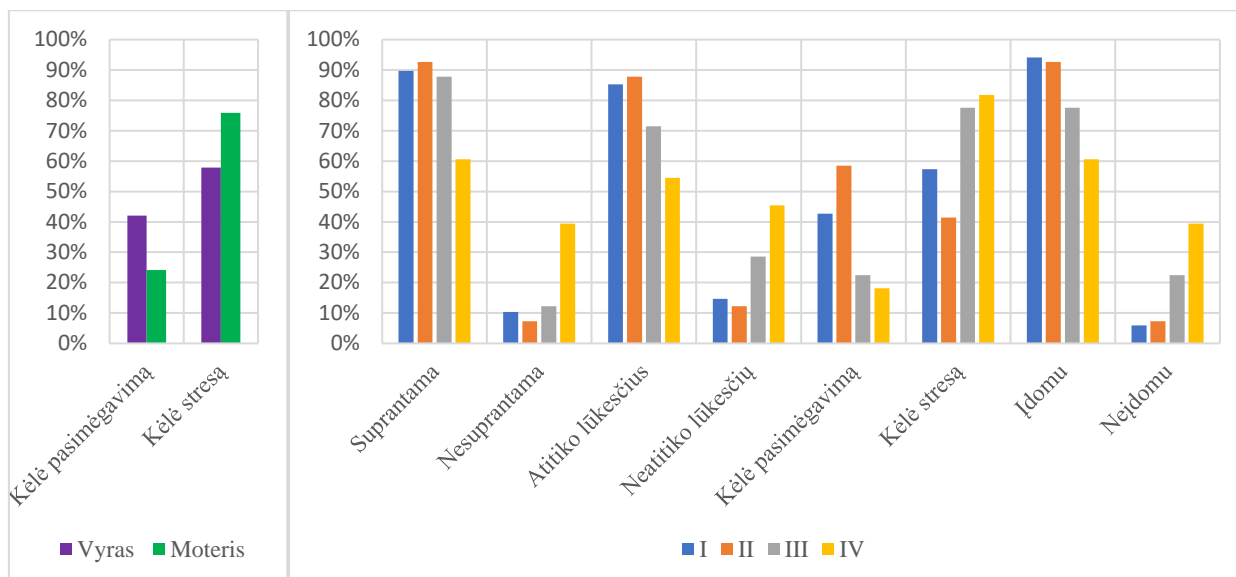
kad patiriamo streso šiuo atveju nereikėtų sieti su galimu žinių trūkumu – net 85% respondentų apibūdina laboratorinius darbus kaip suprantamus. Todėl didesnio studentų patiriamo streso priežasčių reikėtų ieškoti pačiame eksperimentinio darbo atlikime – darbo laboratorijoje organizavime, laboratorinio darbo aprašuose – galbūt studentai turi pakankamai teorinių žinių apie tiriamus dėsnius, tačiau eksperimentui atlikti nepakanka praktinių mokslo tiriamųjų gebėjimų, patirties dirbant su įranga.

Kaip teorijoje ir numatyta [6], tiesioginiai kompleksinę mokymosi laboratorijoje patirtį apibūdinantys teiginiai apklausos dalyvių buvo įvertinti ypatingai teigiamai – visi atsakiusieji sutinka, kad patirtis laboratorijoje buvo labiau geriausia, nei prasčiausia kurso dalis, taip pat dauguma (95%) šią patirtį vertina labiau kaip naudingą, suprantamą (85%) ir įdomią (84%).

Toliau respondentų pirminei nuomonei apie laboratorinių darbų patirties apibūdinimus įvertinti, buvo atlikta χ^2 kriterijaus analizė, parodžiusi, kurie iš demografinių respondentų rodiklių turi reikšmingos įtakos jų pasirinktiems sprendimams. 4 lentelėje pateikiami analizės rezultatai, o 1 paveiksle pagal ją pavaizduotas atsakymų pasiskirstymas.

4 Lentelė. Statistiškai reikšmingi ryšiai tarp respondentų demografinių požymių ir atsakymų į tiesioginius klausimus apie laboratorinių darbų patirtis ir studentų asmenines nuostatas. (n=191)

Lytis	Vyras		Moteris		χ^2	df	p
Kėlė pasimėgavimą	56		14		5.616	1	0.018
Kėlė stresą	77		44				
Kursas	I	II	III	IV	χ^2	df	p
Suprantama	61	38	43	20	18.581	3	<.001
Nesuprantama	7	3	6	13			
Atitiko lūkesčius	58	36	35	18	15.581	3	0.001
Neatitiko lūkesčių	10	5	14	15			
Kėlė pasimėgavimą	29	24	11	6	18.616	3	<.001
Kėlė stresą	39	17	38	27			
Įdomu	64	38	38	20	22.168	3	<.001
Neįdomu	4	3	11	13			



1 pav. Statistiškai reikšmingi ryšiai tarp respondentų demografinių požymių ir atsakymų į tiesioginius klausimus apie laboratorinių darbų patirtis ir studentų asmenines nuostatas. (n=191)

Pagal 1 paveikslą matyti, kad reikšmingai tarp moterų ir vyrų atsakymų skiriasi tik apibūdinimai apie keliamus jausmus – moterims laboratorinių darbų patirtys kėlė daugiau streso, nei pasimėgavimo, palyginus su vyrais (76% ir 58% atitinkamai). Lyginant šio klausimo atsakymus pagal respondentų kursus, labiausiai išsiskiria tarp vyriausiųjų – ketvirtakursių pasireiškianti neigiama nuomonė kiekvienoje iš analizuotų atsakymų porų. Galima išžvelgti ir kasmetinį studentų pokytį į labiau neigiamo požiūrio pusę, kas gali būti susiję su vėlesniuose kursuose sutinkamais sunkesniais, daugiau laiko, kruopštumo ir žinių reikalaujančiais eksperimentais. Tiesa, iškyla ir didesnės atsakymų *Neįdomu* bei *Neatitiko lūkesčių* dalys, kurios gali rodyti nusivylimą laboratoriniu darbu augant studentų mokslinei patirčiai. Šios tendencijos skiriasi nuo Glazgo universiteto studentų patirčių analizės [7] kurioje atsakymai į tokį patį klausimą kaip tik parodo vyresnių studentų grupių teigiamesnes nuostatas, tai duotu atveju siejama su studentų išitraukimu į fizikos mokymąsi. Priešingi rezultatai tarp skirtingų aukštųjų mokyklų parodo, kad mokymosi patirtis ir sutinkamos problemos jose yra unikalios. Labiausiai teigiamai apie laboratorinius darbus atsiliepia antro kurso studentai.

Pirmo klausimo analizė atskleidė bendras tiesiogines apklaustųjų nuostatas laboratorinių darbų klausimu. Kaip ir tikėtasi, jauseną apibūdinantys atsakymai pasireiškė gana siauru pasiskirstymu, dėl to įvertinti kompleksinei mokymosi patirčiai toliau nuostatos bus nagrinėjamos per netiesioginius klausimus bei rodiklius, sudarytus pagal laboratorinio mokymo tikslus, bei plėtojamas kompetencijas.

Antruoju klausimu vertinta teiginių lentelė apie laboratorinių darbų atlikimą skirta detalizuoti studentų patirčiai mokomosiose laboratorijose ir kiek daugiau atskleidžia apie teorijoje išskirtus

laboratorinio darbo veiklos etapus [16], tikslus laboratoriniams užsiėmimams [7] ir jų metu tobulinamas tiriamojo darbo kompetencijas [1]. Bendrieji atsakymų duomenys pateikiami 5 lentelėje.

5 Lentelė. Netiesioginis laboratorinių patirčių vertinimas – studentų nuomonė apie teiginius. (n=191)

Teiginiai	Visiškai nesutinku, nesutinku (1/2)	Nei sutinku, nei nesutinku (3)	Visiškai sutinku, sutinku (4/5)
Atlikti eksperimentus man patogiau su detalia veiksmų instrukcija;	5	16	170
Dėstytojai ir laboratorijos darbuotojai man reikšmingai padeda atliekant laboratorinius darbus;	17	29	145
Laboratoriniai darbai man padeda suprasti fizikos temas;	13	44	134
Laboratoriniams darbams yra numatyta pakankamai laiko;	18	40	133
Pastebiu aiškią sąsają tarp vykdomų eksperimentų ir dėstomos teorijos;	19	54	118
Laboratoriniuose darbuose nagrinėju prieš tai nepažintas fizikos sąvokas ir konceptus;	21	56	114
Atlikto darbo gynimas laboratorijoje stiprina mano komunikavimo įgūdžius;	45	57	89
Eksperimento eiga ir instrukcijos man būna aiškios;	37	67	87
Atliktą eksperimentą suprantu tik ruošiantis jo ataskaitos gynimui;	56	56	79
Laboratoriniuose darbuose seku instrukcijas, nors aiškiai nesuprantu veiksmų prasmės;	52	61	78
Jaučiausi pasitikinti(s) savimi atliekant eksperimentus;	67	57	67
Pasiruošiamieji klausimai prieš atliekant laboratorinį darbą man padeda geriau atlikti eksperimentą.	74	52	65
Nesu tikra(s), ko iš manęs tikisi laboratorinio darbo ataskaitoje;	103	38	50
Atlikdama(s) laboratorinius darbus nesuprantu kas sukelia teorijos apribojimus;	70	88	33
Laboratoriniuose darbuose turėjau galimybę savarankiškai planuoti atliekamą eksperimentą;	123	40	28

Bendri respondentų duomenys parodo stiprius studentų įsitikinimus, jog studentams patogiau atlikti darbus su detalia veiksmų instrukcija, dėstytojų laboratorijoje indėlis atliekant laboratorinius yra reikšmingas, laiko atlikti darbams pakanka. Studentai sutinka, kad laboratoriniai darbai padeda suprasti fiziką, pastebi aiškią sąsają tarp eksperimento ir dėstomos teorijos, tačiau atskleidžia ir prieštarinę nuostatą, jog laboratoriniuose darbuose nagrinėja prieš tai nepažintas fizikos sąvokas ir

konceptus. Respondentai užtikrinti, kad yra tikri dėl to, ko iš jų tikimasi laboratorinio darbo ataskaitoje ir kad atlikus eksperimentą supranta, kas lemia teorijos ribas praktinėje veikloje.

Studentų nuomonė pasiskirsto tolygiau kalbant apie konkrečias eksperimento eigos vietas – mažiau ryškus pritarimas teiginiams, jog laboratorinio darbo gynimai stiprina komunikavimo įgūdžius, instrukcijos būna pakankamai aiškios ir kad eksperimentas suvokiamas tik jį atlikus ir ruošiantis ataskaitos gynimui. Labiau neigiamai atsiliepiama apie pasitikėjimą savimi laboratorinio darbo metu, teorinių klausimų naudą prieš atliekant eksperimentą bei galimybes patiems planuoti atliekamo eksperimento eigą.

Respondentų nuomonė aptartais klausimais signalizuoja apie galimas ydingas praktikas organizuojant laboratorinius darbus studentams bei užtikrinant tiriamojo darbo kompetencijų plėtrą jų eigoje. Studentų nuomonės pasiskirstymas aptartais teiginiais buvo patikrintas χ^2 kriterijaus analize reikšmingumui palyginti, gauti statistiškai reikšmingi skerspjūviai ir p reikšmės pateiktos 6 lentelėje.

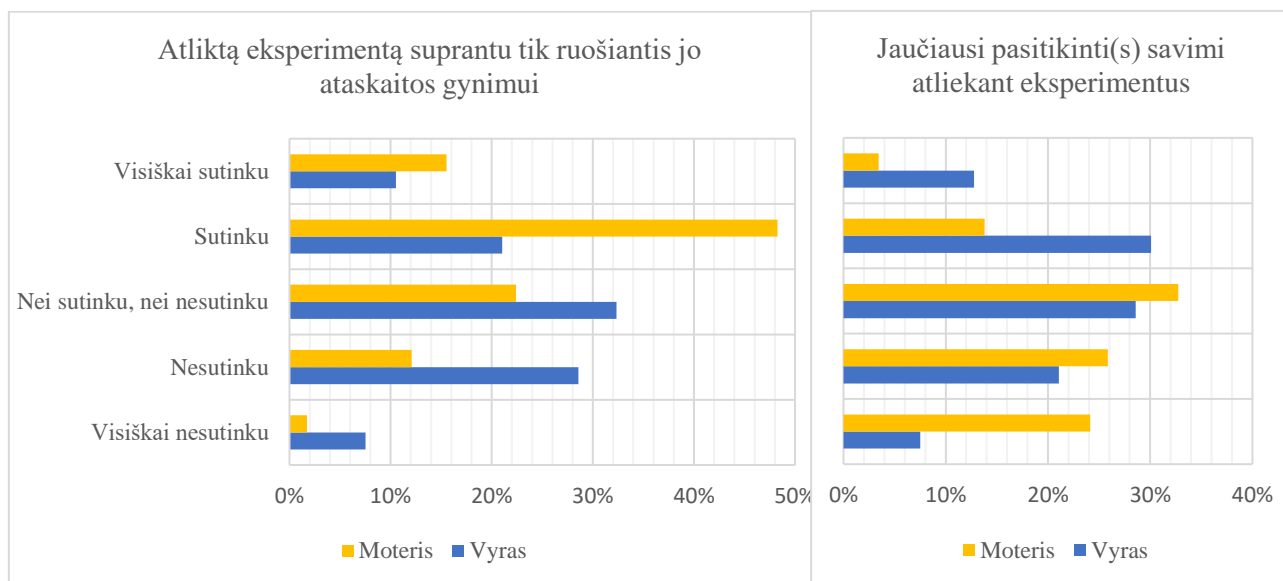
6 Lentelė. Statistiškai reikšmingi ryšiai tarp respondentų demografinių požymių ir netiesioginio laboratorinių patirčių vertinimo – studentų nuomonės apie teiginius . (n=191)

Teiginiai ir demografinė respondentų grupė	Visiškai nesutinku ir Nesutinku (1/2)	Nei sutinku, nei nesutinku	Visiškai sutinku ir nesutinku	χ^2	p
Atliktą eksperimentą suprantu tik ruošiantis jo ataskaitos gynimui. df=4					
Vyras	48	43	42	19.42	<.001
Moteris	8	13	37		
Jaučiausi pasitikinti(s) savimi atliekant eksperimentus. df=4					
Vyras	38	38	57	17.33	0.002
Moteris	29	19	10		
Laboratoriniuose darbuose seku instrukcijas, nors aiškiai nesuprantu veiksmų prasmės. df=12					
I	19	29	20	21.34	0.046
II	12	12	17		
III	17	12	20		
IV	4	8	21		
Atlikdama(s) laboratorinius darbus nesuprantu kas sukelia teorijos apribojimus. df=12					
I	27	30	11	23.46	0.024
II	13	22	6		
III	23	22	4		
IV	7	14	12		
Laboratoriniuose darbuose nagrinėju prieš tai nepažintas fizikos sąvokas ir konceptus. df=12					
I	6	24	38	23.13	0.027
II	1	10	30		
III	6	13	30		
IV	8	9	16		

Dėstytojai ir laboratorijos darbuotojai man reikšmingai padeda atliekant laboratorinius darbus. df=12					
I	1	10	57	24.34	0.018
II	3	4	34		
III	4	8	37		
IV	9	7	17		
Pastebiu aiškia sąsają tarp vykdomų eksperimentų ir dėstomos teorijos. df=12					
I	3	21	44	24.16	0.019
II	3	6	32		
III	4	17	28		
IV	9	10	14		
Eksperimento eiga ir instrukcijos man būna aiškios. df=12					
I	9	32	27	27.69	0.006
II	4	15	22		
III	10	9	30		
IV	14	11	8		
Jaučiuosi pasitikinti(s) savimi atliekant eksperimentus. df=12					
I	21	24	23	33.76	<0.001
II	8	14	19		
III	14	14	21		
IV	24	5	4		
Laboratoriniai darbai man padeda suprasti fizikos temas. df=12					
I	3	21	44	22.10	0.036
II	1	5	35		
III	3	8	38		
IV	6	10	17		

Keletas teiginių, bendrai susilaukusių aiškios respondentų daugumos pritarimo arba nepritarimo, nereikšmingai priklausė nuo demografinių atsakiusiųjų savybių, todėl galime priskirti šiuos vertinimus kaip bendrą tendenciją tarp visų studentų: 89% pritaria, kad atlikti eksperimentą jiems patogiau su detalio veiksmų instrukcija ir 70% – kad atlikti darbams numatyta pakankamai laiko, o 64% išskiria, kad neturėjo galimybės planuoti savo atliekamą eksperimentą savarankiškai. Šie atsakymai sutampa su žinoma informacija apie mokomasias laboratorijas – tiriamajame Vilniaus universiteto Fizikos fakultete tradiciškai visos mokomosios bendrosios fizikos laboratorijos laikosi uždarnos-instrukcinės laboratorijos principo [9, 16]. Keletas teiginių nesurinko aiškios daugumos pasirinkimų ir dėl to gali parodyti individualiai pasitaikiusias problemas ar studentų požiūrius į jas: 54% respondentų nesijaučia užtikrintais, ko iš jų tikimasi laboratorinio darbo ataskaitoje, 39% nevertina pasiruošiamųjų klausimų, kaip pagalbinės priemonės prieš atliekant laboratorinį ir tik 47% sutinka, kad atlikto darbo ataskaitos gynimas stiprina jų mokslo komunikavimo įgūdžius. Tokie rezultatai parodo, kad studentams trūksta aiškių gairių kaip iš jų tikimasi atlikti ne praktinę laboratorinio darbo dalį bei indikuoja, kad studentams nepakanka arba nėra sudaromos galimybės laboratorinių darbų užsiėmimuose plėtoti mokslinio komunikavimo kompetenciją.

Toliau pagal atliktą statistiškai reikšmingų demografinių pjūvių analizę 2, 3 ir 4 paveiksuose pavaizduotos respondentų nuomonės netiesioginiais klausimais apie laboratorinius darbus.



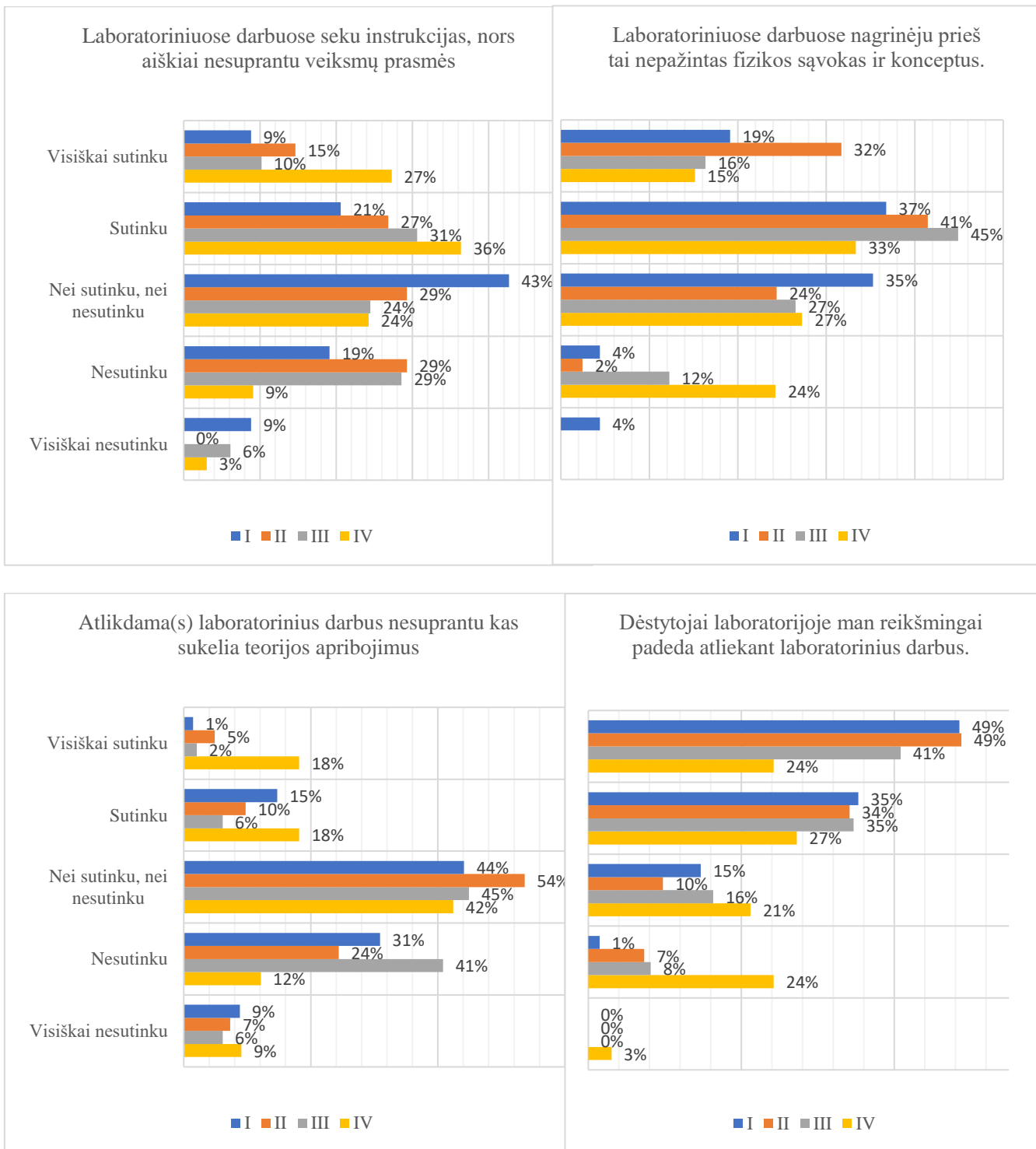
2 pav. Statistiškai reikšmingi ryšiai tarp vyrų ir moterų grupių ir netiesioginio laboratorinių patirčių vertinimo – studentų nuomonės apie teiginius. (n=191)

Kaip 2 paveiksle matosi, atsakymų tendencijos tarp teiginių „Atliktą eksperimentą suprantu tik ruošiantis jo ataskaitos gynimui“ bei „Jaučiausi pasitikinti(s) savimi atliekant eksperimentus“ tarp moterų ir vyrų ryškiai skiriasi. Su pirmuoju teiginiu sutinka 64% moterų ir tik 32% vyrų, o su antruoju sutinkančiųjų moterų dalis yra 17%, vyrų – 43%. Nesutinkančiųjų dalis pirmuoju atveju 14% moterų ir 37% vyrų, su antruoju teiginiu nesutinka 50% moterų ir 27% vyrų. Daugiau teiginių neparodė ryšių tarp respondentų lyties – kaip ir apibūdinimų laboratoriniams darbams pasirinkimo atveju, moterų jausena (pasitikėjimas savimi atliekant eksperimentus, vertinant savo eksperimento supratimą, patiriamas stresas) yra prastesnė, nei vyrų.

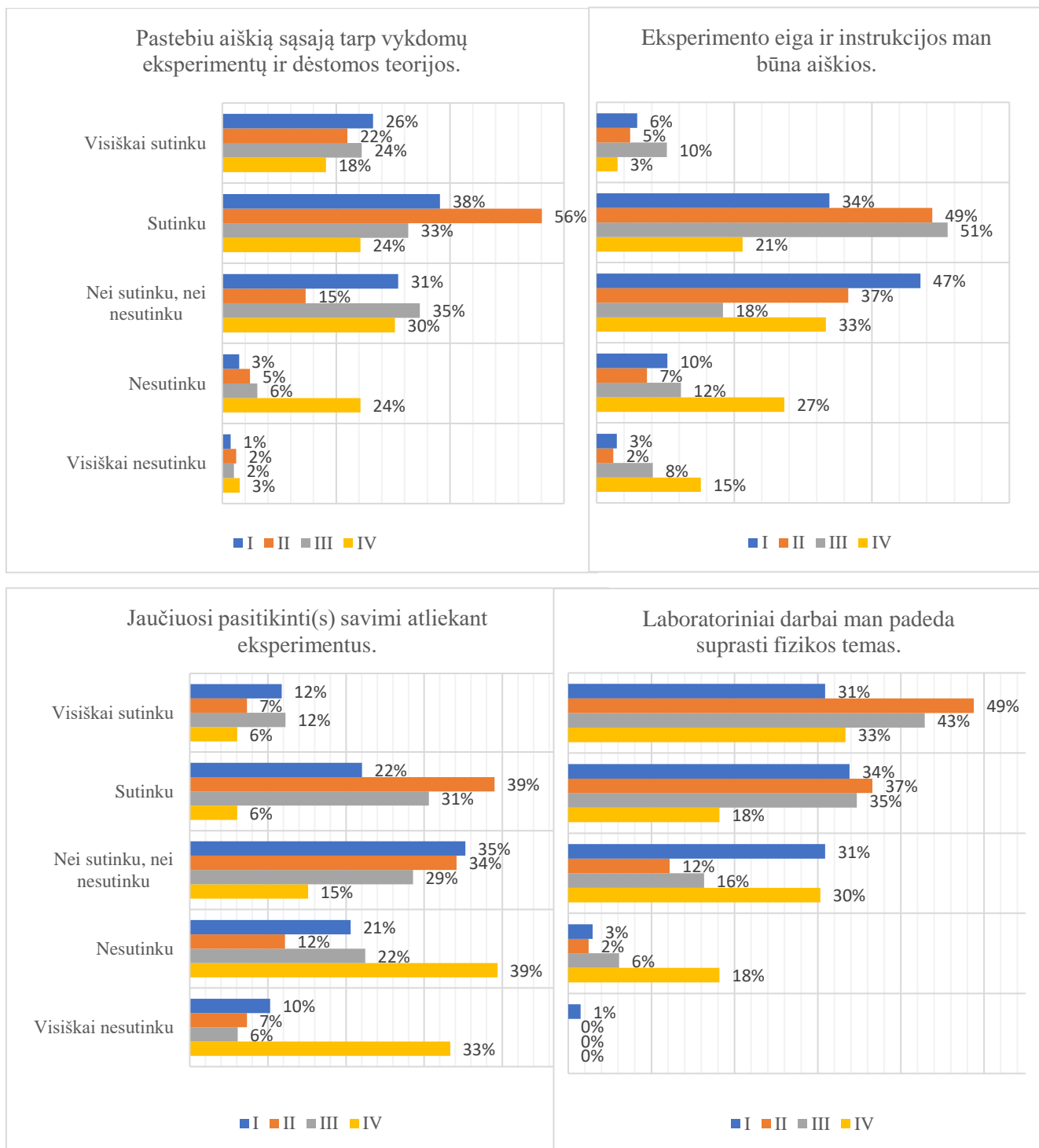
Panašių mokymosi tikslus studijose vertinančių tyrimų rezultatai užsienio universitetuose taip pat indikuoja fizikos laboratorinio mokymosi skirtumus tarp lyčių. Pastebima, kad lyginant su teoriniais užsiėmimais, į įgūdžius orientuoti kursai turi didesnę poveikį konceptualiam fizikos supratimui ir rezultatams visiems studentams, bet reikšmingesnis poveikis nustatomas moterų tarpe. [20] Tyrėjai fizikos mokymąsi pateikia kaip stereotipiškai vyriškai lyčiai priskiriamą patirtį, todėl nagrinėti lyties skirtumams pagal respondentų patirtis laboratorijoje, reikia atsižvelgti į fizikos moksle susiformavusias kultūrinės normas, nagrinėjamą turinį bei ugdymo patirtis. Prastesni arba sunkiau pasiekiami rezultatai fizikos praktiniuose užsiėmimuose yra siejami ne su moterų žinių trūkumu, o su pasitikėjimu savo gebėjimais pasiekti sėkmę laboratoriniame darbe. [35] Mažesnių studentų pasitikėjimą savimi atliekant fizikos praktinius darbus taip pat galima sieti ir su mažesniu

įsitraukimu ir susidomėjimu fizika. Tokią koreliaciją parodo Kolorado Boulder universitete atliekami lyginamieji fizikos eksperimentinio kurso studentų nuostatų patikrinimai. [36]

Mokymosi procesą skatinančia priemone, suteikiančia daugiau savarankiškumo ir pasitikėjimo savo veiksmais atliekant veiklas laboratorijoje, galima išskirti grupinį darbą su lygiaverčių gebėjimų studentais. Pavyzdžiui, dviejų besimokančiųjų grupėje abiems turint panašius rezultatus ir patirtis yra paprasčiau užmegzti palaikantį kontaktą ir ieškoti sprendimų, nei grupėje, kurioje vienas prisiimtų lyderio vaidmenį ir aiškintų veiklą ar teoriją kitam. [35] Studentų lyties ir jų nuostatų bei pasiekimų laboratoriniuose fizikos užsiėmimuose santykis nėra plačiai ištirtas ir gali priklausyti nuo jau mokyklose susiformuojančių nuostatų apie mokslą. Atlikti vidurinio ugdymo moksleivių rezultatų ir nuostatų tyrimai pabrėžia lyčių skirtumus dėl labiau teigiamo vyrų požiūrio į gamtos mokslus ir jų pasiekiamų aukštesnių rezultatų. [36] Kadangi laboratoriniai darbai fizikos bakalauro studijose skatina išskirtines tiriamąsias kompetencijas, svarbu nustatyti, ar tyrimuose nuosekliai pastebimos tendencijos atsispindi ir kito pobūdžio studijų veiklose.



3 pav. Statistiškai reikšmingi ryšiai tarp kursų grupių ir netiesioginio laboratorinių patirčių vertinimo – studentų nuomonės apie teiginius. (n=191)



4 pav. Statistiškai reikšmingi ryšiai tarp kursų grupių ir netiesioginio laboratorinių patirčių vertinimo – studentų nuomonės apie teiginius. (n=191)

Nagrinėjant respondentų nuostatas apie laboratorinių darbų patirtis pagal jų studijų kursą (3 ir 4 paveiksluose), be bendrų tendencijų ryškiausi pokyčiai pastebimi paskutiniojo – ketvirto kurso studentų atsakymuose. Lyginant duomenis reikėtų atsižvelgti, kad apklausoje buvo prašoma įvertinti teiginius pagal praėjusio ir esamo studijų semestrų patirtis, taigi IV kurso studentų atsakymai parodo jų III kurso pavasario semestro bei IV kurso rudens semestro patirtis laboratorijoje. Daugumoje iš

teiginių lyginant atsakiusiųjų studijų metus augo neigiamas požiūris į patirtis laboratorijoje. Pavyzdžiui, su teiginiu „*Laboratoriniuose darbuose seku instrukcijas, nors aiškiai nesuprantu veiksmų prasmės*“ kas kursą didėja sutinkančiųjų su teiginiu dalis, taigi, sudėtingėjant eksperimento metodikai studentai neužpildo praktinių žinių stygiaus ir pilnai pasikliauja instrukcijos eiga. Ketvirtą kurso studentų nuomonė pateiktais teiginiais pagrįdė išsiskiria staigiu nuomonės pokyčiu į priešingą nei didžioji dalis respondentų pusę. Pavyzdžiui, su teiginiu „*Atlikdama(s) laboratorinius darbus nesuprantu kas sukelia teorijos apribojimus*“ daugiau nei perpus sumažėja dalis nesutinkančiųjų tarp IV kurso studentų ir per tiek pat išauga sutinkančiųjų dalis – sudėtingesniuose laboratoriniuose darbuose, daugiau naudojantis kompiuteriniais matavimais, neužtikrinama eksperimento apribojimo ir paklaidų prigimties bei įtakos analizė. Abiem pavyzdžiais šios tendencijos atspindi nepakankamą mokslinio tyrėjo svarankiškumo ir kritinio mąstymo ugdymą eksperimentinių kursų eigoje. Tai šiuo atveju galima laikyti ugdymo instrukcinėje mokomojoje laboratorijoje rezultatu.

Statistiškai reikšmingai tarp IV kurso studentų išauga nesutinkančiųjų dalis ir reaguojant į teiginį „*Laboratoriniuose darbuose nagrinėju prieš tai nepažintas fizikos sąvokas ir konceptus*“. Daugiausiai su šiuo teiginiu sutinkančiųjų matome antrame bei trečiame kursuose, kai padidėja studentų atliekamų laboratorinių darbų skaičius ir dėl intensyvaus tvarkaraščio laboratoriniai darbai atliekami prieš nagrinėjant tiriamąjį reiškinį dalyko paskaitose. Iš vienos pusės, tuomet laboratoriniai darbai atliepia tikslą iliustruoti fizikai, tačiau kartu ir kyla rizika studentams pritrūkti fizikos teorinių žinių, kurių pagrindu būtų kuriamas naujas supratimas, arba susiformuoti klaidingomis prielaidomis remiamos nuostatos. [19] Kaip ir buvo galima tikėtis, dėl didesnio svarankiškumo atliekant laboratorinius darbus vėlesniame studijų etape, tarp IV kurso studentų išauga nesutinkančiųjų su teiginiu „*Dėstytojai ir laboratorijos darbuotojai man reikšmingai padeda atliekant laboratorinius darbus*“ dalis. Su šiuo teiginiu didžioji dauguma žemesnio kurso studentų sutinka – mažesnis teorinis supratimas bei trumpa patirtis dirbant su laboratorine įranga kelia poreikį papildomai pagalbai, komentarams ir paaiškinimams eksperimento eigoje.

Ryškus skirtumas tarp vyriausiųjų studentų atsakymų į nesutinkančiųjų pusę matomas teiginiui „*Pastebiu aiškias sąsajas tarp vykdomų eksperimentų ir dėstomos teorijos*“. Tai gali lemti studijų tinklelio specifika: VU Fizikos fakulteto bakalauro studijose bendroji fizika studentams yra dėstoma nuo pirmo kurso ir 3-4 kurse daugiau pereinama prie pasirenkamų arba specifinių studijų dalykų. Tokiuose studijų dalykuose atliekami eksperimentai paprastai yra siauresni, taikomi nebe vien reiškinį stebėjimui o ir realioje praktikoje vykdomiems tyrimams išbandyti, todėl gali ne visiškai atitikti besimokomą teoriją. Taip pat prie to prisideda ir studijų tvarkaraščio ypatumai – atliekami laboratoriniai darbai paskirstomi nebūtinai pagal teorinių užsiėmimų temas, todėl studentui gali tekti atlikti ganėtinai nišinius, mokykloje ar ankstesniuose kursuose universitete nenagrinėtus

eksperimentus. Laboratorijoje gilinamas teorines žinias taip pat ryškiau išskyrė antro kurso studentai – su teiginiu „*Laboratoriniai darbai man padeda suprasti fizikos temas*“ sutiko 86% dalis iš jų, kai tuo tarpu lyginant neigiamus atsakymus, didesniu neigiamų, ir tiek pat mažesniu teigiamų nuostatų kiekiu vėlgi pasižymi IV kurso apklausos dalyviai. Remiantis šiais veiksniais galima teigti, kad, vyresniųjų kursų studentams yra sunkiau panaudoti tiriamuosius gebėjimus ir fizikos žinias susipažįstant su naujais konceptais laboratorijoje, tam nebeužtenka turimų kontekstinių žinių ir kyla poreikis keisti darbų atlikimo sistemą, eksperimentų pobūdį arba stiprinti pasirengiamąją medžiagą.

Didžiausius skirtumus tarp skirtingų kursų galima įvardinti tarp dviejų, galima teigti, susijusių nuostatų apie teiginius „*Eksperimento eiga ir instrukcijos man būna aiškios*“ bei „*Jaučiuosi pasitikinti(s) savimi atliekant eksperimentus*“. Iš visų respondentų IV kurso studentų atsakymuose ryškiai sumažėja sutinkančiųjų dalis bei keletą kartų išauga nesutinkančiųjų – į pastarąjį teiginį neigiamai atsakė netgi 72% apklausos dalyvių, palyginus su 28% trečio, 19% antro, 32% pirmo kurso studentų. Analogišką studentų nuomonės analizės priemonę taikiusiame Glazgo universitete [7] vyresniųjų studentų atsakymai kaip tik išsiskiria pozityviu požiūriu, didesniu pasitikėjimu savimi ir mažesniu pagalbos poreikiu. Studentų nepasitikėjimas savo jėgomis bendru atveju gali būti tiek nepakankamo mokslinio savarankiškumo, tiek ir kūrybingumo bei kritinio mąstymo kompetencijų stygiaus išdava. Kursų eigoje netikrinant ir specifiskai neplanuojant tam tikrų mokslo tiriamojo darbo kompetencijų bei gebėjimų tobulinimo proceso, problemos labiausiai išryškėja vyresniuose kursuose, kai laboratoriniai darbai reikalauja demonstruoti daugiau praktinių bei teorinių įgūdžių.

Studentų nuomonės vertinimas per netiesiogiai laboratorinių darbų patirtį apibūdinančius teiginius parodo, jog į bakalauro studijų pabaigą einančių kursų studentai labiau neigiamai vertina savo žinias ir gebėjimus sėkmingai atlikti eksperimentą. Tokia rezultatų tendencija parodo, kad bakalauro studijose vyraujanti uždaroji-instrukcinio tipo mokomųjų laboratorinių darbų sistema neužtikrina kokybiško ir nuoseklaus tiriamojo darbo kompetencijų tobulinimo, ypatingai nukenčia kritinis mąstymas bei studento mokslinė intuicija – savarankiškumas ir atsakomybė praktinėje veikloje [9,16]. Šie apklausos analizės aspektai iškelia poreikį peržiūrėti šiuo metodu siektinas ugdyti kompetencijas studijų programų eigoje bei atlikti lyginamąją analizę tarp skirtingus stilius taikančių mokomųjų laboratorijų.

Studento patirtį laboratoriniuose darbuose taip pat gali apibūdinti ir jų nuomone praktiniam darbui priskiriami tikslai. Eksperimentinė veikla yra įvairiapusė, todėl tyrimo dalyvių buvo prašoma įvardinti po keletą labiausiai laboratoriniams darbams studijose tinkančių tikslų. Šie rezultatai pateikiami 7 lentelėje.

7 Lentelė. Laboratorinių darbų tikslai pagal studentų nuomonę. (n=191)

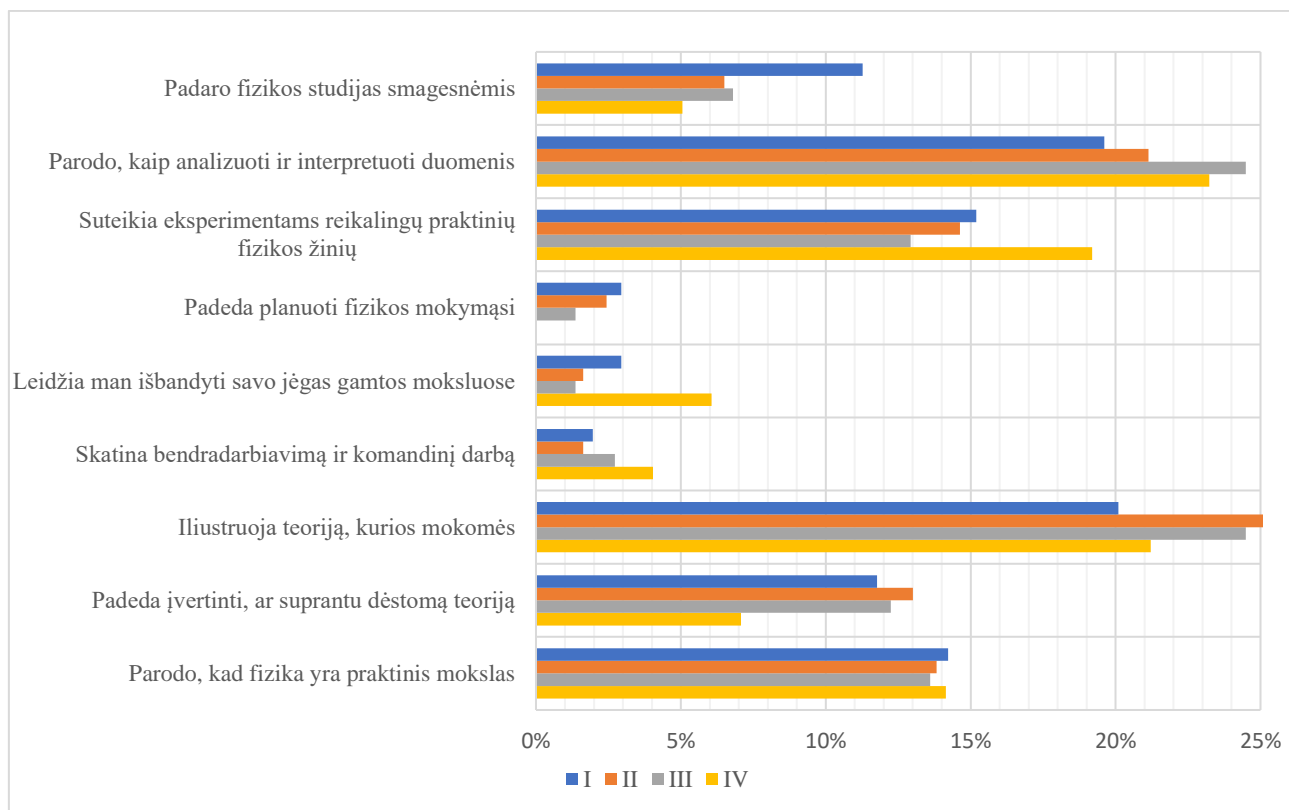
Tikslai	Pasirinkusiųjų dalis
ilustruoja teoriją, kurios mokomės	23%
parodo, kaip analizuoti ir interpretuoti duomenis	22%
suteikia eksperimentams reikalingų praktinių fizikos žinių	15%
parodo, kad fizika yra praktinis mokslas	14%
padeda įvertinti, ar suprantu dėstomą teoriją	11%
padaro fizikos studijas smagesnėmis	8%
leidžia man išbandyti savo jėgas gamtos moksluose	3%
skatina bendradarbiavimą ir komandinį darbą	2%
padeda planuoti fizikos mokymąsi	2%

Bendra respondentų nuomonė apie laboratorinės veiklos tikslus išskiria fizikos teorijos pademonstravimą, praktinių tiriamojo darbo įgūdžių plėtojimą, ir teorinių žinių supratimą. Mažiau svarbiais tikslais nurodomas savarankiškas savo jėgų išbandymas praktikoje, bendradarbiavimo ir komandinio darbo puoselėjimas, o patirtis laboratorijoje nelaikoma fizikos mokymosi procesą keičiančia dalimi. Šie aspektai gali būti prilyginami vieniems iš išskirtinių laboratorinių darbų metodo tikslų – eksperimentavimo meno bei mokymosi bendradarbiaujant įgūdžių ugdymo. [7] Rezultatai parodo, kad laboratoriniai darbai nematomi kaip vieta, kurioje studentai eksperimentuodami savarankiškai patenkintų savo intelektualinį smalsumą, kūrybingumą, bei ugdytų mokslinio komunikavimo bei bendradarbiavimo kompetencijas – bent pusę iš teorijoje išskirtų šiuo metodu siektinų ugdyti kompetencijų [1]. Taigi, bendra rezultatų analizė parodo, kad laboratoriniai darbai matomi labiau kaip paskaitose pristatytų fizikos konceptų įtvirtinimas, praktinė patirtis bei duomenų apdorojimo kompetencijas ugdanti veikla. Toliau apžvelgti respondentų atsakymai buvo išanalizuoti pagal jų demografinius požymius.

8 Lentelė. Laboratorinių darbų tikslai studentų nuomone pagal jų demografinius požymius. (n=191)

Tikslai	Vyrai	Moterys	I	II	III	IV
parodo, kad fizika yra praktinis mokslas	15%	12%	14%	14%	14%	14%
padeda įvertinti, ar suprantu dėstomą teoriją	12%	11%	12%	13%	12%	7%
ilustruoja teoriją, kurios mokomės	22%	23%	20%	25%	24%	21%
skatina bendradarbiavimą ir komandinį darbą	2%	3%	2%	2%	3%	4%
leidžia man išbandyti savo jėgas gamtos moksluose	2%	5%	3%	2%	1%	6%
padeda planuoti fizikos mokymąsi	3%	1%	3%	2%	1%	0%
suteikia eksperimentams reikalingų praktinių fizikos žinių	16%	14%	15%	15%	13%	19%
parodo, kaip analizuoti ir interpretuoti duomenis	21%	23%	20%	21%	24%	23%
padaro fizikos studijas smagesnėmis	8%	8%	11%	7%	7%	5%

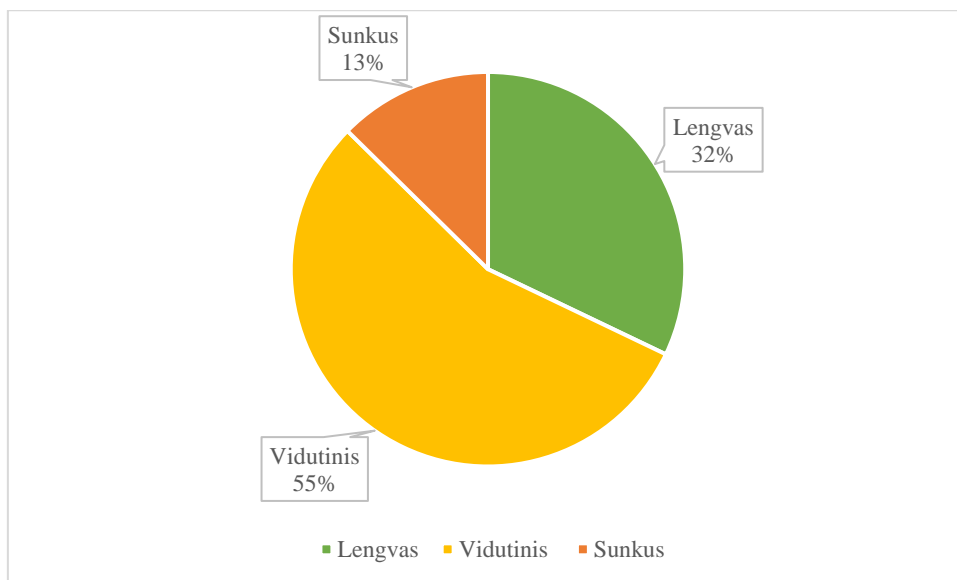
Lyginant atsakymų pūvius pagal respondentų savybes, tarp skirtingos lyties studentų nepastebimi skirtingi požiūriai į laboratorinių darbų tikslus. Įvertinti studentų pasirinkimams pagal jų studijų metus lentelės duomenys atvaizduoti 5 paveiksle.



5 pav. Laboratorinių darbų tikslai skirtingų kursų grupių studentų nuomone. (n=191)

Pagal 5 paveikslą matyti, kad pirmo kurso studentams laboratoriniai darbai teikia daugiau džiaugsmo, nei vyresniems. Kaip teorijos perteikimo ir demonstravimo būdą laboratorinius darbus labiausiai apibūdina II ir III kurso studentai. Išskirtiniai vėlgi būtų ketvirto kurso įvardinti tikslai – ši studentų grupė ryškiau išskyrė bendradarbiavimo ir komandinio darbo skatinimą, praktinių fizikos tiriamųjų darbų įgūdžių suteikimą, galimybę savo jėgas išbandyti gamtos moksluose. Reikšmingai mažiau šių studentų įvardintas teorijos žinių patikrinimo tikslas. Aptarti rezultatų skirtumai atrodo stipriai susiję su studentų praktine patirtimi – vyresniuose kursuose pradėjus privalomasias ar savanoriškas praktikas ar darbą laboratorijose, studentai išvelgia bendradarbiavimo poreikį. Ši nuostata gali būti ir veiksniumi, lėmusiu studentų grupės požiūrį į antrame klausime pateiktus teiginius – patirtis mokslinėse laboratorijose keičia studentų lūkesčius iš laboratorinių darbų.

Toliau apklausos dalyvių buvo paprašyta pagalvoti apie per praėjusius metus atliktą laboratorinį darbą, kuris labiausiai jiems įsiminė. Tokiu būdu siekiama atskleisti studentų nuostatas per jiems išskirtinėmis tapusias patirtis.



6 pav. Studentų įsimintiniausių laboratorinių darbų sudėtingumas. (n=191)

Į klausimą apibūdinti šiuos prisimintus laboratorinius darbus atsakė 191 respondentas, pastebėtina, kad daugiau nei du kartus skyrėsi atsakymų dalis, vertinusi šį laboratorinį kaip lengvą (32%) ir kaip sunkų (13%). Sunkiu laikomas darbas studentams gali asocijuotis su jį atliekant patiriamu stresu arba kitais sunkumais, todėl gali būti palyginamai mažesnė dalis pasirinkusiųjų šį atsakymą. Šis klausimų blokas skirtas išsiaiškinti, kokius lūkesčius studentai turi gerai laboratorinių darbų patirčiai. Toliau jai nagrinėti, apklausos dalyvių buvo paprašyta pažymėti, kurie gebėjimai jų manymu buvo plėtoti įsimenamame eksperimente, atsakymai įrašyti 9 lentelėje.

9 Lentelė. Studentų įsimintiniausių laboratorinių darbų labiausiai ugdyti gebėjimai. (n=191)

Gebėjimai	Pasirinkusiųjų dalis
Teorinių sąvokų supratimas	19%
Duomenų apdorojimas	19%
Savarankiškumas	16%
Problemų sprendimas	12%
Susidomėjimas fizika	11%
Kritinis mąstymas	10%
IT naudojimas	6%
Bendradarbiavimas	4%
Kūrybiškumas	2%

Panašiai kaip ir atsakymuose apie tikėtinus tikslus laboratoriniams darbams, didelė dalis respondentų savo mėgstamiausiame laboratoriniame darbe labiausiai matė teorijos perteikimą bei duomenų apdorojimą. Tačiau kitaip, nei apibendrintoje laboratorinių darbų patirtyje, didesnės dalys studentų pasirinko problemų sprendimą, savarankiškumą, kritinį mąstymą. Šie gebėjimai išskirtinai ugdomi mokslinio metodo principu laboratoriniuose darbuose yra pasiekiami tik iškėlus tam tikrą

įveikiamą iššūkį studentui bei sudarius tam sąlygas. Deja, bet neturint geresnių pavyzdžių, mažai kas iš atsakiusiųjų įsiminė bendradarbiavimu ir kūrybiškumu pasižymėjusį laboratorinį darbą.

10 Lentelė. Studentų įsimintiniausių laboratorinių darbų labiausiai ugdyti gebėjimai pagal jų demografinius požymius. (n=191)

Gebėjimai	Vyrai	Moterys	I	II	III	IV
Savarankiškumas	18%	13%	18%	16%	17%	12%
Bendradarbiavimas	4%	5%	3%	3%	3%	8%
Kūrybiškumas	2%	2%	2%	2%	1%	4%
Susidomėjimas fizika	11%	13%	11%	12%	9%	13%
Duomenų apdorojimas	19%	19%	17%	18%	23%	17%
Teorinių sąvokų supratimas	18%	23%	20%	20%	21%	15%
Kritinis mąstymas	10%	10%	9%	11%	8%	13%
Problemų sprendimas	13%	11%	14%	11%	12%	11%
IT naudojimas	7%	5%	6%	7%	6%	6%

Analizuojant apklausoje dalyvavusių studentų atsakymus pagal jų demografines savybes, bent 5% skirtumai tarp skirtingų lyčių atsakymų matomi tik dviejuose plėtotuose tiriamuosiuose gebėjimuose: vyrai labiau išskyrė ugdytą savarankiškumą, o moterys teorinių sąvokų supratimą. Tai gali sutapti ar būti nulemta bendro laboratorinių darbų patirties vertinimo, pagal kurį moterys susiduria su daugiau sunkumų atliekant laboratorinį darbą ir dėl kylančio neužtikrintumo mažiau mėgaujasi skatinamu savarankiškumu tiriamajame darbe. [20,34,35]

Vertinant respondentų atsakymus tarp skirtingų studijų metų, III kurso studentų atsakymuose matomas duomenų apdorojimo pasirinkimo pakilimas ir nežymus kritinio mąstymo bei susidomėjimo fizika nuopuolis. Tai gali būti susiję su didesniu laboratorinių darbų krūviu bei šių tiriamųjų darbų specifika, dėl kurios dauguma darbų yra mažiau vizualūs ir labiau skirti susirinkti duomenų masyvus tolimesniam apdorojimui ir sprendimo gavimui. IV kurso studentų atsakymuose mažiau išskiriamas savarankiškumas, tačiau tiek pat padidėja bendradarbiavimo vertinimas. Sumažėjusį teorinių sąvokų supratimo pasirinkimą pakeičia kritinio mąstymo ir kūrybiškumo skatinimas. Tokia rezultatų dinamika gali reikšti, kad III kurso pavasario semestre bei IV kurso rudenį atliekami laboratoriniai darbai reikalauja daugiau bendradarbiavimo tarpusavyje bei sprendimų pritaikant teorines ir praktines fizikos žinias.

Tai, kad tarp skirtingų studentų grupių atsakymų pasirinkimai skiriasi nežymiai parodo, jog iš principo atliekamų fizikos laboratorinių darbų modelis per studijų patirtį nesikeičia, studentai susiduria su panašiomis eksperimento eigos, analizės bei apgynimo sistemomis, vyrauja labiau teorijos demonstracijai skirtas uždarnosios-instrukcinės laboratorijos tipas [9, 16].

Susipažinti su studentų lūkesčiais išskirtinai įsiminusiems darbams, buvo prašoma studentų atviru tekstu įvardinti įsimintino laboratorinio darbo išskirtinumą. Gauti atsakymai buvo subendrinti atliekant tematinę analizę ir pavaizduoti 11 lentelėje.

11 Lentelė. Atviri studentų atsakymai apie įsimintiniausių laboratorinių darbų išskirtines savybes. (n=143)

Atsakymo grupė	Atsakymų skaičius	Atsakymų dalis	Atsakymą iliustruojantis pavyzdys
Iliustravo nagrinėtą teoriją	47	32%	<i>Buvo smagu atlikti, matėsi aiškus ryšys tarp mokomos teorijos ir eksperimento. Padėjo suprasti tai ko ilgai nesugebėjau suprasti (šviesos poliarizaciją).</i>
Įdomus atlikti eksperimentas	45	31%	<i>Buvo įdomu atlikti, proceso metu gerai supratau vykstančius fizikinius reiškinius.</i>
Praktikoje naudingi įgūdžiai	15	10%	<i>Šio laboratorinio darbo metu įgytos žinios gali būti tiesiogiai pritaikomos praktikoje, po studijų. Išmokau naudotis matavimų atlikimo programa.</i>
Aiški eiga ir reikalavimai	12	8%	<i>Aiškliai buvo suprantama, kas bus analizuojama ir ką reikės žinoti gynimo metu.</i>
Pareikalavo daug pastangų	12	8%	<i>Reikėjo atlikti daug skaičiavimų, išsivedinėti formules ir ieškoti papildomos teorijos, kad būtų galima teisingai atlikti skaičiavimus.</i>
Moderni laboratorinė įranga	8	5%	<i>Eksperimentinis įrenginys anksčiau buvo naudojamas moksliniams tyrimams, įranga valdoma kompiuteriu.</i>
Komandinis darbas	4	3%	<i>Pasiskirstėme darbus tryse, kiekvienas buvo atsakingas už dalį tiriamojo darbo.</i>

Atsižvelgiant į respondentų pateiktus argumentus įsimintino laboratorinio darbo išskirtinumams, didžioji dalis atsakymų sutampa su bendrais laboratorinių darbų tikslais ir išskiria teorijos demonstravimą ir gilesnį paaiškinimą (32%), bei eksperimento įdomumą (31%). Tik 10% atsakiusiųjų įsimintino laboratorinio darbo savybe išskyrė jo ugdomų praktinių įgūdžių pritaikymą. Kaip ir apibūdinant įsimintiniausių pastarąją laboratorinių darbų patirtį, darbo sudėtingumą išskiria maža dalis (8%) respondentų. Likę apklausoje dalyvavę studentai išskirtine įsimintino atlikto eksperimento savybe nurodė jo organizavimą: eigos ir reikalavimų aiškumą (8%), modernią laboratorinę įrangą (5%) bei komandinį darbą (3%). Pagal nurodomus išskirtinumus matyti, kad studentams nėra įprasta praktika dirbti su nauja laboratorine įranga, aiškiai žinoti reikalavimus

atliekant bei atsiskaitant laboratorinį darbą. Šie aspektai daugiau pasako ne apie vykdomus laboratorinius darbus kaip mokymo metodą, bet daugiau apie to išpildymą. Taip pat labai maža dalis studentų susiduria su eksperimento atlikimu komandoje, kas sutampa ir su retu šio laboratorinių darbų aspekto minėjimu tarp tiriamojo darbo tikslų, gebėjimų, bei patirčių studijose. Komandinio darbo poreikis buvo tikėtinas, atsižvelginat, kad vyraujantis mokomųjų laboratorijų pobūdis yra uždarasis.

Šias įžvalgas patvirtina ir 12 lentelėje pavaizduotos respondentų atvirų atsakymų grupės apie jų pasiūlymus laboratoriniams darbams. Atsakymai į šį atvirą klausimą taip pat buvo sugrupuoti pagal teminės analizės principus.

12 Lentelė. Atviri studentų atsakymai apie pasiūlymus laboratorinių darbų tobulinimui. (n=110)

Atsakymo grupė	Atsakymų skaičius	Atsakymų dalis	Atsakymą iliustruojantis pavyzdys
Patikslinti darbo eigą ir reikalavimus	41	37%	<i>Aiškesnių rezultatų prašymo, apibrėžti, ką reiktų pateikti laboratorinio apraše, gauti duomenų analizėje ir išvadose.</i>
Atnaujinti pasenusią/prastai veikiančią/netikslią įrangą	21	19%	<i>Reiktų naujesnės įrangos beveik visose laboratorijose.</i>
Vertinti ir teikti GR	9	8%	<i>Kai kuriuose moduliuose laboratoriniai darbai yra vertinami pakankamai mažu kaupiamuoju balu, o šių darbų atlikimas, jų aprašymas ir supratimas užima labai daug laiko, todėl norėtusi įdėjus daug darbo gauti ir proporcingą įvertinimą.</i>
Didesnio dėstytojų įsitraukimo	9	8%	<i>Daugiau paaiškinimų ir trumpų pristatymų iš dėstytojų laboratorijoje prieš atliekant laboratorinį, nes kartais teorijos dėstytojai temas būna išdėstę siauriau nei reikia. Norėtusi daugiau grafikų pavyzdžių prie, nuorodų kur ieškoti teorijos, interaktyvių informacijos priemonių.</i>
Daugiau dėmesio apribojimams ir paklaidoms	5	5%	<i>Dėstytojai galėtų skirti daugiau laiko paklaidų, kitų skaičiavimų paaiškinimui tam tikriems lab. darbams. Konsultuoti dėl gautų duomenų analizės.</i>
Atlikti darbą po teorijos paskaitos	5	5%	<i>Suderinti dėstomo dalyko teoriją su lab. darbais. Nes nėra lengva ruoštis darbui nieko nesuprantant ir po savaites išgirsti visą informaciją per paskaitą. Nors tai skatina ruoštis teorijai pačiam, bet ne visada tai paprasta. O kai nepasiroši pakankamai gerai lab. darbui tai kelia didžiulį stresą.</i>

Modernizuoti, skaitmenizuoti metodus	5	5%	<i>Būtų smagu labiau integruoti laboratorinius darbus su modernesniais metodais (pvz. Programavimu). Tai pajvairintų darbą laboratorijose ir suteiktų praktinių uždavinių, kuriuos būtų galima apdoroti per programavimo pratybas.</i>
Mažinti laboratorinių darbų skaičių	4	4%	<i>Imkite gerą patirtis iš užsienio universitetų, kur, pavyzdžiui, yra skiriamas vienas laboratorinis darbas grupei studentų mėnesiui laiko ir duota didesnė laisvė, kaip tvarkytis su uždutimi, tačiau ir didesnė atsakomybė - rimčiau žiūrima į atsiskaitymą.</i>
Daryti daugiau trumpų laboratorinių	3	3%	<i>Daryti kuo daugiau lab. darbų. Gali būti ir trumpesni, bet per vieną užsiėmimą padaryti kelis.</i>
Daugiau studento savarankiškumo	3	3%	<i>Daugiau laisvės išsiaiškinti pačiam studentui, o dėstytojams skirti tik labiau užuominas, o ne tiesmukiškus atsakymus kaip atlikti uždutį.</i>
Organizuoti laboratorinius darbus per komandinį darbą	3	3%	<i>Idėti daugiau komandinio darbo, nes tai yra smagu, padeda geriau įsisavinti fizikos žinias, jeigu sukuriamas tinkamos sąlygos.</i>
Optimizuoti darbo gynimus	2	2%	<i>Tiksliai paskirčiau konkrečius laikus gynimusi.</i>

Pagrindiniai studentų siūlymai orientuoti į dabartinių laboratorinių darbų patirties tobulinimą – 37% išskiria poreikį tikslinti darbo eigos aprašymus, reikalavimus pasiruošiant darbo atlikimui ir gynimui, turėti detalesnes instrukcijas duomenų analizei atlikti. Šis poreikis parodo, kad studentai papildomai patiriamo streso ieškant tikslinančios informacijos nemato kaip kompetencijas ugdančios veiklos. 19% atsakiusių norėtų matyti atnaujinamas mokomųjų laboratorijų priemones – vis dėl to, viena iš prielaidų mokyti laboratorinių darbų metodu yra mokomosiomis patirtimis atspindėti mokslą, taigi, ir technologinę pažangą. [9] Respondentų nuomonė toliau pasidalina į mažas atsakymų grupes, kurios iš savęs yra skirtingos, tačiau bendrai susiję su laboratorinių darbų organizavimu studijų programoje.

Pavieniai studentai išskiria siūlymus didinti studijų dalyko įvertinimo dalį už laboratorinius darbus, atlikti darbus po atitinkamų teorijos paskaitų, naudoti laboratorinių darbų duomenis kituose studijų dalykuose, optimizuoti darbo gynimų procesą, organizuoti laboratorinius darbus per komandinio darbo prizmę. Dėstytojų darbui laboratorijoje siūlymų kiek mažiau – pageidaujama daugiau įsitraukti į fizikos teorijos ir darbo atlikimo apmokymą laboratorijoje, skirti dėmesio

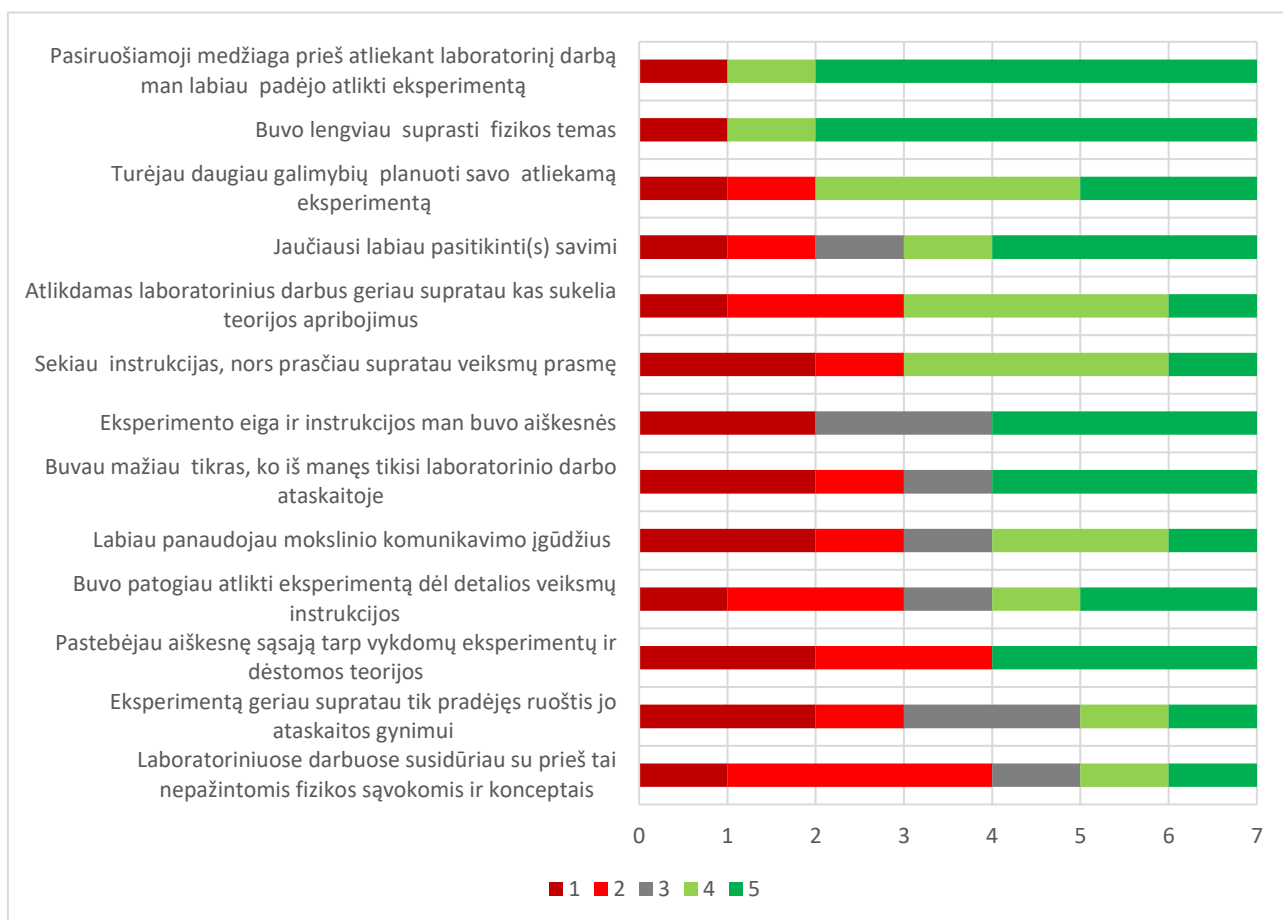
paklaidoms, teikti daugiau grįžtamojo ryšio ir leisti studentams daugiau patiems savarankiškai planuoti bei atlikti užduotį.

Keletas respondentų laboratoriniam metodui siūlo priešingus tobulinimo kelius – skatinama rengti mažiau laboratorinių darbų juos užduodant atvirosios, mišrios laboratorijos principais per tęstinį laikotarpį, arba daryti daugiau paprastesnių, trumpų instrukcinio tipo laboratorinių darbų pademonstruoti teorijai. Platesni ir sistemą siūlantys keisti variantai parodo, kad dalis studentų mato laboratorinius darbus kaip svarbią fizikos studijų patirtį ir metodą tobulinti išskirtinėms kompetencijoms bei gebėjimams.

3.2.3. Eksperimentinio tyrimo analizė

Kaip aptarta 3.2.1 dalyje, eksperimentinio tyrimo dalyje dėl studijų tinklelio specifikos bei turimų išteklių dalyvavo nedidelis skaičius dalyvių, todėl tyrimas labiau atitinka žvalgomąjį tyrimą. Juo siekiama išsiaiškinti, ar studentų požiūrio apklausos apie laboratorinių darbų patirtis tinka lyginti virtualiųjų laboratorinių darbų sėkmei ugdant tiriamajam darbui reikalingas kompetencijas, atliepiančias numatytus darbo tikslus ir ugdomuosius gebėjimus. Pats eksperimento metodas buvo išbandytas pirmą kartą, todėl atskleidė informacijos, kaip siekiant perkelti tyrimą tirti didesnei studentų grupei reikėtų patobulinti veiklos organizavimą ir duomenų rinkimo aspektus. Dėl mažos respondentų imties šios apklausos rezultatai tik atvaizduoti jų papildomai neanalizuojant per skirtingus kintamuosius.

Pagal 7 paveiksle pavaizduotus teiginius galima išskirti skirtumus tarp studentų patirčių tradicinėje mokomojoje laboratorijoje (5 lentelė) ir virtualioje laboratorijoje.



7 pav. Eksperimentinio tyrimo dalyvių nuomonė apie teiginius – netiesioginis virtualaus laboratorinio darbo patirčių vertinimas.

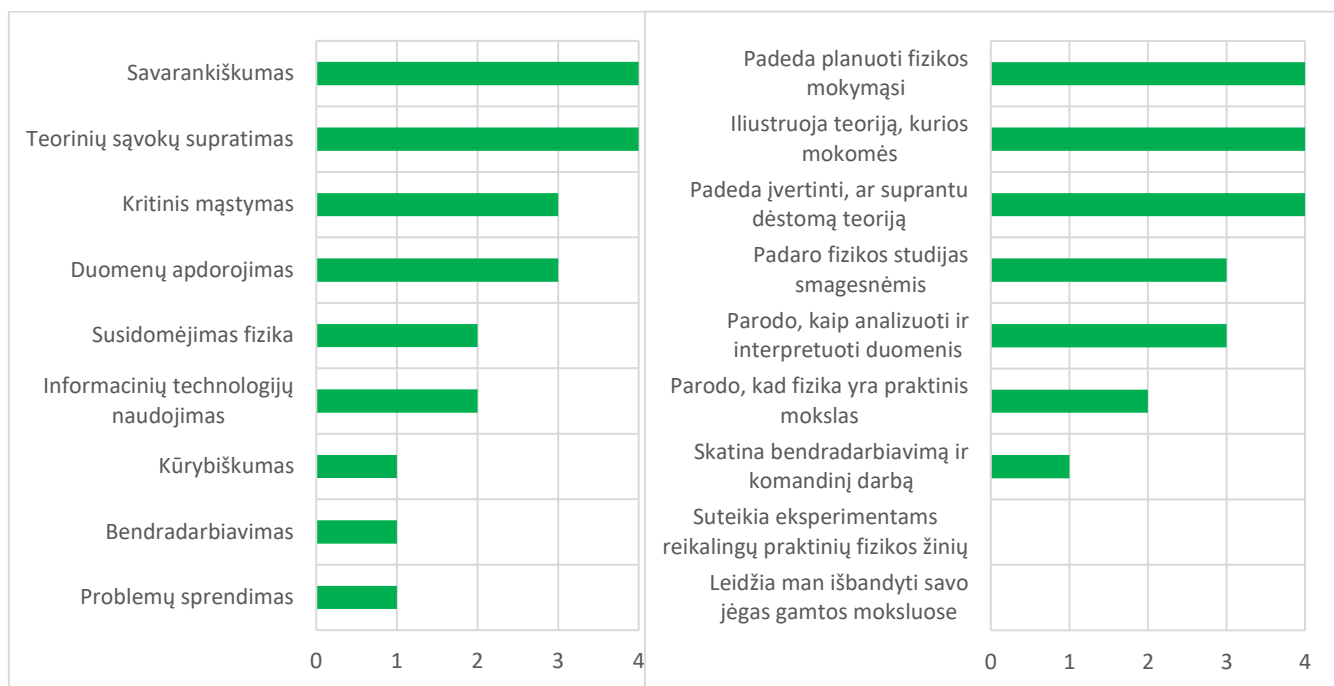
Eksperimento dalyviai dvejopai vertina teiginį „*Buvo patogiau atlikti eksperimentą dėl detalios veiksmų instrukcijos*“ kai tuo tarpu mokomojoje laboratorijoje 89% fizikos bakalauro studentų su teiginiu apie detalią instrukciją sutiko. Tai parodo mažesnę užtikrintumą ir aiškumą atliekant darbą visiškai savarankiškai, reikalinga papildoma pagalba ir instrukcijų detalumas išskiriamas ir apžvelgtoje literatūroje [22]. Lyginant su fizikos studentų apklausa eksperimento dalyviai mažiau teigiamai vertinam ir mokslo komunikavimo įgūdžių panaudojimą atliekant virtualų laboratorinį darbą – tai lemia pokytis, kad darbo ataskaita pateikiama tik raštu ir pildant interaktyvų H5P laboratorinio darbo gidą.

Dėl galimybės darbą atlikti sau patogiu laiku ir pakartoti norimą skaičių kartų, pastebimas pozityvesnis požiūris į teiginį „*Turėjau daugiau galimybių planuoti savo atliekamą eksperimentą*“. Eksperimente dalyvavę studentai pastebėjo mažiau sąsajos tarp atliekamo tyrimo ir besimokomos teorijos – virtualioje laboratorijoje iš dalies prarandamas pagrindiniu studentų požiūrio apklausoje įvardintu tikslu išskirtas fizikos reiškinių pademonstravimas ir teorijos iliustravimas. Galima tokio rezultato priežastimi priskirtina tai, kad eksperimento dalyvių atlikti virtualūs eksperimentai buvo iš

skirtingų simuliacinių erdvių – tyrimo iliustravimas ir interaktyvumas priklausė nuo animacijos kokybės plėtinyje ir galimų pasirinkimų laisvės.

Kitaip, nei studentų požiūrio apklausoje apie laboratorinius darbus, tik maža dalis eksperimento dalyvių teigė, kad atlikdami virtualų darbą susidūrė su prieš tai nepažintomis fizikos sąvokomis ir konceptais. Taip pat priešinga tradicinių laboratorinių darbų vertinimui analogiškais klausimais tendencija matoma ir vertinant teiginius „*Pasiruošiamoji medžiaga prieš atliekant laboratorinį darbą man labiau padėjo atlikti eksperimentą*“ bei „*Atlikdama(s) laboratorinius darbus geriau supratau kas sukelia teorijos apribojimus*“. Šias išskirtas tendencijas lemia interaktyvi skaitmeninių gidų laboratoriniams darbams dalis, kurioje studentams prieš atliekant laboratorinį darbą pateikiama pagrindinė informacija apie tiriamąjį reiškinį bei žinios patikrinamos užduotimis. Taip pat įtakos gali turėti ir fizikos mokyme pranašumu įvardijama galimybė mokytis savu tempu – išsibandyti ir kartoti tyrimo žingsnius siekiant pilnai suprasti pagrindines eksperimento vietas [29].

Vertinant eksperimento dalyvių išskirtus atliktų virtualių laboratorinių darbų plėtojamus gebėjimus ir tikslus (8 pav.), jų pasirinkimai parodo skirtumus nuo tradicinių veiklų mokomojoje laboratorijoje.



8 pav. Eksperimentinio tyrimo dalyvių nuomonė apie atliktų virtualių laboratorinių darbų plėtojamus pagrindinius gebėjimus (kairėje) ir tikslus (dešinėje)

Virtualiais laboratoriniais darbais plėtojama daugiausiai įvardijamas savarankiškumas, kritinis mąstymas ir duomenų apdorojimas – studentų nuomonės analizėje būtent savarankiškumas ir kritinis mąstymas buvo vienos iš pagrindinių tiriamojo darbo kompetencijų, kurios nėra kokybiškai plėtojamos studijų eigoje. Įvardinti galimi darbo tikslai virtualioje

laboratorijoje kiek išsiskiria didesne duomenų analizės ir interpretavimo įtaka, o tuo tarpu praktinių žinių ir savo jėgų išbandymo fizikoje aspektai eksperimento dalyvių liko visai nepaminėti. Nors eksperimento dalyvių imtis buvo maža, aptarti tyrimo dalyvių nuomonės skirtumai nuo studentų požiūrio apie laboratorinių darbų patirtis mokomojoje laboratorijoje aiškiai parodo virtualių laboratorinių darbų alternatyvos silpnybes – poreikį ypatingai detaliai instrukcijai ir nepakankamą praktinės veiklos kiekį – bei stiprią metodo vietas – geresnę pasiruošimą tiriamajam darbui, studento savarankiškumą viso proceso eigoje bei galimybę mokytis savu tempu. [21]

Eksperimento dalyviai taip pat pasidalino mintimis, kokius pagrindinius darbo virtualioje laboratorijoje pranašumus ir trūkumus jie išskirtų, atsakymai buvo išskaidyti ir sugrupuoti taikant teminę analizę, 13 lentelėje pateiktos atsakymų grupės bei jas iliustruojantys pavyzdžiai.

13 Lentelė. Atviri eksperimentinio tyrimo dalyvių atsakymai apie virtualių laboratorinių darbų pranašumus ir trūkumus.

Privalumai		Trūkumai	
Atsakymo grupė	Atsakymų skaičius	Atsakymo grupė	Atsakymų skaičius
Alternatyva neturint įrangos/turint prastą laboratorinę įrangą	1	Praktikos laboratorijoje trūkumas	4
Galimybė atlikti darbą sau patogiu laiku	4	Galimybė atlikti spėjimo būdu	1
Pakartojamumas	1		
Aiškesnė, tikslingesnė teorija ir instrukcija	4		
Užima mažiau laiko	1		
Atsakymą iliustruojantis pavyzdys:		Atsakymą iliustruojantis pavyzdys:	
<i>Galimybė darbą atlikti sau patogiu laiku. Dėl išsamiai paruošto darbo informacija labiau suprantama, todėl darbą atlikti yra lengviau.</i>		<i>Ne taip išsamiai susipažįstama su laboratorine įranga ir iš esmės laboratorinių darbų vykdymu, įgaunamos žinios labai teoriškos.</i>	

Apžvelgiant tyrimo dalyvių atsakymus į atvirus klausimus virtualių laboratorinių darbų tema matyti, kad studentai privalumais išskiria teorijoje įvardintus organizacinius ypatumus – laisvą atlikimo laiką, galimybę kartoti etapus, bei alternatyvą neturint prieigos prie reikiamos laboratorinės įrangos. Taip pat dėl prieš virtualų eksperimentą pristatomos glaustos teorinės informacijos ir jos patikrinimo, studentai įvertino ir teorijos bei instrukcijos tikslingumą. Tuo tarpu pagrindiniu trūkumu

atliekant darbus virtualioje aplinkoje dauguma tyrimo dalyvių išskiria praktinių žinių, realios praktikos su laboratorine įranga stygių. Taip pat išskiriama rizika interaktyviose pasiruošiamosiose užduotyse bei eksperimento eigoje teisingus atsakymus gauti atsitiktinio spėjimo būdu ir taip iš virtualaus laboratorinio darbo patirties išsinešti ne tik praktines, bet ir teorines spragas arba netgi klaidingai susiformavusį supratimą. [26]

Taigi, virtualūs laboratoriniai darbai pagal eksperimentinio tyrimo rezultatus pasižymi literatūroje išskiriamais pranašumais bei trūkumais, tačiau stipriai priklauso nuo paruoštos virtualios priemonės kokybės ir prieinamumo (aiški instrukcija, aukštos kokybės vizualai bei interaktyvumas). Dėl praktikos su laboratorine įranga – taigi ir praktinių įgūdžių tobulinimo – realūs praktiniai darbai mokomojoje laboratorijoje vistiek išlieka nepamainomu metodu laboratoriniam mokymui, bet virtualios laboratorijos gali būti atsargine arba pagalbine alternatyva ruošiantis atlikti laboratorinį darbą arba jį pakeičiant dėl darbų tinklelio ar įrangos problemų. [25]

APIBENDRINIMAS

Fizikos bakalauro studijose laboratoriniai darbai mokomosiose laboratorijose yra viena studijų veiklų, kuriai yra keliamas platus siektinų tikslų ir plėtojamų gebėjimų kiekis. Ugdymo šiuo metodu efektyvumas tiriamajai veiklai reikalingoms kompetencijoms ugdyti buvo išskirtas kaip pagrindinė tyrimo problema, kurią analizuoti pasirinkta per studentų požiūrį į laboratorinių darbų patirtį.

Norint įvertinti, ar mokomųjų laboratorinių darbų metodas yra tinkamas ugdyti siekiamiems studento tiriamiesiems gebėjimams bei dalykiniam fizikos supratimui, buvo atlikta teorinė analizė išnagrinėti šiam mokymui mokslinio tyrinėjimo metodu bei sukurtas ir išbandytas įrankis įvertinti studentų nuomonei apie laboratorinių darbų patirtis.

Buvo išskirti 8 pagrindiniai tiriamojo darbo gebėjimai ir kompetencijos, kurie pasiekiami per 8 bendruosius mokslinio metodo veiklos etapus ir atitinka 5 keliamus tikslus laboratoriniam mokymui. Laboratorinių darbų siekiami tikslai ir ugdomos kompetencijos gali skirtis pagal 3 skirtingų laboratorijų tipus. Studijų procese turėtų būti sekama ir planuojama, kokia laboratorinių darbų patirtis kokias padeda tobulinti kompetencijas ir gebėjimus.

Laboratoriniai darbai yra vertinami kaip įvairialypė mokymosi veikla, ypatingai tinkama gamtamoksliniame ugdyme iš konstruktyvizmo perspektyvos – tokia mokymosi patirtis pasiekia sėkmę tik tuo atveju, jei studentas sulaukia iššūkio savo turimoms žinioms ir gebėjimams, bet kartu ir nepajaučia per didelio streso, dėl žinių ar gebėjimų stygiaus vedančio į frustraciją. Taigi, laboratoriniame darbe svarbu ne tik jo pasirinktas atlikimo būdas bei didaktiniai sprendimai, bet ir vieta studijų dalyko tinklelyje – išskiriama dažna problema, kai dėl sudaromo tvarkaraščio darbai atliekami prieš susipažįstant su juose nagrinėjama teorija paskaitose, kas sukelia teorinių žinių stygių mokymosi procese.

Dažnu atveju, laboratoriniai darbai kaip mokymo metodas sulaukia kritikos dėl neišpildomų lūkesčių bei didelių išlaikymo kaštų. Taip pat išskiriami trūkumai dėl riboto laiko ir tvarkaraščio darbams atlikti, patys laboratoriniai darbai pasak studentų požiūrio tyrimų nepakankamai plėtoja kritinį mąstymą, lyderystę ir savarankiškumą. Ydinga laikoma praktika uždarojo tipo laboratoriniuose darbuose sekti instrukciją sėkmei pasiekti – tai apriboja mokslinio tyrinėjimo patirtį ir labiau iliustruoja dėstomą teoriją, nei plėtoja tyrimui reikalingas kompetencijas. Lyginamieji tyrimai parodo, kad laisvesnės instrukcijos, į įgūdžius, o ne teorijos įtvirtinimą orientuoti laboratoriniai darbai, geriau pasiekia užsibrėžtus mokymosi rezultatus.

Lyginant su eksperimentais mokomojoje laboratorijoje, studentų veikla virtualiose laboratorijose išsiskiria privalumais dėl proceso valdymo, prieinamumo ir vizualizacijos galimybių hipotetinėms situacijoms bei plika akimi nematomų reiškinių tyrinėjimui. Tokiuose užsiėmimuose dėmesys sutelkiamas į pagrindinę informaciją, sumažinamas papildomai laboratorijoje studento patiriamas stresas. Studentų rezultatų tyrimai neparodo reikšmingų mokymosi pasiekimų skirtumų fizikos studijose realius eksperimentus pakeitus darbu virtualiose laboratorijose, todėl yra tinkamu sprendimu nuotoliniams studijų kursams bei pakeičiant realią eksperimentinę veiklą studijose neturint tam reikiamos įrangos.

Virtualių laboratorijų pagrindinė kritika – neužtikrinama studento praktinių įgūdžių patirtis, galimybė procese gauti teisingus rezultatus atsitiktiniu arba klaidingu keliu, o neturint ugdytojo intervencijos procese tai veda į klaidingą koncepto supratimą. Kitaip nei darbui realiose laboratorijose, tokiose veiklose eigos instrukcija turi būti kuo detalesnė ir apriboti studento savarankiškumą tam, kad būtų pasiekiamas norimas rezultatas. Simuliacijos pasiruošimo atlikti realų eksperimentą metu padeda prognozuoti eksperimento eigą ir prisideda prie studentų konceptualaus supratimo, pasitikėjimo ir pasitenkinimo atliekant darbus mokomosiose laboratorijose. Studentų įsitraukimą į tokias veiklas skatina ir užtikrina turinio interaktyvumas – pavyzdžiui, fizikos studentai išskiria HSP technologiją kaip veiksmingą priemonę užpildant atotrūkį tarp teorinių paskaitų ir praktinių užsiėmimų.

Pagal apžvelgtą teoriją buvo sudarytas pagrindinis šio tyrimo eksperimentas – bakalauro studentų požiūrio apie laboratorinių darbų patirtis apklausa, kuri buvo atlikta Vilniaus universiteto Fizikos fakultete ir pasiekė 40% visų studentų. Pasiektas respondentų skaičius yra pakankamas apibendrinti bendrai fakulteto studentų bei kiekvieno iš kursų nuomonei. Taip pat viena gamtos mokslų studentų grupė buvo įtraukta į eksperimentinį tyrimą, kurio metu išbandė virtualias aplinkas vietoje priskirtų atlikti eksperimentų bei atitinkamai įvertino savo patirtis. Eksperimente dalyvavo mažas studentų skaičius, dėl to tyrimas labiau atitinka žvalgomąjį pobūdį vertinant pačių eksperimentinių sąlygų validumą.

Vertinant tiesioginius klausimus apie kompleksinę patirtį apibūdinančias nuostatas, pasitvirtina teorijoje numatytas ypatingai pozityvus požiūris į laboratorinius darbus. Kiek išsiskiria tik patiriamo streso išskyrimas, kas gali indikuoti apie laboratorinių darbų tipo arba eigos studijų procese ydas. Vertinant atsakymų pasiskirstymą pagal demografines grupes, patiriamą stresą labiau akcentuoja moterų grupė bei vyresnieji studentai. Taip pat studentų nuomonė pagal kursą išsiskiria neigiamų nuostatų stiprėjimu studijų eigoje – studentai teoriškai studijų metams bėgant turėtų labiau įsitraukti į fiziką ir praktinėje veikloje labiau savimi pasitikėti, todėl priešingą rezultatą gali lemti tiriamojo darbo kompetencijų ir gebėjimų stygius jų nuosekliai neplėtojant studijų eigoje.

Analizuojant studentų nuomonę apie laboratorinių darbų patirtis per netiesiogines nuostatas į šią veiklą matyti, kad studentai individualiai susiduria su problemomis ruošiant laboratorinio darbo ataskaitas ir jas pristatant, nevertina pasiruošiamųjų klausimų kaip reikšmingos pagalbos atlikti eksperimentą. Įdomiu ir netikėtu rezultatu galima vadinti pasirinkimų skirtumus tarp lyčių – statistiškai reikšmingas skirtumas pastebėtas klausimuose apie eksperimento supratimą bei pasitikėjimą savimi jį atliekant, kur moterų grupė pateikė žymiai neigiamesnius atsakymus. Rezultatai patvirtina, kad vertinant lyčių skirtumus mokantis fizikos studijose, reikšmingesnis į įgūdžius orientuotų kursų poveikis matomas moterų tarpe. Sunkiau pasiekiami rezultatai praktiniuose darbuose bei pasitikėjimo savo jėgomis trūkumas siejamas su moterų įsitraukimu ir susidomėjimu fizika bei kultūriškai susiformavusiu stereotipiniu požiūriu į fizikos praktinius darbus. Nors lyčių skirtumai nebuvo ryškūs kituose apklausos atsakymuose, patiriama didesnio streso ir mažesnio pasitikėjimo savimi klausimas moterų grupėje turėtų būti toliau tiriamas ir ieškomi sprendimai šiai problemai spręsti.

Pagal statistiškai reikšmingas nuostatų prieklausas nuo studijų metų pastebimas ketvirto kursų studentų polinkis neigiamai vertinti patirtis mokomojoje laboratorijoje. Šuolį į neigiamą vertinimo pusę galima vertinti iš dviejų perspektyvų – paskutiniuose bakalauro studijų kursuose studijų dalykai, taigi ir juose atliekami eksperimentai būna labiau specifiniai, mažiau remiasi bendrosiomis fizikos žiniomis ir reikalauja daugiau praktinių studento žinių. Iš kitos pusės, studijose ilgą laiką vyravus uždarojo tipo instrukciniams laboratoriniams darbams, studentas nepakankamai plėtojo gilesnes tiriamojo darbo kompetencijas ir įgūdžius, ypatingai savarankiškumą bei kritinį mąstymą, dėl ko eksperimentui daugiau primenant realią mokslinę veiklą susiduriama su sunkumais.

Studentų nuomonės apie laboratorines patirtis vertinime atsispindi ir studijų organizavimo problema – dėl intensyvaus studijų tvarkaraščio eksperimentai atliekami tiramosios temos dar neanalizavus teoriniuose užsiėmimuose, dėl ko studentai susiduria su fizikos teorinių žinių trūkumu bei gali formuoti klaidingą supratimą teorinių ir praktinių žinių sintezės metu atliekant tiriamąjį darbą.

Studentų nuomonė parodo, kad laboratoriniai darbai nematomi kaip mokslinį savarankiškumą, bendradarbiavimą ir komunikavimą lavinanti studijų veikla, o labiau studijų eigoje naudojami pademonstruoti teoriniams fizikos konceptams. Tai sutampa ir su pagrindiniu studentų matomu tikslu laboratoriniams darbams. Tiesa, vyresniuose kursuose matoma patirties mokslinėje laboratorijoje bei profesinėje praktikoje įtaka iškelia studentų lūkestį laboratoriniams darbams daugiau siekti bendradarbiavimo, komandinio darbo, išbandyti savo jėgas bei pademonstruoti praktinius įgūdžius.

Nors atliekamuose laboratoriniuose darbuose matomas problemų sprendimo, savarankiškumo ugdymo ir kritinio mąstymo trūkumas, studentai įsimintinomis patirtimis laboratorijose išskiria būtent laboratorinius darbus, kurie ugdė šias kompetencijas. Tuo tarpu maža studentų dalis išskyrė bendradarbiavimu bei kūrybiškumu pasižymėjusias praktines veiklas. Taip pat sudėtingėjant eksperimentams bei juose gaunamiems duomenims, išskyla ir duomenų apdorojimo svarba. Tačiau statistiškai minėti skirtumai nebuvo ypatingai dideli, todėl galima apibendrinti, kad fizikos laboratorinių darbų modelis, kaip ir studentų lūkesčiai jiems, per studijų metus kinta nežymiai.

Studentų pateikti atviri komentarai taip pat išskiria poreikį dirbti su modernia laboratorine įranga, gauti kuo aiškesnius veiklos aprašymus bei reikalavimus darbo apipavidalinimui ir pristatymui. Apklaustųjų pasiūlymų fizikos laboratorinių darbų metodui gausa parodo, kad ši studijų patirtis jiems ypatingai svarbi ir jai keliami ypatingi lūkesčiai.

Su chemijos bei gyvybės mokslų II bakalauro studijų kurso studentais atliktas eksperimentinis tyrimas pritaikant virtualias aplinkas laboratoriniuose darbuose atskleidė teorijoje numatytus požymius, virtualių laboratorinių veiklų pranašumus ir trūkumus lyginant su realia eksperimentine veikla laboratorijoje. Aptariant trūkumus, studentų nuomone, patirtis simuliacinėje aplinkoje labiau priklauso nuo instrukcijos aiškumo, mažiau atskleidžia studento mokslo komunikavimo įgūdžius, studentams trūksta praktinės patirties dirbant su laboratorine įranga. Nors eksperimento imtis nebuvo didelė, dalyviai aiškiai įvardina ir pagrindinius šio metodo pranašumus – galimybę planuoti ir atlikti darbą sau patogiu laiku ir tempu, teigiamai vertinama ir interaktyvi pasirodijimo medžiaga, kurią studentų nuomonės tyrime apie veiklą laboratorijoje fizikos studentai vertino nevienareikšmiškai.

Eksperimento dalyvių nuomone apie veiklas virtualiose aplinkose pagrindiniais plėtojama studentų gebėjimais išskiriama duomenų apdorojimas, tyrėjo savarankiškumas ir kritinis mąstymas. Pastarieji du aspektai studentų patirčių laboratorinėje veikloje apklausoje buvo išskirti kaip per mažai vystomi dėl uždarojo tipo veiklų pobūdžio mokomosiose laboratorijose. Kaip galimus tikslus virtualiems laboratoriniams darbams eksperimento dalyviai įvardino duomenų analizę ir rezultatų interpretavimą. Eksperimente dalyvavusių studentų atviri komentarai apie virtualių laboratorinių veiklų pritaikymą gamtos mokslų studijose patvirtino aptartus apklausos rezultatus ir pabrėžė neaiškios instrukcijos arba nesąžiningo atlikimo grėsmę studentui atsitiktinai pasiekti norimus rezultatus, taip iš laboratorinio darbo išsinešant teorinių bei praktinių žinių spragas.

IŠVADOS

1. Fizikos studentų nuomonė apie patirtis mokomosiose laboratorijose negali būti vertinama tiesioginiais klausimais, bet gali būti atskleista netiesiogiai vertinant šių veiklų eigos ir organizavimo dalis, tikslus, tobulintas kompetencijas ir gebėjimus;
2. Laboratoriniuose darbuose Vilniaus universiteto Fizikos fakultete ugdomi gebėjimai ir kompetencijos pagal studentų nuomonę parodo, kad visuose bakalauro studijų kursuose vyrauja uždarojo-instrukcinio pobūdžio laboratoriniai darbai, skirti pademonstruoti fizikos teorijai;
3. Kultūrinių stereotipų lemiami lyčių skirtumai atliekant fizikos laboratorinius darbus pasireiškia didesniu moterų patiriamu stresu laboratorinio darbo metu, bei didesniu vyrų pasitikėjimu savimi;
4. Neigiama studentų nuomonė apie laboratorinių darbų patirtis vyresniuose kursuose parodo mokslinio savarankiškumo, kritinio mąstymo ir kitų moksliniam tyrimui reikalingų kompetencijų bei gebėjimų stygių, suformuotą mokomosiose laboratorijose atliekant uždarojo-instrukcinio pobūdžio praktines veiklas;
5. Virtualūs laboratoriniai darbai gali plėtoti tas pačias kompetencijas ir gebėjimus, kaip veikla mokomojoje laboratorijoje, tačiau negali suteikti praktinės patirties dirbant su tiriamąja įranga ir dėl to yra labiau tinkami kaip pasirengiamoji veikla atlikti realiam eksperimentui.

REKOMENDACIJOS

1. Gamtos mokslų studijose reguliariai tikrinti studentų tiriamosios veiklos kompetencijas bei laboratorinių veiklų patirtis ir rezultatus pritaikyti rengiant veiklas mokomosiose laboratorijose;
2. Pristatyti tyrimo rezultatus Vilniaus universiteto Fizikos fakulteto akademinėi bendruomenei ir juos pritaikyti sudarant studijų tinklelius bei atnaujinant studijų dalykus;
3. Tyrimo instrumentą pritaikyti kitoje aukštojoje mokykloje su panašia arba skirtinga laboratorinių darbų praktika gamtos mokslų studijose;
4. Atlikti studentų lyčių skirtumų fizikos mokymosi procese analizę;
5. Gamtos mokslų mokyme plėtoti veiklų pasirinkimą virtualiose erdvėse, taip praplečiant arba pakeičiant praktinius užsiėmimus mokomojoje laboratorijoje.

**DEVELOPING STUDENTS NATURAL SCIENCES RESEARCH SKILLS AND
COMPETENCES IN PHYSICS LABORATORY WORK**

SUMMARY

The aim of the study is to analyse how laboratory work in physics laboratories develops research skills and subject understanding from the students' point of view. To assess that, the research involves a mixed-methods approach to data collection, including a literature review on research skills in natural sciences, the teaching laboratory approach and the use of virtual laboratories, a statistical and textual analysis of an anonymous questionnaire for undergraduate science students, and an experimental study with a group of undergraduate students in a physics teaching laboratory with a questionnaire of participants. The carried out research work leads to the following conclusions:

1. Physics students' perceptions of their experiences in teaching laboratories cannot be assessed by direct questions, but can be revealed indirectly by assessing the process and organisation of these activities, the objectives, competences and skills developed;

2. The skills and competences developed in laboratory work at the Faculty of Physics of Vilnius University show that all undergraduate courses are dominated by closed-instructional laboratory work designed to demonstrate physics theory;

3. Gender differences in physics laboratory work are manifested in the greater stress experienced by women during laboratory work and in the greater self-confidence of men;

4. A statistically significant shift in negative opinion about laboratory experiences in senior years reflects a lack of scientific independence, critical thinking and other competences and skills necessary for scientific research, formed in closed-instructional hands-on activities in teaching laboratories;

5. Virtual laboratory activities can develop the same competences and skills as the activities in the teaching laboratory, but cannot provide hands-on experience with research equipment and are therefore more suitable as a preparatory activity for a real experiment.

LITERATŪROS ŠARAŠAS

1. Vázquez-Villegas, P.; Mejía-Manzano, L.A.; Sánchez-Rangel, J.C.; Membrillo-Hernández, J. Scientific Method's Application Contexts for the Development and Evaluation of Research Skills in Higher-Education Learners. *Educ. Sci.* 2023, 13, 62. <https://doi.org/10.3390/>
2. Aufschnaiter, Claudia & Aufschnaiter, Stefan. (2007). University students' activities, thinking and learning during laboratory work. *European Journal of Physics.* 28. S51. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/28/3/S05>
3. Bhargava, Peeyush & Antonakakis, John & Cunningham, Christine & Zehnder, Alan. (2006). Web-based virtual torsion laboratory. *Computer Applications in Engineering Education.* 14. 1 - 8. <https://doi.org/10.1002/cae.20061>
4. Amanda Taylor, J., 2022. *The Skills Imperative 2035: what does the literature tell us about essential skills most needed for work?*, Learning and Work Institute. United Kingdom. <https://policycommons.net/artifacts/2619537/the-skills-imperative-2035/3642209/> (tikrinta 2024-05-12)
5. Pascasie, Nyirahabimana & Minani, Evariste & Nduwingoma, Mathias & Kemeza, Imelda. (2023). Students' perceptions of multimedia usage in teaching and learning quantum physics: post-assessment. *Journal of Baltic Science Education.* 22. 37-56. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.37>
6. Sneddon, P & Douglas, Rebecca. (2013). The Attitudes Towards, and Experiences of, Laboratory Teaching in Year 1 Chemistry and Physics University Courses. *New Directions.* 1. 49-54. <https://doi.org/10.11120/ndir.2013.00013>
7. M.Hanif, & Sneddon, Peter & Reid, Norman. (2009). The perceptions, views and opinions of university students about physics learning during undergraduate laboratory work. *European Journal of Physics.* 30. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/30/1/009>
8. Borrmann, Thomas. (2008). Laboratory Education in New Zealand. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education.* 4. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75359>
9. Kirschner, P.A. Epistemology, practical work and Academic skills in science education. *Sci Educ* 1, 273–299 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF00430277>
10. Hariyono, Eko & Prastowo, T & Hartati, M. (2020). Physics Student's Research Skills Performance: A Field-Based Approach in Geoscience Learning. *Journal of Physics: Conference Series.* <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012003>
11. Eshach, Haim & Kukliansky, Ida. (2017). University Physics and Engineering Students' Use of Intuitive Rules, Experience, and Experimental Errors and Uncertainties. *International Journal of Science and Mathematics Education.* 16. 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9817-3>
12. Educación, Unesco. Oficina Internacional de and Soo Boon Ng. "Exploring STEM competences for the 21st century." (2019). <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000368485> (tikrinta 2024-05-12)

13. OECD Future of Education and Skills 2030 Concept Note. OECD 2019 [https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills for 2030 concept note.pdf](https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/skills/Skills%20for%202030%20concept%20note.pdf) (tikrinta 2024-05-12)
14. National Research Council. 2012. *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>.
15. Correa da Silva, J.G. Science and Scientific Method. *Int. J. Sci. Res.* 2022, 11, 621–633 <http://doi.org/10.21275/SR22412084104>
16. Kirschner, Paul & Meester, M.. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*. 17. 81-98. <https://doi.org/10.1007/BF00130901>
17. National Research Council. (2006). *America's Lab Report: Investigations in High School Science*. Committee on High School Science Laboratories: Role and Vision, S.R. Singer, M.L. Hilton, and H.A. Schweingruber, Editors. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
18. Verenikina, Irina M.: Vygotsky in Twenty-First-Century research 2010, 16-25. <https://ro.uow.edu.au/edupapers/1022>
19. Pattar, U., Raybagkar, V.H., & Garg, S.K. (2011). Assessing the Effectiveness of Learning-Teaching Physics Through Traditional Laboratory Experiments. *Lat. Am. J. Phys. Educ.* Vol. 5, No. 3, Sept. 2011 (http://www.lajpe.org/sep11/LAJPE_544_Umapati_Pattar_Preprint_corr_f.pdf)
20. Wilcox, Bethany & Lewandowski, Heather. (2017). Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: Insight from a survey of students' beliefs about experimental physics. *Physical Review Physics Education Research*. 13. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010108>
21. Quiroga, Maria del Mar. (2019). A virtual experiment improved students' understanding of physiological experimental processes ahead of a live inquiry-based practical class. *Advances in physiology education*. 43. <https://doi.org/10.1152/advan.00050.2019>
22. van Berkum, J. J. A., & de Jong, T. (1991). Instructional environments for simulations. *Education & computing*, 6(3-4), 305-358. [https://doi.org/10.1016/0167-9287\(91\)80006-J](https://doi.org/10.1016/0167-9287(91)80006-J)
23. Wieman CE, Adams WK, Perkins KK. PHYSICS. PhET: simulations that enhance learning. *Science*. 2008 Oct 31;322(5902):682-3. <https://doi.org/10.1126/science.1161948>
24. Darrah, M., Humbert, R., Finstein, J. *et al.* Are Virtual Labs as Effective as Hands-on Labs for Undergraduate Physics? A Comparative Study at Two Major Universities. *J Sci Educ Technol* 23, 803–814 (2014). <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9513-9>
25. Afacan Adamır, Gulgun & Akmatbekova, Azat & Muhametjanova, Gulshat. (2023). University Learners' Motivation and Experiences Using Virtual Laboratories in a Physics Course. *Canadian Journal of Learning and Technology*. 48. <https://doi.org/10.21432/cjlt28161>

26. de Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201. <https://doi.org/10.2307/1170753>
27. Rutten, Nico & van Joolingen, Wouter & Veen, Jan. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*. 58. 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
28. Richtberg, Stefan & Girwidz, Raimund. (2019). Learning Physics with Interactive Videos – Possibilities, Perception, and Challenges. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1287/1/012057>
29. Kosmaca, J., Cinite, I., & Barinovs, G. (2023). Exploring interactive H5P video as an alternative to traditional lecturing at the physics practicum. In V. Lamanaukas (Ed.), *Science and technology education: New developments and Innovations. Proceedings of the 5th International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2023)* (pp. 111-121). Scientia Socialis Press. <https://doi.org/10.33225/BalticSTE/2023.111>
30. Saudelli, M. G., Kleiv, R., Davies, J., Jungmark, M., & Mueller, R. (2021). PhET Simulations in Undergraduate Physics: Constructivist Learning Theory in Practice. *Brock Education Journal*, 31(1). <https://doi.org/10.26522/brocked.v31i1.899>
31. Osgood, C.E., Suci, C.J. and Tannenbaum, P.H. (1957) *The measurement of meaning*. Urbana, IL: University of Illinois Press.
32. Likert, R. (1932) A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology* 140, 5-53.
33. K. Dryžas. *Optinių sistemų parametrų tyrimo skaitmeninis gidas*. (2023) Vilniaus universitetas. [O5. Optinių sistemų parametrų tyrimas.h5p](#) (tikrinta 2024-05-14)
34. Pukėnas, K. *Kokybinių Duomenų Analizė SPSS Programa: Mokomoji Knyga*; LKKA: Kaunas, Lithuania, 2009.
35. James Day, Jared B. Stang, N. G. Holmes, Dhaneesh Kumar, D. A. Bonn. (2016). Gender gaps and gendered action in a first-year physics laboratory. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 12, 020104. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020104>
36. Bethany R. Wilcox, H. J. Lewandowski. (2016). Research-based assessment of students’ beliefs about experimental physics: When is gender a factor? *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 12, 020130. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.020130>
37. Matijošius, A., Maldžius, R., Kuliešaitė, M. (2023) “45th Lithuanian National Physics Conference. October 25-27, 2023 Program and abstracts of presentations”, *Vilnius University Proceedings*, (38), pp. 1–268. <https://doi.org/10.15388/LNPC.2023>

PRIEDAI

1 priedas. Anoniminės anketos gamtos mokslų studentams klausimynas.

1. Pasirinkite po vieną žodį iš kiekvienos poros apibūdinimų, su kuriais labiau sutiktumėte apibūdinant savo laboratorinių darbų patirtį:

Naudinga – nenaudinga;

Suprantama – nesuprantama;

Atitiko lūkesčius – neatitiko lūkesčių;

Kėlė pasimėgavimą – kėlė stresą;

Įdomu – neįdomu; Geriausia dėstomo kurso dalis – prasčiausia dėstomo kurso dalis.

2. Skalėje nuo 1 (*visiškai nesutinku*) iki 5 (*visiškai sutinku*) pažymėkite, kiek sutinkate su pateiktais teiginiais apie eksperimentinę veiklą mokomojoje laboratorijoje:

Atlikti eksperimentus man patogiau su detalio veiksmų instrukcija;

Laboratoriniai darbai man padeda suprasti fizikos temas;

Atlikto darbo gynimas laboratorijoje stiprina mano komunikavimo įgūdžius;

Laboratoriniuose darbuose turėjau galimybę savarankiškai planuoti atliekamą eksperimentą;

Jaučiausi pasitikinti(s) savimi atliekant eksperimentus;

Eksperimento eiga ir instrukcijos man būna aiškios;

Laboratoriniuose darbuose seku instrukcijas, nors aiškiai nesuprantu veiksmų prasmės;

Pastebiu aiškią sąsają tarp vykdomų eksperimentų ir dėstomos teorijos;

Nesu tikra(s), ko iš manęs tikisi laboratorinio darbo ataskaitoje;

Atliktą eksperimentą suprantu tik ruošiantis jo ataskaitos gynimui;

Laboratoriniams darbams yra numatyta pakankamai laiko;

Dėstytojai ir laboratorijos darbuotojai man reikšmingai padeda atliekant laboratorinius darbus;

Laboratoriniuose darbuose nagrinėju prieš tai nepažintas fizikos sąvokas ir konceptus;

Atlikdama(s) laboratorinius darbus nesuprantu kas sukelia teorijos apribojimus;

Pasiruošiamieji klausimai prieš atliekant laboratorinį darbą man padeda geriau atlikti eksperimentą.

3. Toliau pateikti 9 galimi tiriamojo darbo tikslai mokomojoje laboratorijoje. Pažymėkite tris jūsų manymu svarbiausias nuostatas apie laboratorinių užsiėmimų tikslą jūsų studijose.

Laboratoriniai darbai man:

parodo, kad fizika yra praktinis mokslas;
padeda įvertinti, ar suprantu dėstomą teoriją;
ilustruoja teoriją, kurios mokomės;
skatina bendradarbiavimą ir komandinį darbą;
leidžia man išbandyti savo jėgas gamtos moksluose;
padeda planuoti fizikos mokymąsi;
suteikia eksperimentams reikalingų praktinių fizikos žinių;
parodo, kaip analizuoti ir interpretuoti duomenis;
padaro fizikos studijas smagesnėmis.

4.

4.1. Nurodykite eksperimentą, kuris jums labiausiai patiko ir įsiminė.

4.2. Nurodykite, ar nurodytą eksperimentą buvo sudėtinga atlikti:

Eksperimentas buvo: *sunkus – vidutinis – lengvas*

4.3. Pasidalinkite, kuo konkrečiai minėtas eksperimentas pasirodė naudingesnis ar išskirtinis.

4.4. Pažymėkite, kurie 3 tiriamieji gebėjimai Jūsų nuomone pasirinktame darbe buvo plėtojami labiausiai:

Savarankiškumas;

Susidomėjimas fizika;

Kritinis mąstymas;

Bendradarbiavimas;

Duomenų apdorojimas;

Problemų sprendimas;

Kūrybiškumas;

Teorinių sąvokų supratimas; Informacinių technologijų naudojimas.

5. Įsivaizduokite, kad esate atsakingi už laboratorinių darbų mokomosiose laboratorijose organizavimą fizikos studijų dalyke. Pasidalinkite, ką norėtumėte pakeisti, plėtoti ar tobulinti laboratorinių darbų metodo taikyme fizikos studijose.

2 priedas. Eksperimentinio skaitmeninių laboratorinių darbų tyrimo dalyvių klausimynas.

1. Skalėje nuo 1 (visiškai nesutinku) iki 5 (visiškai sutinku) pažymėkite, kiek sutinkate su pateiktais teiginiais apie atliktus virtualius laboratorinius darbus. Lyginant su mokomosiose laboratorijose atliktais darbais, atliekant virtualius laboratorinius darbus:

a. *Buvo patogiau atlikti eksperimentą dėl detalios veiksmų instrukcijos;*

b. *Buvo lengviau suprasti fizikos temas;*

c. *Labiau panaudojau mokslinio komunikavimo įgūdžius;*

- d. *Turėjau daugiau galimybių planuoti savo atliekamą eksperimentą;*
- e. *Jaučiausi labiau pasitikinti(s) savimi;*
- f. *Eksperimento eiga ir instrukcijos man buvo aiškesnės;*
- g. *Sekiau instrukcijas, nors prasčiau supratau veiksmų prasmę;*
- h. *Pastebėjau aiškesnę sąsają tarp vykdomų eksperimentų ir dėstomos teorijos;*
- i. *Buvau mažiau tikra(s), ko iš manęs tikisi laboratorinio darbo ataskaitoje;*
- j. *Eksperimentą geriau supratau tik ruošiantis jo ataskaitos gynimui;*
- k. *Laboratoriniuose darbuose susidūriau su prieš tai nepažintomis fizikos sąvokomis ir konceptais;*
- l. *Atlikdama(s) laboratorinius darbus geriau supratau kas sukelia teorijos apribojimus;*
- m. *Pasiruošiamoji medžiaga prieš atliekant laboratorinį darbą man labiau padėjo atlikti eksperimentą.*

2. Pažymėkite, kurie 3 tiriamieji gebėjimai Jūsų nuomone atliktame virtualiame laboratoriniame darbe buvo plėtojami labiausiai:

Savarankiškumas; Susidomėjimas fizika; Kritinis mąstymas;
Bendradarbiavimas; Duomenų apdorojimas; Problemų sprendimas;
Kūrybiškumas; Teorinių sąvokų supratimas; Informacinių technologijų naudojimas.

3. Toliau pateikti 9 galimi virtualaus laboratorinio darbo tikslai. Pažymėkite tris jūsų manymu labiausiai atliktą darbą atitinkančias nuostatas.

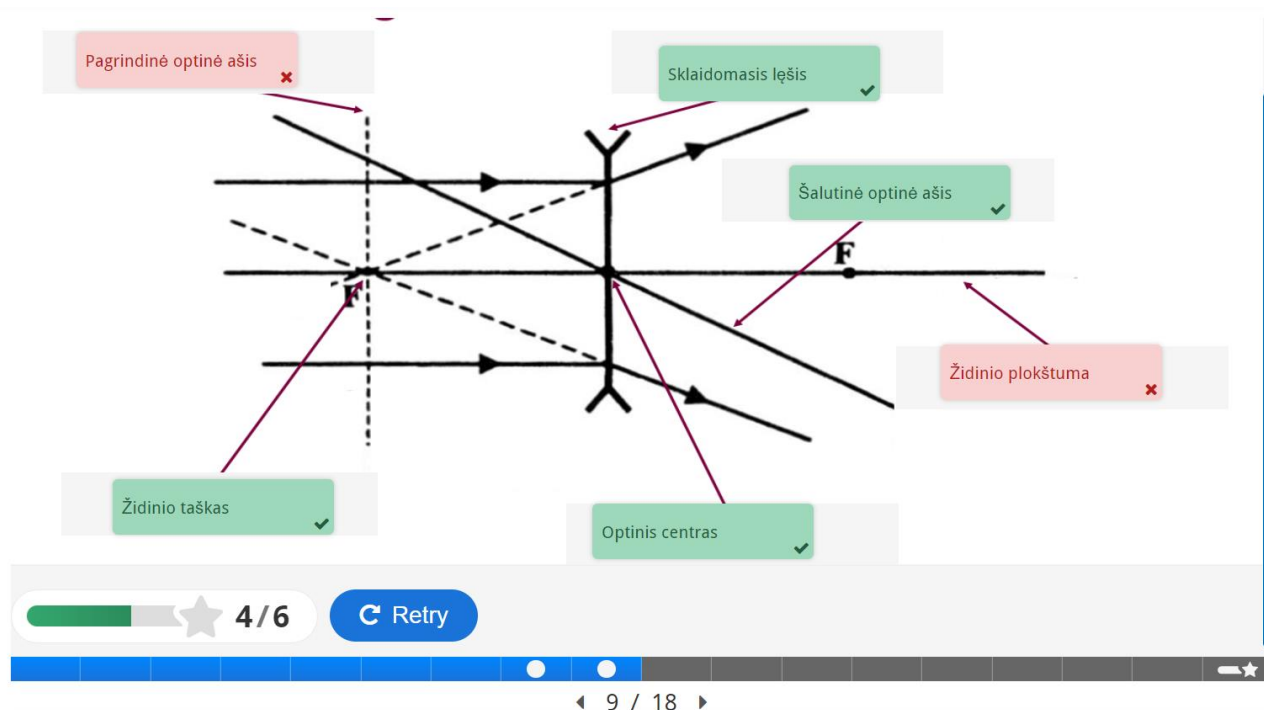
Laboratoriniai darbai man:

parodo, kad fizika yra praktinis mokslas;
padeda įvertinti, ar suprantu dėstomą teoriją;
ilustruoja teoriją, kurios mokomės;
skatina bendradarbiavimą ir komandinį darbą;
leidžia man išbandyti savo jėgas gamtos moksluose;
padeda planuoti fizikos mokymąsi;
suteikia eksperimentams reikalingų praktinių fizikos žinių;
parodo, kaip analizuoti ir interpretuoti duomenis;
padaro fizikos studijas smagesnėmis.

4. Nurodykite, kokius matytumėte virtualių laboratorinių darbų pranašumus taikant juos gamtos moksluose.

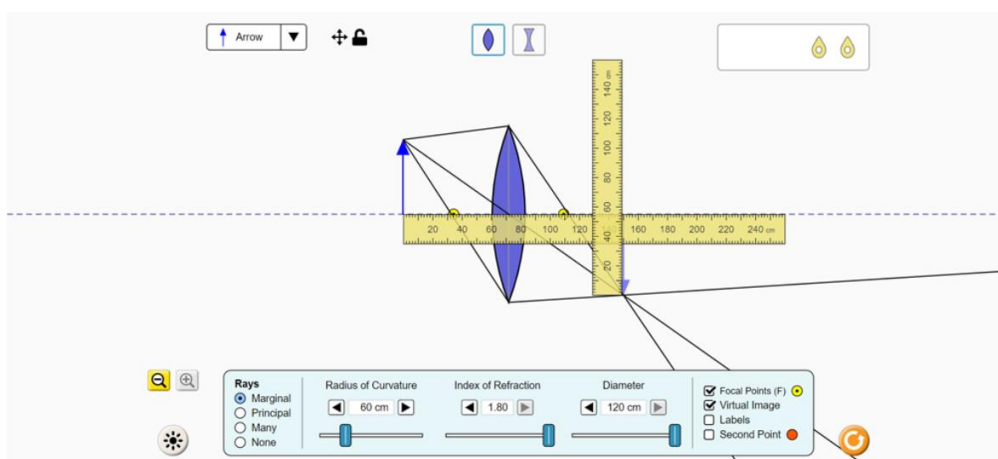
5. Nurodykite, kokius matytumėte virtualių laboratorinių darbų trūkumus taikant juos gamtos moksluose.

3 priedas. Virtualaus laboratorinio darbo ir jo skaitmeninio gido pavyzdžiai.



9 pav. Virtualaus laboratorinio darbo *Optinių sistemų parametų tyrimas* interaktyvi pasiruošiamoji medžiaga. [33]

Virtualus tyrimas. Glaudžiamasis lęšis (1)



13. pav. Glaudžiamojo lęšio židinio nuotolio nustatymo virtualaus laboratorinio darbo ekrano nuotrauka.

Atgal

Toliau

10 pav. Virtualaus laboratorinio darbo *Optinių sistemų parametų tyrimas* praktinės užduoties pavyzdys simuliacinėje aplinkoje. [33]

Gamtamokslinio tyrimo kompetencijų ugdymas fizikos laboratoriniuose darbuose

Developing natural sciences research skills and competences in physics laboratory work

Evaldas Matijošaitis¹, Vidita Urbonienė²¹Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9 III rūmai, LT-10222 Vilnius²Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Cheminės fizikos institutas, Saulėtekio al. 3, LT-10257 Vilnius
evaldas.matijosaitis@cr.vu.lt

Mokslinis metodas yra apibrėžiamas kaip toks mokyimo būdas, kurio metu žinioms įgyti yra taikoma mokslinio tyrinėjimo strategija – iškeliamą problema, informacija renkama teoriniu lygiu analizuojant mokslinę literatūrą, eksperimentiniu keliu atliekant bandymą arba stebėjimą bei statistiniu lygiu apdorojant ir interpretuojant rezultatus. [1] Fizikos studijose laboratoriniai darbai pripažįstami kaip esminis mokslinio metodo taikymo būdas, tačiau tam, kad studentas patirtų mokymosi sėkmę atliekant eksperimentą, būtina įgauti tiriamajam darbui reikalingus gebėjimus ir kompetencijas. Tiriamuosius gebėjimus apibendrintai galima apibūdinti kaip veiksmus, kurie atliekami patikrinti faktams, konstruoti ir išbandyti naujoms idėjoms, rinkti, analizuoti duomenims ir vystyti išvadas. [1]

Mokomosiose laboratorijose studentai tobulina mokslo tiriamuosius įgūdžius bei fizikinių reiškinių supratimą per teorinių žinių sąveiką atliekant eksperimentinius veiksmus. Neturint reikiamo teorinio supratimo, tokie praktiniai užsiėmimai gali nepasiekti savo tikslo, nes studentui trūksta teorinio pagrindo formuoti naujoms žinioms. Kita vertus, stingant eksperimentui reikalingų tiriamųjų gebėjimų, studentas gali nepasiekti laboratorinio darbo rezultato, dėl to įprastai eksperimento metu yra sekama griežta veiksmų instrukcija. Gamtos mokslų laboratoriniuose darbuose dėl laiko ir įrangos apribojimų, eksperimentinė metodo dalis per daugelį metų tapo instrukcijų, garantuojančių „teisingą atsakymą“ vykdymu – mažas sisteminis mąstymas ir savarankiškumas vykdant praktinius užsiėmimus nepasiekia mokslinio metodo siekiamų tikslų. [2] Tyrimai rodo, jog į įgūdžius orientuotose laboratoriniuose kursuose studentai pasiekia didesnę mokslinį savarankiškumą ir susiformuoja stipresnes fizikos nuostatas, nei į teorijos įtvirtinimą orientuotų kursų studentai. [3]

Laboratorinius užsiėmimus, galima suskirstyti į tris šakas pagal sudarytas eksperimento sąlygas bei instrukcijas: uždaroji – instrukcinė, atviroji – eksperimentinė ir besiskirianti – dvilypė laboratorija. [2] Fizikos studijose mokomųjų laboratorijų tipai turėtų būti parenkami pagal studentų turimus ir siektinus ugdyti tiriamuosius gebėjimus ir bei teorines žinias – praktinė veikla galima siekti daugelio skirtingų tikslų, tačiau atsižvelgiant į studentų įvairovę, technologinę prieigą ir ribotą laiką dėstytojai turi nuspręsti, į kurius tikslus verta sutelkti dėmesį.

Mokomosiose gamtos mokslų laboratorijose studentų atliekami darbai gali būti praplėsti arba pakeisti virtualių

laboratorių pagalba. Virtuali laboratorija apibrėžiama kaip techninės ir programinės įrangos sistemų derinys, leidžiantis besimokančiam atlikti su gamtos mokslais susijusius eksperimentus be tiesioginio kontakto su realia įranga. Ypatinai šis metodas yra pravartus fizikos studijose mokantis plika akimi nestebimų mokslo reiškinių ir apie nestebimus objektus, arba išbandant nerealias tyrimo sąlygas. Modeliavimo pagalba šie nematomi fizikos konceptai paverčiami studentams matomais ir manipuluojamais tyrimo objektais.

Organizuojant užsiėmimus fizikos mokomosiose laboratorijose virtualios laboratorijos gali užpildyti atotrūkį tarp teorinių paskaitų ir praktinių laboratorinių užsiėmimų. Studentai, virtualioje laboratorijoje išbandę eksperimentą kaip pasiruošiamąją veiklą prieš atliekant realų laboratorinį darbą, pasižymi geresniu eksperimentinės užduoties konceptuali supratimu, geriau naudoja mokslo tiriamuosius įgūdžius bei atlieka praktinius darbus greičiau, nei „tradicinį“ pasiruošimą turintys studentai. Nors instrukcijos kiek apriboja studentų mokslinį savarankiškumą, virtualiose laboratorijose jos yra būtinos naudingai mokymosi patirčiai užtikrinti. Tam gali būti pritaikytas interaktyvus ugdymo turinys, pavyzdžiui, atviro kodo H5P technologija, skirta kurti įvairaus tipo edukacinių turinių, kuriame besimokantysis gali būti aktyviu dalyviu. Fizikos studentai šios technologijos pranašumu labiausiai išskiria galimybę mokytis savu tempu ir vertina tai kaip veiksmingą priemonę pasiruošiant laboratoriniams užsiėmimams. [4]

Reikšminiai žodžiai: fizikos ugdymas, laboratoriniai darbai, virtualios laboratorijos.

Literatūra

- [1] Vázquez-Villegas, P.; Mejía-Manzano, L.A.; Sánchez-Rangel, J.C.; Membrillo-Hernández, J. Scientific Method's Application Contexts for the Development and Evaluation of Research Skills in Higher-Education Learners. *Educ. Sci.* 2023, 13, 62. 10.3390/educsci13010062.
- [2] Kirschner, P.A. Epistemology, practical work and Academic skills in science education. *Sci Educ* 1, 273–299 (1992). 10.1007/BF00430277
- [3] Wilcox, B.; Lewandowski, H. (2017). Developing skills versus reinforcing concepts in physics labs: Insight from a survey of students' beliefs about experimental physics. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 13. 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010108
- [4] Kosmaca, J., Cimitre, I., & Barinovs, G. (2023). Exploring interactive H5P video as an alternative to traditional lecturing at the physics practicum. In V. Lamanaukas (Ed.), *Science and technology education: New developments and Innovations. Proceedings of the 5th International Baltic Symposium on Science and Technology Education (BalticSTE2023)* (pp. 111-121). Scientia Socialis Press. 10.33225/BalticSTE/2023.111