

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE

PAAUGSTINĀTAS GRŪTĪBAS
EKSPERIMENTĀLIE UN DEMONSTRĒJUMU
PĒTNIECISKIE UZDEVUMI VIDUSSKOLĒNIEM

PROMOCIJAS DARBS

Darba autors: M.Phys. Paulis Paulins

Darba vadītājs: Dr.Phys. Andris Muižnieks

Rīga, 2013



IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā
«Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē».

Anotācija

Promocijas darbā apkopoti 12 gados (2001. - 2012.) skolēnu Valsts fizikas olimpiādes 3. posmam (valsts līmenis) izveidotie eksperimentāli veicamie uzdevumi un eksperimentu demonstrējumu uzdevumi 9., 10., 11. un 12. klasēm. Lielākā daļa no tiem ir autora speciāli šim mērķim radīti oriģināli uzdevumi. Visi uzdevumi tika realizēti gan kā jaunas iekārtas, gan kā uzdevumu formulējumi. Nelielai daļai (aptuveni 20%) uzdevumu tika izmantotas citu autoru idejas. Visiem uzdevumiem veikta aprobācija praksē, izmantojot tos Valsts fizikas olimpiādē (100 skolēniem ik gadu). Uz pieredzes bāzes ir izstrādāti principi paaugstinātas grūtības eksperimentālu uzdevumu izveidei. Darba aktualitāti nosaka nepieciešamība tiem jauniešiem, kas plāno studēt dabaszinātnes, gūt nepastarpinātu eksperimentālo pieredzi, attīstīt uz tās bāzētu radošu domāšanu un veidot fizikālo procesu izjūtu. Uzdevumi ir sagrupēti, tiem izveidots vienots stils. Tie ir noderīgi gan skolēniem kā izglītojoši zinātniski pētnieciski darbi, gan studentiem un skolotājiem.

Annotation

Experimental tasks and experiment demonstration tasks for grades 9,10, 11 and 12, created for the 3rd stage (state level) of the State Physics Olympiad for Pupils during 12 years (2001-2012) are summed up in this dissertation. The biggest part of them are original tasks specially created by the author for this purpose. All the tasks were carried out both as new equipments and definitions of the tasks. The ideas of other authors were used for a small part (20%) of the tasks. The approbation in practice was done for all the tasks, using them in the State Physics Olympiad (for 100 pupils every year). Basing on the experience, the principles are worked out for the creation of experimental tasks with heightened complexity. The topicality of the work is determined by the necessity of the young people, who plan to study the natural sciences, to gain an immediate experimental experience, to develop a creative thinking based on this experience and to form a sense of the physical processes. The tasks are grouped, a common style is created for them. They are useful both for pupils as educating scientific research tasks and for students and teachers.

Saturs

Ievads	6
1. Promocijas darba mērķis un uzdevumi	11
2. Literatūras apskats	14
2.1. Mūsdienu fizikas didaktikas priekšvēsture	14
2.2. Darba aktualitāte un novitāte	15
2.3. Pārskats par eksperimentālajiem uzdevumiem citās skolēnu fizikas olimpiādēs	20
3. Izmantotās metodes	23
4. Rezultāti	25
4.1. Apkopots uzdevumu komplekts	25
4.2. Paaugstinātas grūtības eksperimentālo un demonstrāciju uzdevumu izveides principi	31
4.2.1. Skolēnam piemērota atklājuma līmeņa sagatavošana, izvēloties atbilstošu uzdevuma atvērtības pakāpi	31
4.2.2. Uzdevumu strukturēšana, veidojot tos daudzslāņainus	43
4.2.3. Dabīgās zinātkāres kā labākās motivācijas “iedarbināšana”	54
4.2.4. “Lēnā” domāšana izpratīga skolēna veidošanai	66
4.2.5. Nepastarpinātas eksperimentālas pieredzes nepieciešamība fizikālo procesu izjūtas veidošanai	72
5. Secinājumi un priekšlikumi	81
6. Aizstāvāmās tēzes	82
7. Publikāciju saraksts	83
7.1. Zinātniskās publikācijas	83
7.2. Populārzinātniskās publikācijas	84
7.3. Publicētās starptautisko zinātnisko konferenču tēzes	85
Izmantotā literatūra	86
Pateicības	92
1. Pielikums: Eksperimentāli veicamie uzdevumi 9., 10., 11., 12. klasei	93
2. Pielikums: Eksperimentu demonstrējumu uzdevumi 9., 10., 11., 12. klasei	2 04

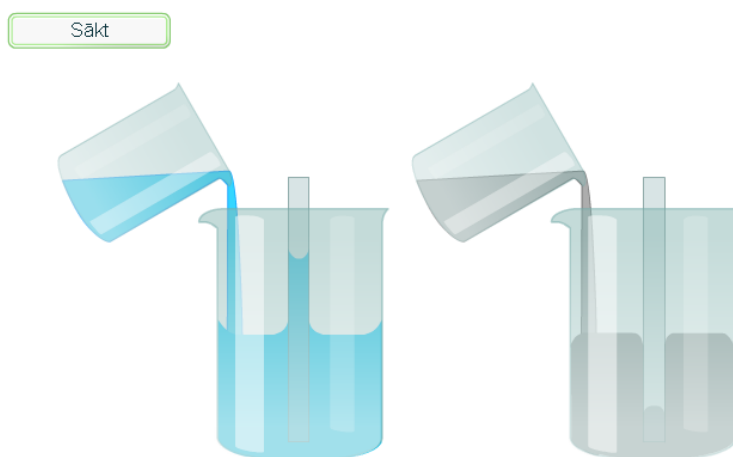
Ievads

Promocijas darba aktualitāti nosaka arvien pieaugošā mūsu dzīves virtualitāte un „ātrā” domāšana, kurā kombinē virspusēji pieņemtas (paša nepiedzīvotas) lietas un jēdzienus. Masveida patērētāju sabiedrībā tā, protams, ir visvieglāk eksistēt, taču tiem, kas plāno studēt dabaszinātnes (piedalās olimpiādēs) šī virtualitāte un „ātrā” domāšana ir destruktīva. Ļaudis arvien vairāk attālinās no īstās pasaules, ikdienas steigā neatliek brīvu brīžu tās parādību vērošanai un analīzei, kas novestu līdz izpratnei. Ja kādā jautājumā tomēr nepieciešams tikt pie skaidrības, vairums to uztic mammai Googlei, jo tas ir ātrākais un vieglākais (slinkākais) ceļš. Mazākās akcijas princips nosaka arī cilvēku rīcību.

Jaunā paaudze visātrāk apgūst modernās tehnoloģijas un tradīcijas, arī tāpēc, ka vecās to „neapgrūtina”. Ir likumsakarīgi, ka tieši skolēnus virtualitāte visstraujāk novirza no realitātes. Šodien galvenais informācijas avots viņiem ir internets (mācību viela gan nav skolēnu meklētākā arī šeit), otrajā vietā ir paziņas un trešajā vecāki. Apskatot šī saraksta beigas redzam, ka par pēdējo vietu „cīnās” mācību grāmatas, skolotājs un mācību stundas. Tagad ir pilnīgi skaidrs, ka didaskālu ēra skolās ir beigusies. Ļoti bīstams simptoms ir tas, ka skolotājs un viņa piedāvātais skolēnam vairs nav interesants.

Skolēnu sadzīvē un arī skolā ienāk arvien vairāk jaunās tehnikas. Tā dod jaunas iespējas, kuras gan ne vienmēr tiek izmantotas. Toties gandrīz katrs lietotājs ātri ļaujas tās spējai padarīt dzīvi ērtāku un vieglāku. Taču šāda dzīve, arī mācību stunda, ne katreiz izrādās labāka. Piemēram, interaktīvā tāfele ir lielisks rīks, kas paplašina skolotāja darba paņēmieni daudzveidību, var padarīt mācību vielu krāsaināku un vieglāk uztveramu. Tomēr, lai to prasmīgi lietotu, skolotājam vispirms šī interaktīvā tāfele ir jāapgūst. Un tas var padoties labi vai ne tik labi. Ja ne tik labi, tad centieni to tomēr lietot var veltīgi tērēt dārgās skolēna un skolotāja kontaktstundas. Ja tāfele apgūta labi, šajā procesā patērēts daudz pūļu un brīvā laika, tad katram cilvēkam rodas gandrīz nepārvarama vēlme turpmāk to izmantot pēc iespējas biežāk, un lielā mērā uz šīs ierīces izmantošanas balstīt lielāko daļu nodarbību. Pirmajā brīdī tas liekas veiksmes stāsts, taču, ja skolotājs rīkojas ar šo tāfeli, viņš droši vien tajā brīdī nedemonstrē skolēniem īstu fizikas eksperimentu, nepiedāvā izveidot vai izmēģināt eksperimentus skolēniem. Tādēļ atkal ir samazinājies laiks, kurā skolēns var atrasties tiešā, nepastarpinātā kontaktā ar apgūstamo dabas parādību, aktīvi novērot vai eksperimentēt ar to. Mācību stunda ir kļuvusi ilustratīvāka un virspusējāka. Skolēna saskare ar realitāti ir mazinājusies.

Ja daļa nodarbības laika šādā vai līdzīgā veidā ir iztērēta, skolotāji mēdz censties atgūt nokavēto, īstu fizikas eksperimenta demonstrējumu aizstājot ar videoklipu. Tas ir mazākā no iespējām padarīt vielas izklāstu neefektīvāku. Video tomēr ir izveidots, ierakstot īsta eksperimenta norisi. Tomēr šādā gadījumā zūd iespēja padarīt eksperimentu interaktīvu. Ja skolēni pajautā, kā tas norisinātos nedaudz savādākos apstākļos vai pie atšķirīgiem sākuma nosacījumiem, vai arī ierosina kā citādi modificēt eksperimenta gaitu, iespējas to izmēģināt vairs nav. Tādējādi tiek palaists vājā un apslāpēts visvērtīgākais no mācību procesa resursiem – skolēnu dabīgā zinātkāre. Bez tam arī paredzētajā pamatveidā eksperimenta demonstrējums videoekrānā ir daudz mazāk efektīvs salīdzinājumā ar īstu, „aptaustāmu” kaut pēc mācību stundas beigām eksperimenta demonstrējumu. Visiem ir zināms, kādas iespējas paver videografika un daudzveidīgās videorediģēšanas programmas. Tādēļ ticamība ekrānā redzētajam ir daudz mazāka (YouTube ir pilna arī ar viltojumiem, pie tā skolēni ir pieraduši). Līdz ar to šāda demonstrējuma didaktiskā vērtība ir daudz zemāka, un skolēni pasniegto vielu ir sliktāk apguvuši.



**1. attēls. Kadrs no „eksperimenta demonstrējuma”
multiplikācijas filmas [1]**

Vismazākā vērtība šādā aspektā ir virtuālajiem „eksperimentiem”, kas veidoti kā multfilmas, izmantojot tikai datorgrafikas iespējas. Aplūkosim vienu piemēru. Kā multfilma ir izveidots „eksperimenta demonstrējums” [1], kurā jāvēro, kā divu dažādu šķidrumu līmeņi stikla kapilāros var pacelties augšup vai tikt nospiesti lejup atkarībā no tā, vai attiecīgais šķidrums slapina vai neslapina stiklu (skat. 1.attēlu).

Šāda „eksperimenta demonstrējuma” didaktiskā vērtība nepārspēj vienas skolotāja izteiktas frāzes vērtību, tas tikai ir labāk piemērots vizuālistiem. Ticamība ir zemāka, nekā tādām pašām nekustīgam zīmētām attēlam, jo multfilmas gaitā ir vērojamas vairākas pilnīgi droši neiespējamās lietas, kas ticamību vēl tālāk pazemina:

1. Uzklīkšķinot uz lauciņa „sākt”, redzam, kā pārlejot katrs šķidrums, kas aizņēmis mazāk par pusi no katra mazākā trauka, katrs aizpilda pusi no aptuveni 5 reizes ietilpīgāka trauka.
2. Arī tad, kad katra lielākā trauka puse jau piepildīta, šķidruma līmenis mazākajos traukos nemaz nav samazinājies.
3. Lai gan liešanas laikā mazāko trauku slīpums ir nemainīgs, nemainās arī šķidruma daudzums, kas laika vienībā no tiem iztek (strūkļa neizsīkst).

Vērīgam skolēnam var rasties tāda attieksme pret vēroto, ka viss šis „eksperimenta demonstrējums” ir meli.

Arī pati mūsdienu sadzīves tehnika neļauj tik tieši ieraudzīt un iepazīties ar tās darbību, tādā veidā apgūstot arī kaut ko no fizikas. Daudziem tehnikas veidiem ir izveidoti to apkalpojošie servisi. Piemēram, kādreiz gandrīz katrs autobraucējs pats ieregulēja savam spēkratam optimālu aizdedzes apstiepes leņķi vai noregulēja karburatoru vienkārši ar skrūvgriezi. Tagad retais riskē ko tādu iesākt, zinot, ka tehniskās apskates stendā kādam mēraparātam var izrādīties „citāda gaume”. Pie tam jaunākajiem modeļiem bez speciāliem instrumentiem šāda „pašdarbība” var izrādīties neiespējama.

Agrākos laikos gandrīz katrs radioklausītājs, kad viņa radioaparāts apklusā, rīkojās pats. Pat ja mājās nebija neviena elektriskā mēraparāta. Pirmkārt viņš pārbaudīja visas radiolampas un sataustīja vai saskatīja, kura no tām ir auksta un nekvēlo. Tad devās uz radiopreču veikalu, iegādājās un nomainīja. To darot, katrs interesents varēja pavērot vakuumlampu uzbūvi un iedziļināties to darbības principos. Bet šodien jaunieši neiedrošinās „rakņāties” savu aifonu vai viedtālrunu elektroniskajās shēmās. Un pareizi dara. Bet izziņas iespējas līdz ar to ir sašaurinājušās.

Tomēr, ja pacenšas iedziļināties un tomēr izskaidrot sadzīves tehnikas darbību, tas var nest līdzīgu pat vairāk fizikas zināšanu, nekā agrāk. Piemēram, šodien tā saucamās ekonomiskās spuldzes neskatoties uz saviem mazajiem izmēriem spēj dot ne mazāk gaismas, kā lielās, sen pazīstamā dienas gaismas spuldzes. Un kāpēc vairs netraucē to mirgošana? Saskatīt var tikai to, ka gaismas plūsma no katras ekonomisko spuldžu virsmas laukuma vienības ir daudz lielāka. Kā tas ir panākts? Un kāpēc tādas spuldzes neražoja agrāk? Šo jautājumu var sākt noskaidrot, uzmanīgi atverot spuldzes plastmasas apvalku, pavērojot, kas tai „vēderā” un izpētīt gāzes izlādes caurules sprieguma vērtību un tā frekvenci. Izanalizējot iegūto informāciju, var tikt pie „apskaidrības”. Ja dienas gaismas spuldžu darba spriegums ir aptuveni 60 V gandrīz neatkarīgi no to garuma, tad ekonomiskajām spuldzēm tas ir aptuveni 800 V (atkarībā no ražotāja un modeļa). Pievadītā sprieguma frekvences var būt dažādas, bet parasti tie ir vairāki desmiti kHz. Tā arī ir atbilde uz jautājumu par nemirgošanu. Šāda

frekvence ir augstāka par cilvēka redzes ātrdarbības spēju sajūst spožuma izmaiņas. Un šādu sprieguma svārstību pusperioda laiks ir mazāks par ierosinātā stāvokļa vidējo dzīves laiku vairumam tādās spuldzēs lietojamo luminoforu, kuri sajaukti un uzklāti uz izlocītās stikla caurulītes iekšējām sienām. Bet kādēļ nepieciešams tik liels spriegums? Tikai tā varēja piespiest mazo spuldzīti dot tik pat daudz gaismas, kā lielai dienasgaismas spuldzei un vispār spīdēt. Ekonomiskajās spuldzēs dzīvsudraba temperatūra, tāpēc arī tā tvaiku spiediens un koncentrācija ir augstāka nekā dienasgaismas spuldzēs. Līdz ar to brīvā noskrējiena garums visām daļiņām, kas piedalās gāzu izlādē tādā caurulē ir īsāks. Lai lādētās daļiņas, palielinot savu ātrumu elektriskajā laukā, pagātu starplaikā starp sadursmēm sasniegt enerģijas vērtību, kas nepieciešama dzīvsudraba atomu un jonu ierosināšanai (lai tie varētu izspīdēt, radot gaismu) un jonizācijai (lai uzturētu patstāvīgu izlādes procesu), caurules spriegumam jābūt lielākam nekā dienasgaismas spuldzēs. Rūpnieciskā tīkla sprieguma amplitūda (300 V) šim nolūkam ir pārāk maza. Ekonomiskās spuldzes pusvadītāju elektroniskā shēma šādu spriegumu nodrošina. Šādas spuldzes nevarēja ražot, pirms nebija iegūti pietiekami tīri pusvadītāju materiāli, no kuriem var izveidot elementus ar tik augstu pieļaujamo sprostsprriegumu, kas nepieciešami šādā shēmā. Un kamēr to ražošana nekļuva pietiekami lēta. Tādā veidā, izpētot ekonomisko spuldzi, esam veikuši ekskursu gan ar elektrībā un elektronikā, gan optikā un kvantu fizikā, gan gāzu un plazmas fizikā.

Otrs darba aktualitāti noteicošais faktors ir „ātrā” domāšana – formāla citā situācijā reiz virspusēji pieņemtu jēdzienu kombinēšana, neiedziļinoties jaunajos apstākļos un neanalizējot tos. Pretstats tai ir „lēnā” (radošā) domāšana. Pirmais šo problēmu plašam lasītāju lokam ar savu psiholoģijas grāmatu aktualizēja Nobela prēmijas laureāts ekonomikā Daniels Kānemans [2]. Gadu vēlāk Pirmajā vispasaules fizikas izglītības konferencē WCPE Stambulā autoram neaizmirstami spilgtu iespaidu atstāja Londonas profesora Džona Ogborna lieliskais referāts plenārajā sesijā par lēnās domāšanas noteicošo lomu radošuma attīšanā, mācoties fiziku [3]. Ja mēs varam ātri un pārliecināti atrisināt kādu fizikālu problēmu, tas nenozīmē, ka mēs to izprotam un risinājums noteikti ir pareizs. Vairumā gadījumu cilvēki formāli kombinē dažādu parādību izpausmes, kas lasītas citu, atšķirīgu situāciju aprakstos, kuras ne vienmēr atbilst īstenībai jaunajā kontekstā.

Fizikā tādu formālu kombinēšanu uzskatāmi redzam tajā, ko varētu saukt par formulu fiziku skolā. Katram terminam teksta uzdevumā jāatceras atbilstoša fizikāla lieluma apzīmējums, kam tiek lietots noteikts burts. Piemēram, elektriskais spriegums un burts U. Tos un to vērtības attiecīgās mērvienībās jāpieraksta lapas kreisajā pusē, jāpieraksta arī meklējamo fizikālo lielumu apzīmējošais burts. Tad tikai aši jānāk formulu lapā sameklēt tādu formulu, kurā ietilpst šādi burti. Tālāk jāveic matemātisks pārveidojums, lai izteiktu

meklējamo lielumu un aprēķinātu skaitlisko rezultātu. Skolēniem ir iespēja labi apgūt šādu algoritmu un kļūt pat par teicamniekiem, neredzot aplūkojamā fizikālā procesa vai stāvokļa kopainu. Uzdevumu rēķināšanu tādā veidā autors uzskata par inženierfizikas skolas variantu. Acīmredzot arī šis ir viens no veidiem, kā „pārkost” Starptautiskās olimpiādes „cietos riekstus”. Jo vairāk tādēļ, ka Starptautiskajās olimpiādēs lielā mērā notiek arī ātruma sacensības. Bet Džons Ogborns izteicās, ka bez 10 stundām īsts pētnieciskais darbs ar patiesi radošu („lēno”) domāšanu parasti nav iespējams. Līdz ar to jāsecina, ka olimpiādēs sacenšas formulu fizikas labākie pārstāvji ar tiem nedaudzajiem, kam „lēnā” domāšana veicas visātrāk šādās stresa situācijās. Visbiežāk uzvar pirmie, vai arī tie, kas spēj darboties abos veidos un prot katram gadījumam ātri izvēlēties atbilstošāko. Bet autoram formulu fizika tik un tā nav tā tuvākā. Kaut arī no olimpiāžu uzvarētājiem arī iznāk veiksmīgi fiziķi. Spilgtākais piemērs ir Vjačeslavs Kaščejevs, kurš tagad pats organizē fizikas nedēļas Latvijas izlases kandidātiem un vada mūsu valsts komandu Starptautiskajās skolēnu fizikas olimpiādēs.

Vēl viens faktors, kas saasina šī promocijas darba aktualitāti, ir Latvijas fizikas skolotāju vecuma struktūra. Bet vairumam no tiem, kas par skolotājiem kļuvuši pēdējo 20 gadu laikā, fizika nav viņu bāzes izglītība. Līdz ar to šiem skolotājiem nākas sadurties ar tām pašām problēmām, ar kādām sastopas viņu skolēni. Šo iemeslu dēļ daudzi fizikas skolotāji šodien paši var kļūt par problēmu.

Aktualitāti jau hroniski saasina arī iepriekšējās savienības mantojums. Nespēdama bruņošanās sacensībai (arī zinātnes, tehnoloģiju un izglītības attīstībai) veltīt tik daudz līdzekļu, padomju vadība zinātnē galveno uzsvaru lika uz augstu teorētisko līmeni. Līmenis, protams, bija lielisks, taču veidojās acīmredzama disproporcija. Eksperimentālajā fizikā vēlējās rosīties arvien mazāk cilvēku. Turp devās tie, kas nespēja iekļūt gudro teorētiku rindās un vēl daži, kuru dotības neapstrīdami norādīja tieši šo ceļu. Bet vispusīgi apdāvinātie parasti koncentrējās uz teoriju. Tiem, kas nespēja darboties ne teorijā, ne eksperimentā, piedāvāja kļūt par skolotājiem. Diemžēl vēl līdz mūsdienām ir saglabājusies gan šāda tendence profesionālajā orientācijā, gan tās radītā vērtību sistēma cilvēku galvās.

Tātad galvenais, kā pietrūkst mūsu skolēnu izglītībā, ir realitātes izjūta. Skolēnam vairāk un aktīvāk, ieinteresētāk jāsaskaras ar īstām šīs pasaules lietām. Tikai tā var nonākt pie patiesas izjūtas, kas šajā pasaulē ir un kas nav iespējams un iespējamo savu iespēju robežās arī izprast. Tāds arī ir fizikas izglītības mērķis. Tāds tas ir ne tikai iesācējiem. Tieši spējīgākajiem, apdāvinātākajiem un čaklākajiem skolēniem, kas iecerējuši savu dzīvi saistīt ar fiziku, īpaši būtu jāturas tuvāk realitātei un jāuztur radošs pētnieka gars, neieslīgstot tikai „formulu fizikā” un nepārvēršoties atkarīgā interneta brīnumu vērotājā.

1. Promocijas darba mērķi un uzdevumi

Darba mērķis ir izveidot paaugstinātas grūtības eksperimentu demonstrējumu un eksperimentāli veicamu uzdevumu strukturētu kopumu, tādējādi risinot darba aktualitāti izraisošo problēmu – virtualitātes un „ātrās” domāšanas ekspansiju. Kā līdzeklis ir piedāvāta tieša, nepastarpināta pieredze („čamdīšana”) un „lēnā” domāšana (jo ieiešana sakarībās prasa situācijas analīzi, variantu izspēli un līdz ar to arī laiku). Tas ir paveikts, kritiski izvērtējot un turpinot realizēt dzīvē aktuālākās mūsdienu fizikas didaktikas tendences, kas izklāstītas literatūras apskatā, bet vienlaicīgi neaizmirstot arī klasiskos fizikas didaktikas stūrakmeņus. Jo tikai izzinot pagātņi, mēs spējam pareizi rīkoties šodien un plānot savu nākotni [4]. Tādēļ allaž jāpatur prātā, ka mācību mērķis ir attīstīt bērna izziņas spējas. [5]. Nav labākas motivācijas šīs Pasaules izzināšanai par vienkāršu un dabīgu zinātkāri, tieksmi izprast, kas katram cilvēkam dota jau piedzimstot [6]. Visu, ko vien iespējams, jāļauj uztvert ar sajūtām: jāredz, jādzird, jāsaosž, jānogaršo, jāaptausta. Ja kaut kādus priekšmetus var uztvert ar vairākām sajūtām reizē, tie arī jāuztver ar vairākām sajūtām [7]. Dabaszinātnes, arī fiziku, vajadzētu šādā veidā sākt ļaut apgūt jau no 1. klases, jo 7 -11 gadi cilvēka attīstībā ir konkrētās darbības posms, bet 11-16 gadi – formālās darbības posms [8]. Mūsu pamatskolās fiziku sāk mācīt cilvēka attīstības posmiem nepiemērotā brīdī. Ja tā tiešām ir pirmā saskare ar dabas parādībām, kas tiek pasniegtas un arī uztvertas kā abstraktas teorijas, tad nav jābrīnās, ka vēlāk vairumam pret fiziku ir izveidojies riebums.

Šajā darbā apkopotie uzdevumi ir adresēti tiem, kuri brīnumainā kārtā spējuši tikt tam pāri. Jau Aristotelis uzskatīja, ka domāšana sākas tad, ja ir izbrīns un rodas jautājums. Skolotāja loma ir saudzīgi ļaut norisināties šai domāšanai, nevis nomākt to ar aizvien jaunas informācijas gūzmu [9]. Lai veidotu radošu pieeju, jāveicina „lēno” domāšanu, jo tikai tā var izveidot ko jaunu [3]. Jāapzinās, ka „ātrajā” domāšanā lietotais pieņēmums (pazīstams = paties) jaunā situācijā var izrādīties kļūdainis, kavēt situācijas analīzi un izpratni.

Fizikas skolā nevar būt par daudz [10]. Ja skolēns pats vēro kādu fizikālu parādību un aktīvi meklē tai izskaidrojumu, vai arī patstāvīgi eksperimentē, tas viņam neapnīk un ļoti ilgi arī nenogurdina. Visiem zināms, ka iekšējā motivācija jebkurā situācijā ir visstiprākā. Bet pati stiprākā no dažādu veidu iekšējām motivācijām ir tiešā, nepastarpinātā motivācija. Turpretī definīciju pierakstīšana un iegaumēšana (kas nav zinātne) par parādībām, kas nav redzētas, dzirdētas, aptaustītas (un varbūt nekad arī nebūs), noved pie drīza apnikuma, noguruma un uzmanības pārslēgšanas uz ko citu.

Lai, darbojoties savam vecuma posmam atbilstošā veidā, iekšējas, nepastarpinātas zinātkāres vadīts, „lēni” (tātad radoši) domājot, spētu veikt visgrūtākos uzdevumus, ir jāiemācās atdalīt „valodas”. Vispirms jau „valodu”, kuru lietojam kādas parādības pētīšanai no parādībai pašai atbilstošās „valodas” [11]. Tas parasti neizdodas, ja cenšamies to uzspiest mākslīgi. Vislabāk ir sakārtot uztverto informāciju tādā veidā, kā tā tiek organizēta smadzenēs. Vispozitīvākie šādas sakārtotības piemēri fizikā ir termodinamika un statistiskā fizika, gaismas viļņu un korpuskulu īpašības.

Šīm nostādņēm atbilstoši ir veidoti eksperimentāli veicamie olimpiāžu uzdevumi, kuru vispārīgo struktūru varētu raksturot šādi:

1. Izdomāt un aprakstīt metodi meklējamā lieluma noteikšanai.
2. Izveidot un aprakstīt iekārtu iecerētā eksperimenta veikšanai.
3. Veikt mērījumus ar izveidoto iekārtu.
4. Balstoties uz iegūtajiem datiem, veidot pilnīgāku izpratni par pētāmo parādību.
5. Attēlot uzskatāmi eksperimenta rezultātus un novērtēt to precizitāti.

12 gadu laikā, veidojot un aprobējot uzdevumus, ir lietoti, pilnveidoti un tagad galīgi izkristalizējušies galvenie principi, kas jāievēro, un vēlamie ieguvumi, kas jāpanāk, piedāvājot šādus uzdevumus. Tie izteikti šī darba tēzēs.

Sākotnēji šo uzdevumu mērķauditorija bija tikai Latvijas 100 talantīgākie vecāko klašu skolēni katru gadu, kas piedalījās Latvijas skolēnu Fizikas olimpiādes 3. posmā. Taču tagad tie lieti noder arī Fizikas nodaļas studentiem, nerunājot nemaz par Jauno fiziķu skolu vai Mazo Fizikas universitāti. Šādi uzdevumi rosina patiesu zinātkāri un interesi par fiziku. Uzdevumi ir ļoti noderīgi vidusskolu fizikas skolotājiem, kuru skolēni nodarbojas ar izglītojoši zinātnisko pētniecību – veido skolēnu zinātniskos darbus un piedalās to konkursos. Pasniedzot tos kā 3. līmeņa uzdevumus pēc Hegartijas-Hāzeles iedalījuma, gandrīz katrs uzdevums var pārtapt šādā skolēna zinātniskajā darbā.

Tādu uzdevumu veikšana prasa radošu pieeju, kas ļauj izpausties, attīstīties un realizēties katra jaunā fiziķa talantam. Darbā apkopoti pēdējo 12 gadu olimpiāžu uzdevumi, kas piedāvāti skolēniem no 2001. līdz 2012. gadam.

Darba uzdevumi ir:

1. Konceptijas izstrādāšana, iekļaujot nostādnes, kuras šajos 12 gados radušās un jau izmantotas olimpiādes uzdevumu veidošanai.
2. Paaugstinātas grūtības pakāpes eksperimentu demonstrējumu uzdevumu apkopošana.
3. Paaugstinātas grūtības pakāpes eksperimentāli veicamu uzdevumu apkopošana.
4. Apkopoto uzdevumu sagrupēšana izskaidrojamajos demonstrējumu uzdevumos un eksperimentāli veicamajos uzdevumos, sagrupēšana pa klasēm, pa realizācijas gadiem un

vienota stila izveidošana visam uzdevumu komplektam, risinājumu un skaidrojumu pievienošana katram uzdevumam.

5. Izveidotā uzdevumu komplekta metodiskā analīze, norādot to iespējamās izmantošanas veidus un izveidojot tam piemērus.

2. Literatūras apskats

2.1. Mūsdienu fizikas didaktikas priekšvēsture

Periodā no 19. gadsimta beigām līdz 1940. gadam Latvijā dabasmācības kursā tika akcentēta spēja izprast dzīvo dabu, fizikas un ķīmijas zināšanas palīdzēja veidot pasaules ainu. Atbilstoši tam kurss bija veidots no divām daļām: „Dzīvā daba” un „Nedzīvā daba”. Jau šie nosaukumi vien liecina, ka dabaszinātņu apguve sakņojās dabā, skolēna dzīves vidē un praktiskajā darbībā. Tas veicināja skolēna pētniecisko prasmju veidošanos: gan novērošanu, gan pētīšanu un secināšanu ne vien laboratorijā, bet arī tieši dabā [12].

Divdesmitajos gados skolotāju mēģinātāju kustības idejas par nākotnes skolu reālā skolas praksē visspožāk ieviesa Jānis Greste. 1929. gadā viņš raksta: ”Ko saprotu zem vārda pētīt? Meklēt atbildi uz to, kas nav zināms, kas nesaprotams. Ziņkārība, griba zināt dziņa zināt, dziņa meklēt atbildi, cenšanās spert soļus, lai atbildi gūtu, šī lielā, svētā dziņa, kas dota cilvēkam – šī dziņa jātur augstu. Tas nav skolotājs, bet kropļotājs, kas šo dziņu nomaitā, nomāc vai nu aiz nevērības vai nemākulības. Šī meklēšanas, pētīšanas kāre ir vienmēr bijusi un arī tagad ir visas mācīšanās, visas skolas pamatā. Bez šīs dziņas nav domājams progress nākotnē.” [13]

Tā laika skolas mācību grāmatās fizikā vēl arvien ir jūtama krievu un vācu autoru ietekme. Latvijas Universitātē vispārīgās fizikas mācību grāmatas izveido profesors Gulbis. Skolām grāmatas raksta A. Dreimanis, K. Līkums (1922), G. Rāmnieks (1923), A. Ciris. Bet visplašāk izplatās Rīgas pilsētas 1. ģimnāzijas skolotāja A. Bumbēra skolas mācību grāmatas, kuras piedzīvo daudzus atkārtotus izdevumus no 1921. līdz 1939. gadam. Interesanti, ka tieši no šajās grāmatās pieņemtajām pamatnostādņēm savas pamatskolas mācību grāmatas fizikā 80. gadu beigās sāk veidot profesors E. Šilters (varbūt sākotnēji nedaudz pārspīlēti izmantojot Faradeja kritēriju [14]), bet 90. gadu otrajā pusē pasaules vadošie pētnieki dabaszinātņu didaktikā raksta par Grestes izcelto pētniecisko un augstākā līmeņa izziņas prasmju attīstīšanu. Taču Latvijā ceļš, kas ved uz šādu turpinājumu, nav taisns.

Seko trīs okupācijas periodi. Pēdējā no tiem dominē fizikas mācību grāmatas, kas tulkotas no krievu valodas (Pjoriškins, Kikoins). Mācību programma ir orientēta uz teoretizēšanos, aiziešanu prom no prakses, fizikas saturisko tendenču akcentēšanu. Fizikas didaktikā valda politehnizācija. Latvijas fizikas metodiķi (J. Galviņš, J. Krūmiņš, V. Gaumigs) pievērsās fizikas eksperimentu demonstrējumu un metodisku norādījumu izstrādei. 60. gados, sākoties lielvaru sacensībai kosmosā un bruņojumā, pieaug fizikas mācību satura sarežģītība visā pasaulē. Mācību programmas kļūst pārblīvētas ar faktiem, kuru izprašanai

līdz ar to nepietiek laika. Ja daudzās rietumvalstīs no šiem pārspilējumiem atsakās jau 70. gados [12], tad PSRS tie turpinās līdz kopīgam galam. Tāpēc nav brīnums, ka OECD PIISA 2000 starptautiskā salīdzinošā pētījuma rezultāti Krievijā un arī Latvijā liecina, ka skolēniem ir lielas grūtības izmantot personīgo pieredzi un citos priekšmetos iegūtās zināšanas, viņiem nav iemaņu darbā ar sarežģīti organizētu informāciju, mēģinājumu un kļūdu metodi (kurā pats veic „atklājumu”) neuzskata par pieņemamu. Padomijā par to pat zoboījās („метод научного тыка”).

Lai gan pēdējos padomju varas gados parādījās aicinājumi uz pētnieciskumu, mācību grāmatās tie praktiski neatspoguļojās. To sauca par problēmu risināšanā balstītu mācību metodi (проблемное обучение) un uzdevumus par problēmuzdevumiem (amerikāņu uzdevumu krājumus ar atrisinājumiem sauca „Problem Solving”). Ar mūsdienu terminoloģiju saskaņotāks nosaukums būtu izglītojoši zinātniskā pētniecība un pētnieciskie uzdevumi. Tie ir uzdevumi, kuros pateikts skaidrs mērķis, bet nav izklāstīts, kā to sasniegt. Skolēnam nepietiek ar esošajām zināšanām. Arī gaidāmais rezultāts var nebūt zināms. Veicot šādus uzdevumus, sekmējas skolēnu izziņas aktivitāte un radošums. Skolēnam ir iespēja izvēlēties risinājuma ceļu. Skolotājs, atbilstoši skolēnu spējām un iepriekš apgūtajām prasmēm, var variēt uzdevuma atvērtības pakāpi [15].

2.2. Darba aktualitāte un novitāte

TIMSS (the Third International Mathematics and Science Study) 1999. gada pētījums liecina, ka tajās pasaules valstīs, kurās ir labākās skolēnu zināšanas dabaszinātnēs, skolēnu skaits ar pozitīvu attieksmi pret tām ir vismazākais [16]. Tās ir sekas vispārīglītojošo vidusskolu programmas politehnizācijai. Protams, augstākus vidējos skolēnu mācību rezultātus var sasniegt, ieviešot augstākas prasības visiem. Taču ne jau katrs skolēns ir nodomājis turpināt savu izglītošanos tieši kādā no dabaszinātnēm vai tehnikā.

Rendals Knaitis no ASV Kalifornijas pavalsts Politehniskās universitātes uzskata, ka ir kļūdaini uzlūkot skolēnus, atceroties sevi tajā vecumā. Jo vidēji tikai 1 skolēnam no 30 fizika šodien šķiet viņa galvenais mācību priekšmets. Varbūt tikai 1 no 100 skolēniem nākotnē iegūs fiziķa diplomu. Un mazāk kā 1 no 300 skolēniem kādreiz kļūs par fizikas doktoru. Tādēļ skolēnu skaits, kuri ir „kā es” ir ļoti niecīgs [17].

Arī E. Šilters uzskata, ka pamatskolā gan izglītošanai jābūt atvērtai tādā nozīmē, ka jāparedz visi iespējamie izglītības turpinājuma varianti vienādos sākumnosacījumos; turpretim vidusskolas fizikas kursu iespējams realizēt vairāku variatīvu modeļu ietvaros, tostarp arī Satura integrētā kursa veidā, ko saucam arī par apvienoto Dabaszinātņu kursu.

Fizikas kursa uzdevums ir nodrošināt sākumposmu augstskolas eksakta profila studiju programmām, tostarp arī fizikas studiju programmām [14]. Tādēļ liela daļa pārmetumu par E. Šiltera vidusskolas mācību grāmatu sarežģītību ir nepamatota. Tās nav domātas visiem vidusskolēniem, kaut daudzviet tā tiek lietotas. Tās veidojot, galvenā doma ir parādīt tiem, kas plāno studēt eksaktās zinātnes, ka arī mūsdienu augsto tehnoloģiju izmantošana sadzīves tehnikā neliedz iespēju principiāli izprast tās darbību. Tiesa gan, augstā informācijas blīvuma dēļ izklāsts bieži ir ļoti konspektīvs. Līdz ar to šīs grāmatas var uzlūkot kā lieliskas fizikas rokasgrāmatas vidusskolēniem, kas no otras puses neļauj tās uzskatīt par optimālu pirmo un vienīgo patstāvīgo fizikas lasāmvielu katram vidusskolēnam. Ja tomēr tā ir pirmā, noteikti nepieciešams pieredzējis konsultants. Labi, ja tāds ir skolotājs.

Profesors Šilters saskata nepieciešamību pārlikt visu (ne tikai skolu un augstskolu) neprofesionālo sociālo grupu fizikālās izglītošanas konceptuālo un satura jautājumu risināšanu Latvijas Universitātes kompetencē, jo tas ir ekspertu – profesionāļu darbs. Valsts ierēdniecība perspektīvi un kvalitatīvi to nevar paveikt, un tas arī nav izglītības organizatoru uzdevums. Šajā nolūkā ir jāizveido spēcīgs fizikas didaktiskās domas centrs [14]. Šādās nostādņēs profesora vadībā un redakcijā arī rodas fizikas mācību grāmatas vidusskolai.

Atbildot uz jautājumu, kāda metode ir lietota, analizējot fizikas kursu saturu, struktūru un fizikas mācīšanas mērķus, pretstatā visai izplatītajam apgalvojumam, ka pastāv īpaši, vispārīgi metodiskie paņēmieni, E. Šilters savā habilitācijas darbā nonāk pie pretējas atziņas. Proti, nav īpašas, universālas, jebkuram priekšmetam lietojamas mācīšanas metodikas – metodes, vismaz šī vārda zinātniskajā nozīmē. Vismaz fizikā tādas metodes pastāvēšanu profesors noliedz. Protams, šeit nav runa par vispārzināmajiem izziņas paņēmieniem (indukcija, dedukcija, abstrakcija), vai arī par uztveres psiholoģiskajiem aspektiem (pieredze, intuīcija, analogija). Fizikas mācīšanas metodi (tā realizējas mācību grāmatās, priekšmeta pasniegšanā) izvēlas paši fiziķi, kuri aktīvi nodarbojas ar savu zināšanu pārdevi auditorijai. Par to liecina fizikas vēsture un arī paša E. Šiltera pieredze. Profesora izvēlētā metodika ir atkarīga no konkrētās, izraudzītās fizikālās tēmas, kura jāadaptē auditorijai. Visā savā darbības laikā viņš ir variējis fizikas likumsakarību formulējumus, skaidrojumus, ilustrācijas un piemērus, nolūkā panākt to optimālu uztveri dotajā auditorijā un dotajā laikā.

Vidusskolas kursu diversifikācijas virzienā strādāja arī ar E. Šiltera vidusskolas grāmatu tapšanu saistītais projekts „Dabaszinātnes un matemātika”, kurā piedalījās arī autors. Tādu projektu veidošanai situācija ir samilzusi visā pasaulē. O. de Jongs 1995. gadā raksta par krīzi dabaszinātņu izglītībā Eiropas valstīs [18]. Dž. Osborns 2001. gadā pauž satraukumu, ka dabaszinātnes daudzi skolēni uzskata par nīstamām. Un ka viens no cēloņiem tam ir

dabaszinātņu mācīšanas veids. Šis veids it kā paredz, ka visi skolēni vēlētos kļūt par zinātniekiem eksaktajās zinātnēs [19].

D. Namsone uzskata, ka šo problēmu risināšanai nepieciešams [12]:

1. Modernizēt mācību saturu, atslogojot to no liekā faktu materiāla, saistot ar reālo dzīvi.
2. Mainīt pieeju mācību procesam klasē, rosinot skolotājus izmantot skolēnu izziņas aktivitāti veicinošas, daudzveidīgas, laikam atbilstošas mācību metodes, kas ieinteresētu skolēnus apgūt dabaszinātnes.
3. Mainīt pieeju skolotāju studijām augstskolā un turpmākai profesionālajai pilnveidei, sekmējot nepārtrauktu, ilgtspējīgu skolotāju profesionālu pilnveidošanos, īpaši dabaszinātņu mācīšanas un mācīšanās jautājumos.

Lai atrisinātu daudzas no aplūkotajām problēmām, Latvijā 2005. gadā ir uzsākta jauna, ilgtermiņa reforma dabaszinātņu un matemātikas izglītībā. Īstenoti projekti „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos” 2005-2008 un „Dabaszinātnes un matemātika” 2008-2011 [20].

Līdzīgas reformas uzsāktas arī citās Eiropas savienības valstīs. Ir izstrādāti ieteikumi dabaszinātņu izglītībai „Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe”. Tie pamatojas daudzu dabaszinātņu izglītības pētnieku konstatēto problēmu apkopojumā un analizē, kas veikta Dž. Osborna un Dž. Dilana vadībā [21].

Reformās aktuālākais šobrīd ir aktīvā mācīšanās un izglītojoši zinātniskā pētniecība. Pirmo no tiem ļoti aizrautīgi popularizē Ērika Mazura grupa no Hārvardas universitātes Fizikas nodaļas [22]. Uzdodot retoriskus jautājumus, vai dabaszinātņu lekcijas ir pagātnes relikti, varam nonākt pie atbildes „nē”. Bet tikai tad, ja lekcijas vai mācību stundas skolā veidojam atšķirīgi no tiem laikiem, kad tās bija vienīgais informācijas avots, jo nebija ne grāmatu un žurnālu, ne globālā tīmekļa. Protams, lekcija var izdevīgi atšķirties no grāmatas lasīšanas ar tādu emocionālo uztveri, ko lasītājs varētu arī nenasniegt. Tomēr tikai nedaudziem skolotājiem šodien izdodas noturēt auditorijas uzmanību visas mācību stundas garumā ar tradicionālu lekciju. Un nav arī saprātīgi censties pārstāstīt visu, kas izlasāms. Labāk dot uzdevumu iepazīties ar aplūkojamo parādību iepriekš, un nodarbības laikā uzdot rosinošus jautājumus, ļaut skolēniem vai studentiem par katru uzdoto jautājumu padomāt 1-2 minūtes, 2-3 minūtes padiskutēt grupās, pašiem nonākot pie pareizajiem secinājumiem. Šādu pasniegšanas metodi sauc “peer instructions”. Hārvardas pētījumi liecina, ka šāda mācību darba organizācija dod labākus rezultātus. Jo tradicionālajās lekcijās bieži notiek tikai centieni iegaumēt, vielas saprašanu daļa klausītāju atliek uz vēlāku laiku, kurš nereti tā arī nepienāk. Ēriks Mazurs ir pārliecināts, ka mācību procesā klasē vai auditorijā jāsasniedz

izpratne, nevis iegaumēšana [23]. Un tas viņa grupai arī izdodas, pat 200 klausītāju lielās auditorijās.

Runājot par izglītojoši zinātnisko pētniecību fizikā, nākas pieskarties gan fizikai, gan psiholoģijai, gan uztveres teorijai. ASV šajā virzienā celmlauzis ir Arnolds Arons [24]. Viņš uzskata par būtisku skolēnu spēju atbildēt uz jautājumiem: „Kā (no kurienes) mēs to zinām?“, „Kāpēc mēs ticam, ka...”. Spēja atbildēt uz šādiem jautājumiem liecina par patiesu mācīšanos un izpratni. Fizikā šī izpratne un parādību izskaidrošana ir īpaši būtiska. Zināmu izpratnes līmeni var sasniegt, sākot ar teoriju un principu apgūšanu, virzoties no abstraktā uz konkrēto. Tomēr šādā gadījumā skolēns izprot tikai to, kas ir iemācīts, un arī tad problemātiska var izrādīties šo zināšanu izmantošana praksē. Mūsdienu izglītībā iemaņas un prasmes tiek vērtētas augstāk salīdzinājumā ar zināšanām vien. Un šādu rezultātu daudz drošāk ļauj sasniegt izglītojoši zinātniskā pētniecība [25, 26]. Tā ļauj sasniegt augstākā līmeņa izziņas prasmes. Bet galvenais, šī pētniecība skolēnā veido ne vien izpratni par konkrēto, mācību stundā apgūto parādību, bet arī izpratību kā skolēna personības īpašību, spēju izprast arī tādas parādības, kas mācību laikā nav aplūkotas. Šādi autors traktē jēdzienu „izpratība” darbā ar savu mērķauditoriju – 100 talantīgākajiem Latvijas skolēniem. Tas pamatos saskan ar OECD doto jēdziena definīciju, īpaši paturot prātā ne vien sadzīves situācijas, bet arī zinātnisko darbību, taču pārsniedz ASV dabaszinātņu izglītības standartā minēto: „Izpratība dabaszinātnēs un tehnoloģijās ir spēja lietot dabaszinātnisko izpratni gan indivīda personīgās, gan sociālās dzīves kontekstā. Šī izpratība veidojusies caur zināšanām, kas balstās dabaszinību pamatjēdzienos, dabaszinātniskos pētīšanas veidos, dabaszinātniskās darbībās vēsturiskā, sociālā, intelektuālā kontekstā.” [27]. OECD definīcija ir šāda: „dabaszinātniskā izpratība ir indivīda spēja lietot dabaszinātņu zināšanas reālās situācijās to problēmu risināšanā, kuras var izpētīt un atrisināt ar dabaszinātnisko metožu palīdzību, lai nonāktu pie secinājumiem, kuru pamatā ir novērojumi un eksperimenti” [28]. Lūk, kur slēpjas atslēga jautājumam par mācību programmu pārblīvētību ar faktoloģisko materiālu. Profesore Ausma Špona izpratību labprātāk dēvē par pašpieredzi [29], bet A. Kangro un A. Geske šo angļu terminu „scientific literacy” tulko kā kompetenci [30]. Autors tomēr uzskata, ka izpratība ir nedaudz plašāks jēdziens. Ja pašpieredze un kompetence attiecas vairāk uz cilvēka līdzšinējā dzīvē personīgi gūtajām prasmēm un iemaņām, ko viņš jebkurā brīdī ir gatavs likt lietā, tad izpratība galvenokārt raksturo cilvēka spēju izpētīt un izprast arī to, kas pirms tam vēl nav sastapts, patstāvīgi vērtēt, secināt un rīkoties. Tā ir personības īpašība, kas ļauj mums runāt par izpratīgu cilvēku.

Fizikas eksperimentu gaitā jāklūst skaidri zināmam katra eksperimenta mērķim, tā sasniegšanai nepieciešamajiem līdzekļiem, metodēm, un beigās jāuzzina arī rezultāts. Lai

skolēns varētu darboties aktīvi un radoši, visas minētās lietas vienlaicīgi nedrīkst būt skolotāja noteiktas, dotas jau sākumā. Vēlams atstāt atvērtu ne tikai rezultātu, bet ļaut skolēnam pašam izvēlēties arī metodes un līdzekļus. Lai skolotājs vai pasniedzējs spētu precīzāk kontrolēt saviem audzēkņiem doto uzdevumu atvērtības pakāpi, austrāliešu zinātniece E. Hegartija-Hāzele ir ieviesusi atvērto mācību līmeņu sistēmu, kas lieliski der arī fizikas apgūšanā (skat. 1. tabulu) [31].

1. tabula. Fizikas atklājuma līmeņi [31].

Fizikas atklājuma līmenis	Mērķis	Līdzekļi	Metodes	Rezultāts
0. līmenis	Dots	Doti	Dotas	Dots
1. līmenis	Dots	Doti	Dotas	Atvērts
2.a līmenis	Dots	Doti vai daļēji doti	Atvērtas vai daļēji dotas	Atvērts
2.b līmenis	Dots	Atvērti	Atvērtas	Atvērts
3. līmenis	Atvērts	Atvērti	Atvērtas	Atvērts

Ja tradicionālajā mācību procesā galvenais mērķis ir sniegt zināšanas, tam ir zinātnē orientēts saturs, dominē faktu mācīšana, mācību procesā dominējošā loma ir skolotājam, tad humānās pedagoģijas idejas un daļēji arī fizikas izglītības mērķis nākotnē vairumā attīstīto valstu ir šīs izpratības veidošana, ļaujot skolēnam apgūt veidu, kā izzināt pašam šo pasauli. Tad skolēnam jāklūst par aktīvu mācību procesa dalībnieku, pašam jāuzņemas atbildība par savu mācīšanos. Zinātni tādā gadījumā jāuzlūko vairāk kā procesu, bet mācību saturs jātuvina skolēna vajadzībām gan mācīšanās brīdī, gan nākotnē.

V. Grābers, T. Erdmans un V. Šlikers to aplūko kā izvēli diapazonā starp galējībām trīs nozīmīgākajos jautājumos [32]:

1. Kurš ir galvenais un aktīvākais mācību procesā – skolotājs vai skolēns?
2. Kas jāapgūst – pēc iespējas lielāks faktu daudzums vai prasme patstāvīgi izpētīt jebko?
3. Kāpēc jāmacās – lai spētu darboties zinātnē vai lai pilnīgāk apmierinātu indivīda un sabiedrības ikdienas vajadzības.

Novērtējot sava darba augļu vietu šajā iedalījumā jāatzīst, ka:

1. Risinot eksperimentālos uzdevumus galvenais, protams, ir skolēns. Viņš veic šo darbu pilnīgi patstāvīgi, no skolēna tieši šādus uzdevumus veicot tiek gaidītas visas radošās domāšanas izpausmes, prasmes un iemaņas.
2. Protams, ka pirmkārt no skolēniem tiek gaidīta patstāvīgas pētīšanas prasme. Tomēr der atcerēties arī matemātikas skolotāja Strazdiņa allaž teikto, ka tukša galva nespēj

domāt. Ir nepieciešams arī zināms faktu krājums, lai skolēnam būtu šī izjūta, kas šajā pasaulē ir iespējams, ko ir vērts pārbaudīt eksperimentā, un kas nav tā vērts, jo nepastāv. Autors uzskata, ka pārspīlēta faktu izskaušana no mācību programmām ir lēkšana otrā grāvī. Bet ceļš ir vidū. Ja skolēns katrā mācību stundā saņem sagrafētu darba lapu, kurā viņam jāieraksta hipotēze un viss pārējais pilnīgi vienādi visus 3 vidusskolas gadus, pētniecības ideja var tikt degradēta. Ja agrāk, apkrauti ar faktu nastu, labākie skolēni tomēr iemanījās paveikt ko radošu un patstāvīgi apgūt pētniecību, tad tagad mums draud situācija, kurā skolēnu vairākums veikli iemanīsies tikai imitēt pētniecību, paliekot pat bez nīstamā faktu materiāla.

3. Ja runājam par 100 gaišākajām galvām, tad atļausos apgalvot, ka spēja darboties zinātnē tām nebūt nenāktu par sliktu. Par aktuālākajām zinātnes nozarēm tik un tā izvirzās tās, kuru devums nepieciešams cilvēkiem un sabiedrībai. Bet ne tieši un tikai tam indivīdam (zinātniekam), kurš ar šo zinātni nodarbojas. Vienlaicīgi jāatzīst, ka problēmas, ar kurām skolēns jau saskāries savā ikdienā, labāk motivē viņu pētniecībai.

Šādas nostādnes arī ir kalpojušas par pamatu paaugstinātas grūtības eksperimentāli veicamo izglītojoši zinātnisko pētniecisko uzdevumu un aktīvā pētniecībā skolēnus iesaistošo (skolēna viedokli un skaidrojumu prasošo) eksperimentu demonstrējumu uzdevumu komplekta un tā metodiskās analīzes radīšanā.

Darba novitāte slēpjas pašā uzdevumu saturā. Lielākā daļa no tiem ir oriģināli, speciāli šīm olimpiādēm radīti. Jauns ir arī uzdevumu veids. Tie ir veidoti kā mazi izglītojoši zinātniski pētnieciskie darbi, kas prasa radošu pieeju, piemēram, „lēno” domāšanu un „valodu” atdalīšanu.

2.3. Pārskats par eksperimentālajiem uzdevumiem citās skolēnu fizikas olimpiādēs

Sākšu ar tuvāko – Atklāto fizikas olimpiādi [33-35], kas kopš 1976. gada norisinās Latvijā. Tās veidošanu aizsāka toreiz vēl jaunie Latvijas Zinātņu Akadēmijas Fizikas institūta zinātnieki. Šīs Atklātās olimpiādes vienmēr izcēlušās ar brīvu un augstu domas lidojumu, uz kuru aicinājušas ikvienu skolēnu neatkarīgi no panākumiem skolā un Valsts olimpiādēs. Tās kļuva par lielisku alternatīvu tolaik skolas mācību programmai nelokāmi piesaistītajai Valsts olimpiādei. Tagad abas olimpiādes kopīgi kalpo par galvenajiem kritērijiem skolēnu atlasīšanai Starptautiskajai Fizikas olimpiādei. Es gan neuzskatu šo atlasīšanu par galveno savas darbības mērķi. Manuprāt, daudz būtiskāka ir zinātkāres rosināšana jauniešos, tai seko viņu

profesionālā orientācija un tikai tad atlase. Un tieši Atklātā olimpiāde viskonsekventāk ir vadījusies pēc šādiem principiem.

Kaut arī Atklātās olimpiādes organizatori vienmēr ir aptuveni pareizi novērtējuši iespējamo dalībnieku skaitu, tomēr tehnisku iemeslu dēļ eksperimentāli veicami uzdevumi tajā nebija un nav iekļauti. Toties pa demonstrējumu eksperimentu uzdevumam, kas parasti saistīts ar sadzīvi un tehniku, Atklātajās olimpiādēs bija iekļauts arī tajos gados, kad Valsts olimpiādēs eksperimentālās kārtas nebija vispār, vai tā tika piedāvāta tikai 12 teorētiskajā kārtā veiksmīgākajiem skolēniem, kurā praktiski visu uzdevumu autors bija Jānis Krūmiņš [36].

Kopš 1996. gada Latvijas skolēnu izlase ar panākumiem piedalās arī Starptautiskajās fizikas olimpiādēs [37-40]. Tās aizsāka poļu profesors Česlavs Ščislovskis. Daudzus gadus organizējis Polijas skolēnu fizikas olimpiādes ar vienu teorētisko un vienu eksperimentālo dienu, viņš aicināja Centrāleiropas valstis, un 1967. gadā notika pirmā starptautiskā fizikas olimpiāde Varšavā [41]. Tai pamazām pievienojās arī rietumvalstis. Tagad vairums dalībvalstu atlasa skolēnus savām izlases komandām nacionālajās olimpiādēs [42-46]. Tajās sastopami arī eksperimentālie uzdevumi. Tomēr daudzās valstīs atlasē ņem vērā arī dažādas viktorīnas un testus. Bet Krievijā eksperimentālos uzdevumus piedāvā ne tikai noslēguma posmā. Lielākā tiesa no tiem, tāpat kā citās valstīs, ir veidoti mūs olimpiādes uzdevumiem līdzīgā stilā. Lielākā daļa piederumu ir nopērkami sadzīves preču veikalos, tie var būt paredzēti vienreizējai lietošanai. Gandrīz visi eksperimentāli veicamie darbi veidoti tā, lai varētu tos veikt jebkurā telpā, kurā nav nopietna laboratorijas aprīkojuma. Bet galvenā iezīme ir tāda, ka darbi ir veidoti rietumu valstu organizēto Starptautisko fizikas olimpiāžu tradīciju garā. Šīs tradīcijas paredz gaidīt no skolēna patstāvīgu eksperimenta veidošanu un veikšanu, atrisinot doto fizikas problēmu. Austrumu zemēs rīkotajās Starptautiskajās fizikas olimpiādēs eksperimentāli veicamajiem uzdevumiem dominē pilnīgi pretējs stils. Problēmas risinājuma gaita ir jau dota. Arī eksperiments ir izveidots un sīki aprakstīts tā veikšanas instrukcijā. Skolēnam atliek tikai burtiski un ātri izpildīt instrukcijā prasītās darbības, iekļauties paredzētajā laikā un iegūt rezultātā pēc iespējas precīzāku skaitli. Šādā procesā nepieciešamas vien labas laboranta darba iemaņas. Uzskatu, ka radošu fiziķi tādā garā izaudzināt nevar. Tādas iemaņas gan lieti noder ražošanas tehnoloģisko procesu parametru „piedzīšanai”, ar ko arī veiksmīgi izceļas Austrumu valstis. Tas ir darbs senajā Edisona ēras izgudrotāju stilā, kad galvenais ir pēc iespējas konkurētspējīgāks rūpniecības produkts. un tas nekas, ka neviens nesaprot, kā tas vispār darbojas. Šāds stils veicina tūlītēju ekonomisko izaugsmi, taču nedod zināšanu pamatu tālākai attīstībai, principiāli jaunu tehnoloģiju veidošanai. Pagaidām zināšanas tiek ņemtas gatavā veidā galvenokārt no citu valstu pētījumiem. Tas ļoti atklātā

veidā atgādina jātājumu, ko mēs gribam – naudu vai gudrību. Izskatās, ka Austrumi ir strauji pārslēgušies no savas tradicionālās dzīvesziņas uz pirmo izvēli, cerot otro „iedzīt”, kad jau būs bagāti.

Promocijas darbā ir veikti gan kvalitatīvi pētījumi, gan kvantitatīvi mērījumi, ar abām metodēm aptverot pilnīgi visus skolēnus Jauno fiziķu skolas nodarbībās un Valsts fizikas olimpiādēs, kā arī pilnīgi visus skolotājus Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas jaunākajā, 14. konferencē, fiksējot viņu izteicienus par uzmanībai piedāvātajiem maksimāli vienkāršiem, tiešiem un nepastarpinātiem fizikas eksperimentu demonstrējumiem, kuri veidoti, lai mudinātu skolēnus uz „lēno” domāšanu un veicinātu zinātkāri. Apkopojot zīmīgākos piemērus no skolēnu veidotajiem olimpiādes eksperimentālo uzdevumu risinājumiem, skolēnu un skolotāju anketēšanas rezultātus un dominējošos skolotāju izteiktos komentārus, izveidoti promocijas darba tēžu pierādījumi. Tie veidoti, izmantojot daudzkārtīgas triangulācijas metodi. Lai varētu ērtāk orientēties, skolēnu atbilžu apkopojums attēlots stabiņu diagrammās, bet skolotāju viedokļu un vērojumu apvienojums, veidojot riņķa diagrammas. Pašas anketu veidlapas redzamas 3. pielikumā.

Skolēnu aptauja veikta uzreiz pēc strukturētu eksperimentālu uzdevumu veikšanas, kuros nelietoja mēraparātus un katrs pētnieks atradās ļoti tiešā un nepastarpinātā kontaktā ar pētāmo parādību.

Gan visi izveidotie eksperimentāli veicamie izglītojoši zinātniskie pētnieciskie uzdevumi, gan pētnieciskie eksperimentu demonstrējumu izskaidrošanas uzdevumi, gan šajā promocijas darbā izvirzītās tēzes ir aprobētas daudzkārt Valsts skolēnu fizikas olimpiādēs no 2001. līdz 2012. gadam, vairākos skolotāju tālākizglītības projektos, Jauno fiziķu skolā un Mazajā Fizikas universitātē, un nodarbībās ar studentiem Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātē. Aprobācija turpināta zinātniskajās un arī populārzinātniskajās publikācijās, kas adresētas galvenokārt mūsu skolu jaunatnei. Izveidoto uzdevumu paraugi un to veidošanas principi ir aprobēti arī zinātniskajās konferencēs, to publicētajās konferenču tēzēs un rakstu krājumos. Pirmajā vispasaulē fizikas izglītības konferencē 2012. gada jūlijā Stambulā autora referātā piedāvātie uzdevumu fragmenti izraisīja milzīgu interesi un sajūsmu.

4. Rezultāti

4.1. Apkopots uzdevumu komplekts

Valsts fizikas olimpiādei 12 gados (2001. – 2012.) autora veidotie uzdevumi ir apkopoti, sargrupēti eksperimentāli veicamajos uzdevumos un eksperimentu demonstrējumu izskaidrošanas uzdevumos, uzdevumos 9., 10., 11. un 12. klasei, un sarindoti pa realizācijas gadiem. Uzdevumiem ir izveidots darba mērķis, situācijas formulējums, veicamie darba soļi un atbilstošās prasības, darba piederumi, atgādinājumi par nepieciešamajiem darba drošības pasākumiem. Uzdevumiem pievienoti arī atrisinājumi un ieteicamie vērtēšanas kritēriji.

Šie uzdevumi ietver sevī ne tikai teksta dokumentus, bet arī sagatavotus ierīču komplektus ar rūpīgi piemeklētiem parametriem, lai visi eksperimenti izdotos maksimāli uzskatāmi. Komplektos ietilpst, piemēram, digitālie multimetri, termometri, mērlentes, lineāli, termosi, vārglāzes, kausi, vanniņas, kivetes, šķidrums un beramas vielas, dažādi degvielas veidi, statīvi, svāri, atsvari, dažādi elektriskās strāvas un sprieguma avoti, dažādu metālu stieples, plāksnītes, kartupeļi, elektriskās un optiskās “melnās kastes”, elektronikas spiestās plates, kompasi, vadi, pamatnes spoļu tīšanai, magnēti, trīši, hronometri, lēcas, svecītes, lukturīši, pusvadītāju lāzeri, difrakcijas režģi, utt. Visas ierīces un arī eksperimentu iekārtas kopumā ir aprobētas.

Katru gadu ir sagatavoti 4 eksperimentu demonstrējumu izskaidrošanas uzdevumi un 4 eksperimentāli veicami uzdevumi, katram no tiem izgatavota eksperimentāla iekārta 28 eksemplāros. Katrā gadā tātad tapušas vairāk kā 100 jaunas iekārtas, bet 12 gados kopā aptuveni 1300 iekārtas. Visas ilgtspējīgās iekārtu daļas ir saglabātas, tāpēc uzdevumus ar iekārtām iespējams izmantot arī atkārtoti.

Kā piemērus aplūkosim vienu eksperimenta demonstrējuma izskaidrošanas uzdevumu ar skaidrojumu un vienu eksperimentāli veicamo uzdevumu ar risinājumu.

Visi apkopotā uzdevumu komplekta uzdevumu formulējumi, risinājumu un skaidrojumu teksti atrodas 1. un 2. pielikumā.

Magnētiskā lodīte uz alumīnija plāksnes

Demonstrējums

Vēro, kā stipri magnetizēta lodīte ripo pa alumīnija plāksni, kas novietota aptuveni 10° leņķī pret horizontu! Kāpēc šī lodīte tik savādi izvēlas kustības virzienus atkarībā no plāksnes slīpuma virziena pret debesspusēm? Vai vari izskaidrot redzēto?

Lai skaidrošana labāk veiktos, sadalīsim uzdevumu vairākās vieglāk izkaidrojamās daļās. Tās ir sarindotas pieaugošas grūtības secībā. Atbildes uz pirmajiem jautājumiem palīdzēs atbildēt arī uz nākošajiem.

Uzdevums

Stipri magnetizētajai lodītei liek brīvi ripot pa horizontālu koka virsmu.

- A. Kāpēc lodītes trajektorija nav taisnvirziena?
- B. Kāpēc pēc apstāšanās lodītes magnētiskie poli ir vienmēr orientēti vienā un tai pašā virzienā?

Lodītei liek ripot pa biezu horizontālu alumīnija plāksni.

- C. Kāpēc lodīte apstājas daudz ātrāk nekā ripojot pa koka virsmu?
- D. Par kādu enerģijas formu pārvēršas lodītes kinētiskā enerģija un kādu procesu rezultātā?

No alumīnija plāksnes izveido stāvu nogāzi (slīpuma leņķis pret horizontu $\alpha > 35^\circ$) un palaiž lodīti ripot no augšas.

- E. Kāpēc šajā gadījumā lodītes magnētiskie poli noorientējas tā, ka tie ripojot paliek vienādā attālumā no plāksnes?

Nogāzes slīpumu samazina līdz aptuveni 10° .

- F. Kāpēc lodīte vairs nekad neripo taisni lejā, neatkarīgi no plāksnes slīpuma virziena orientācijas uz galda horizontālās virsmas?

Skaidrojums

A. Ja lodīti iestumj lielā ātrumā, tā tomēr ripo diezgan taisni, vienīgi mazliet neierasti palēkdamās. Tomēr, ātrumam samazinoties, lodīte vairs neripo taisni, bet veido dīvainus lokus. Zemes magnētiskais lauks iedarbojas uz lodīti kā uz kompasu adatu, cenšoties to orientēt savu spēka līniju virzienā. Jāņem arī vērā, ka šis magnētiskais lauks nav vērsts horizontāli. Rīgā, LU Fizikas un matemātikas fakultātes teritorijā Zemes magnētiskā lauka vertikālā komponente ir pat lielāka, nekā horizontālā. Tāpēc katra loka sākumā lodīte uzvedas tā, it kā tai vienā sērā būtu ieskrūvēts neliels puļķis, kas velk šo sērā lejup. Tomēr lodītes trajektorija nav gluži spirāle, kuras rādiuss samazinās, jo Zemes magnētiskajam laukam ir arī horizontālā komponente. Pēc noripotā spirāles fragmenta šāda kustība izjūk vai apstājas.

B. Pēc apstāšanās varam pārliecināties, ka lodīte tiešām ir noorientējusies Zemes magnētiskā lauka virzienā. Kustībai beidzoties, tā viņa orientējas vienmēr, lai cik reižu mēs atkārtotu eksperimentu. Pati lodīte arī nepārprotami norāda, ka vertikālā lauka komponente ir lielāka.

C. Ripošana pa horizontālu alumīnija plāksni ir ļoti grūti novērojama, jo, tikko sākusies, tā ja beidzas. Tiklīdz kustīga lodīte nonāk tiešā plāksnes tuvumā, tās kustība veido mainīgu magnētiskā lauka indukciju plāksnē. Alumīnijs ir labs elektriskās strāvas vadītājs, tajā inducējas stipras virpuļstrāvas. Strāvu magnētiskais lauks iedarbojas uz lodīti. Tās plāksnes vietas, kurām lodīte tuvojas, palielinot tur magnētiskā lauka indukciju, lodīti atgrūž. Bet tās vietas, no kurām tā attālinās, samazinādama magnētiskā lauka indukciju plāksnē, lodīti pievelk. Tāpēc, lai kā arī lodīte kustētos, tās inducēto strāvu magnētiskais lauks kavē šo kustību un ļoti ātri pilnīgi nobremzē, jo inducēto strāvu iedarbība uz lodīti ir daudz stiprāka, nekā Zemes magnētiskā lauka iedarbība.

D. Tā kā alumīnijs tomēr nav ideāls vadītājs, tas izrāda pretestību inducētajām virpuļstrāvām. Tāpēc strāvas tajā neturpinās mūžīgi, bet samazinās, pārvarēdamas alumīnija pretestību. Šajā procesā caur pretestību plūstošā strāva sasilda plāksni. Tās termiskās kustības enerģijā tad arī pārvēršas lodītes kinētiskā enerģija.

E. Lodīte kustas tādā veidā, kādā šīs kustības izraisītā inducēto virpuļstrāvu magnētiskā lauka pretestība šai kustībai ir vismazākā. Tādēļ lodīte tur savus polus pēc iespējas tālāk no plāksnes, lai magnētiskā lauka izmaiņas alumīnijā, lodītei kustoties, būtu minimālas. Bet galvenais, tā izvairās no kūleņošanas pāri poliem, kas izraisītu vislielāko pretestību. Tāpēc lodīte ripo, griežoties ap savu polāro asi (ap asi, kas iet caur lodītes magnētiskajiem poliem).

F. Uz lodīti darbojas vairāki spēki, veidojot to momentus un kopumā nosakot lodītes kustību pa alumīnija plāksni. Vislielākais no tiem var būt plāksnē inducētās strāvas magnētiskais spēks, kas liedz lodītei kustēties ātrāk. Bet galvenais, tas kategoriski aizliedz lodītei kūleņot pāri saviem poliem. Tādēļ tā kustas, rotējot ap polāro asi.

Otrs lielākais ir Zemes pievilkšanas spēks. Tas nosaka lodītes ripošanas veidu, piemēram, pa 45° slīpu alumīnija plāksni „neņemot vērā” vājākas iedarbības. Taču, ja plāksnes slīpums nav lielāks par 10° , tad gravitācijas spēka komponente alumīnija plāksnes plaknē un Zemes magnētiskā lauka iedarbība uz lodīti ir vienas kārtas lielumi. Lodīte, protams, vienalga nav orientēta ar saviem poliem Zemes magnētiskā lauka virzienā, izņemot gadījumu, kad plāksne ir horizontāla. Visos pārējos gadījumos šī magnētiskā spēka momentam jāmērojas ar

inducēto strāvu magnētiskā spēka momentu, gravitācijas spēka momentu un berzes spēka momentu. Viss šis kopums arī nosaka lodītes kustības veidu.

Interesanti, ka vājš parametrs - Zemes magnētiskais lauks – nosaka procesa virzienu. Lodīte rotē kā vilciņš ap savu polāro asi, kas ir tuvu vertikālam stāvoklim neatkarīgi no plāksnes slīpuma virziena orientācijas pret debess pusēm. Tā balstās uz plāksnes ar savam polam tuvu punktu, kurš pārvietojas kā pa plāksni, tā arī pa lodītes virsm, aprakstot riņķa līniju. Šī punkta kustības ātrums arī ir lodītes ātrums virzes kstībā. Taču lodītes ekvatora ātrums ir daudz lielāks.

Interesanti, ka, piemēram, Stambulā lodīte uz alumīnija plāksnes uzvedas citādi, nekā Rīgā. Tas tāpēc, ka tur Zemes magnētiskajam laukam horizontālā komponente ir daudz lielāka par vertikālo. Tāpēc, orientējot plāksnes slīpumu uz Austrumiem vai Rietumiem, lodīte arī pa ļoti lēzenu virsmu ripo lejuj tieši nogāzes virzienā.

Noslēpumainais šķidrums

Uzdevums

Nosaki temperatūru, kurā nezināmā šķidruma blīvums ir vislielākais!

Zināms tikai, ka šī temperatūra jāmeklē robežās no 1°C līdz 10°C , blīvuma izmaiņas ir niecīgas.

Izveido eksperimentālo iekārtu un apraksti to!

Izdomā iespējamo eksperimentu gaitu un izveido tās aprakstu (turpmāk varēsi to papildināt)!

Veic vienu vai vairākus eksperimentus, lai iegūtu vajadzīgo informāciju par šķidrumu!

Attēlo uzskatāmi iegūtos rezultātus!

Secini, kādi procesi norisinājušies eksperimentos!

Apkopojojot visu, novērtē, kādā temperatūrā šķidruma blīvums ir vislielākais!

Darba piederumi:

- Djuāra trauks jeb termoss ar aptuveni 1 litru nezināmā šķidruma (neliela tā daļa var būt arī cietā stāvoklī);
- termometrs;
- caurspīdīga krūze eksperimentu veikšanai;
- divi veļas kņāgi;
- kauss, kur izliet lieko šķidrumu;
- vari raudzīties pulkstenī auditorijas priekšpusē vai lietot savu.

Uzmanību!

Tukša krūze ar termometru var gāzties! Lai termometrs nenoripotu no galda, piestiprini tam knaģi! Citu termometru nedabūsi! Vaļējs dzīvsudrabs ir kaitīgs veselībai!

Risinājums

Nostiprina krūzē termometru temperatūras mērīšanai leņķī (3 p.) vislabāk krūzes apakšas centrā (1 p.), lietojot abus knaģus.

Ielej krūzē aptuveni puslitru (3 p.) šķidruma bez sasalušajiem gabaliem (1 p.) un nekavējoties (no 1°C) (2 p.) sāk uzņemt temperatūras atkarību no laika (3 p.). Līdz 7°C temperatūru fiksē ik minūti; vai arī fiksē laiku, kad temperatūra precīzi atbilst katrai iedaļai (2 p.). Mērījumus nebeidz, pirms temperatūra nav sasniegusi 10°C (2 p.). Attēlo iegūto atkarību grafiski (3 p.) uz milimetru papīra, ievēro horizontālo līknes daļu 4°C temperatūrā (1 p.).

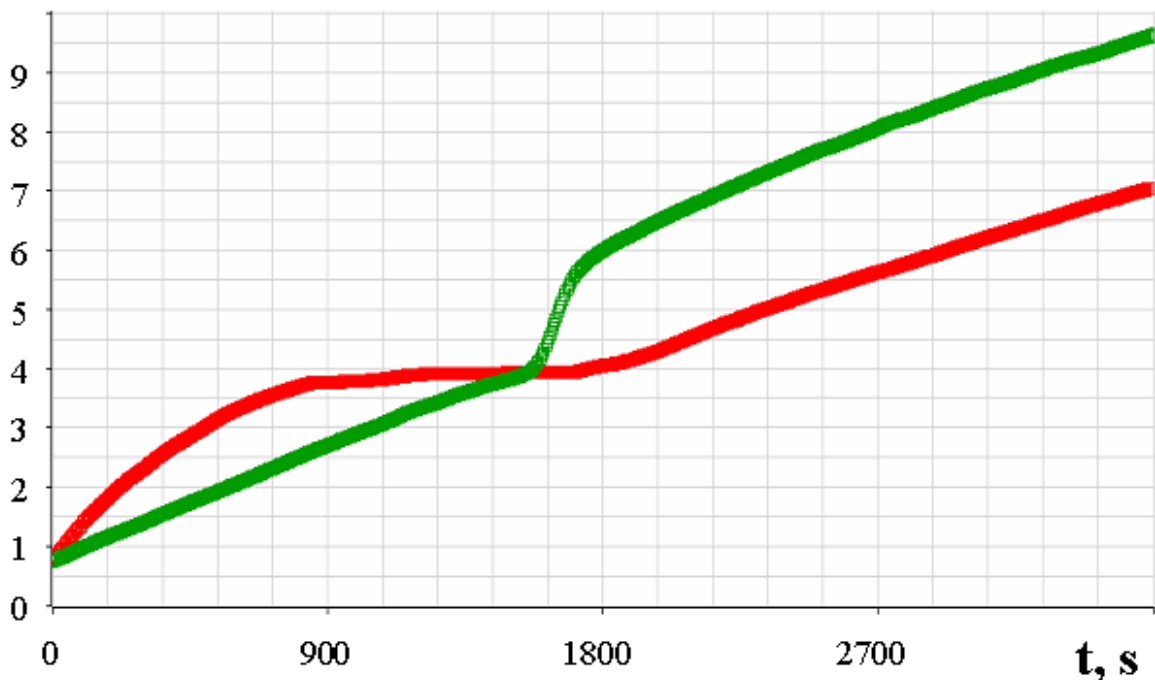
Atkārtoto eksperimentu vēlreiz (1 p.), šoreiz mērot temperatūru šķidruma augšpusē (2 p.), tuvu tā virsmas centram, līdz pārliecinoši un strauji šķērso 4°C robežu (2 p.).

Attēlo arī šo atkarību tajās pašās koordinātēs (2 p.) un salīdzina ar pirmo līkni.



2. attēls. Temperatūras mērīšana šķidruma lajasdaļā.

T, °C



3. attēls. Šķidruma temperatūra glāzes dibenā (sarkanā līkne) un šķidruma augšējā slānī (zaļā līkne) atkarībā no silšanas laika.

Sākot eksperimentu, krūzes sienas un apkārtējais gaiss visātrāk silda šķidruma virskārtu malās un galos, centrs silst lēnāk (**2 p.**). Aplūkojot abas līknes kopā, var secināt, ka pirmajās 5 minūtēs sānos un virspusē ātrāk sasilušais šķidrums kļūst blīvāks un gar krūzes malām virzās uz leju (**2 p.**). Tur tas krājas (**1 p.**), bet vēsākais šķidrums no lejas pa krūzes vidusdaļu (tuvu cilindra asij) ceļas augšup (**1 p.**). Kustība augšup no pašas apakšas rimst, kad lejā temperatūra sasniedz 4°C (**2 p.**), šķidrums ar šādu temperatūru vēl 10 minūtes krājas lejā arvien biezākā slānī (**1 p.**). Tad temperatūra augšpusē pārsniedz 4°C, un sākotnējā šķidruma slāņu kustība galīgi norimst (**2 p.**). Turpmāk sānos siltākais šķidrums virzās augšup (**2p.**), bet vēsākais gar centrālo asi lejup (**1 p.**), mazinot apakšā šķidruma slāni ar temperatūru 4°C, līdz tas izzūd (**2 p.**). Bet process turpinās, augša arvien ir siltāka (**1 p.**). Viss norāda uz to, ka šķidruma blīvums ir vislielākais 4°C temperatūrā (**5 p.**), (3°C vai 5°C – (**2 p.**)), jo katram skaidrs, ka akmens grimst uz leju, bet burbulis uz augšu.

4.2. Paaugstinātas grūtības eksperimentālo un demonstrāciju uzdevumu izveides principi

4.2.1. Skolēnam piemērota atklājuma līmeņa sagatavošana, izvēloties atbilstošu uzdevuma atvērtības pakāpi

Ļoti svarīgi ir pareizi prognozēt skolēnu gaidāmo prasmju, iemaņu un zināšanu līmeni, lai piedāvātu viņiem uzdevumus ar atbilstošu paredzētā atklājuma līmeni. Būtībā tas ir jautājums par uzdevumu atvērtības pakāpi. Olimpiādēs nedrīkst piedāvāt pilnīgi atvērtus uzdevumus, jo tādā gadījumā katrs skolēns izpētīs ko citu, un rezultāti būs nesalīdzināmi. Tomēr vēlams šo atvērtību samazināt tikai nedaudz, piemēram, formulējot tikai darba mērķi. Atbilstoši E. Hegartijas – Hāzeles piedāvātajiem dabaszinātņu atklājuma līmeņiem tas būtu 2b līmenis. Taču te bieži rodas tipiska problēma. Eksperimentālajā olimpiādes kārtā skolēniem galvenokārt jāparāda savas eksperimentatora prasmes, iemaņas un radošums. Taču, ja uzdevumā tieši tas pilnībā ir atstāts atvērts skolēna radošai darbībai, bieži izrādās, ka skolēni spējuši veikt tikai niecīgu daļu uzdevuma. Jo vēl arvien tieši eksperimentu veidošana ir ļoti minimāli attīstīta skolēnu fizikas izglītībā. Bet ja nu tieši šī veidošana ir pats skaistākais moments kādā uzdevumā, kuru negribas laupīt skolēnu atklāšanas priekam, var gadīties kā, piemēram, ar 2009. gada eksperimentāli veicamo Valsts fizikas olimpiādes uzdevumu 11. un 12. klasei. Šo uzdevumu neviens skolēns neatrisināja pilnībā. Tiesa gan, bija daudz soļu līdz šai pilnībai, ko varēja novērtēt un piešķirt skolēniem atbilstošu punktu skaitu. Taču šajā nolūkā, pirms sākt vērtēšanu, nācās pieņemt pilnīgi jaunus vērtēšanas kritērijus un skalu.

Apkopotie uzdevumi ir arī lielisks materiāls skolotājiem, kuru skolēni vēlas veikt skolēnu zinātniski pētnieciskos darbus fizikā. Pēc paša olimpiādes uzdevuma aplūkošanas apskatīsim konkrēti šim uzdevumam pēc Hegartijas - Hāzeles piedāvātajiem dabaszinātņu atklājuma līmeņiem izveidoto līmeņu sistēmas tabulu un apskatīsim piemēru, kurā parādīts, cik lielisku darbu “Glāze ūdens” var izveidot, ņemot par pamatu šo olimpiādes uzdevumu “noslēpumainais šķidrums”. Atliek tikai izvēlēties 3. fizikas atklājumu līmeni (skat. 2. tabulu).

2. tabula. Piemērs, kā uzdevumu “Noslēpumainais šķidrums”, kurš parādīts iepriekšējā apakšnodaļā, iespējams variēt atbilstoši E. Hegartijas – Hāzeles piedāvātajiem dabaszinātņu atklājuma līmeņiem.

Fizikas atklājuma līmenis	Mērķis	Metodes	Rezultāts	Piemērs
0. līmenis	Dots	Dotas	Dots	Ielej ledusaukstu ūdeni glāzē, ievieto termometrus ūdens zemākajā un augstākajā slānī, uzņem šo temperatūru atkarību no laika, attēlo abas līknes vienā grafikā, lai redzētu, kādā temperatūrā ūdens ir visblīvākais un nostājas glāzes apakšā, pārbaudi, vai ūdens maksimālā blīvuma temperatūra ir 4°C.
1. līmenis	Dots	Dotas	Nav dots	Ielej ledusaukstu ūdeni glāzē, ievieto termometrus ūdens zemākajā un augstākajā slānī, uzņem šo temperatūru atkarību no laika, attēlo abas līknes vienā grafikā, lai redzētu, kādā temperatūrā ūdens ir visblīvākais un nostājas glāzes apakšā, nosaki temperatūru, kurā ūdenim blīvums ir vislielākais.
2.a līmenis	Dots	Dotas vai daļēji dotas	Daļēji dots vai nav dots	Ielej ledusaukstu ūdeni glāzē, izpēti, kurp kādas temperatūras ūdens kustas, nosaki temperatūru, kurā ūdenim blīvums ir vislielākais.
2.b līmenis	Dots	Nav dotas	Nav dots	Nosaki temperatūru, kurā nezināmā šķidruma blīvums ir vislielākais robežās no 1°C līdz 10°C, blīvuma izmaiņas ir niecīgas. Izveido eksperimentālo iekārtu un apraksti to! Izdomā iespējamo eksperimentu gaitu un izveido tās aprakstu (turpmāk varēsi to papildināt)! Veic vienu vai vairākus eksperimentus, lai iegūtu vajadzīgo informāciju par šķidrumu! Attēlo uzskatāmi iegūtos rezultātus! Secini, kādi procesi norisinājušies eksperimentos! Apkopojot visu, novērtē, kādā temperatūrā šķidruma blīvums ir vislielākais!
3. līmenis	Nav dots	Nav dotas	Nav dots	Izpēti, kas notiek ar nezināmu ledusaukstu šķidrumu, kas ieliets glāzē istabā uz galda.

Veiksim padziļinātu eksperimenta analīzi, kas ilustrē, cik bagāts ir šis eksperiments. Šī padziļinātā analīze jau atbilst fizikas bakalaura studiju programmas studenta pētnieciskā darba līmenim.

Glāze ūdens

Vairums cilvēku neiedziļinoties uzskata, ka ūdens glāzē sasilst eksponenciāli. Tomēr, pateicoties unikālajam ūdens blīvuma maksimumam $999.97495 \pm 0.00084 \text{ kg/m}^3$, normālā atmosfēras spiedienā 0.101325 MPa [47] 3.98°C temperatūrā process notiek citādi. Tāpat kā tilpuma palielināšanos, ūdenim sasilstot, to izsauc ūdeņraža saišu stabilitātes izmaiņas. Atšķirībā no vairuma citu vielu ūdens ar sakārtotu struktūru aizņem lielāku tilpumu nekā amorfā stāvoklī un uzrāda citas pārsteidzošas īpašības [48]. Pateicoties tam, arī upes, ezeri un jūras aizsalst tikai no virspuses, tādējādi ļaujot dziļākos slāņos pastāvēt un attīstīties dzīvībai. Iespējams, ka šādi apstākļi pat bija cēlonis dzīvības rašanās procesam uz Zemes [48, 49].

Jau 1805. gadā Hope ziņoja par inverso temperatūras sadalījumu traukā ar ūdeni, kuru izsaukusi konvekcija, tā nosakot blīvuma maksimumu [50]. Liela daļa ūdens blīvuma mērījumu tiek veikta, lietojot dilatometru. Tādā gadījumā paša dilatometra tilpuma izmaiņas precīzi jākompensē. Ja ūdens temperatūra novirzās no 4°C tikai par 2 grādiem, blīvuma izmaiņas parādās tikai mērskaitļa piektajā zīmē. Tādēļ arī mūsdienās konvekcijas plūsmu tehnika tiek lietota temperatūras noteikšanai, kurā ūdens šķidrumiem ir maksimālais blīvums [51]. Tās ir profesionālas automātiskas iekārtas. Skolēniem un arī skolotājiem var sagādāt grūtības uztvert, kas tajās notiek.

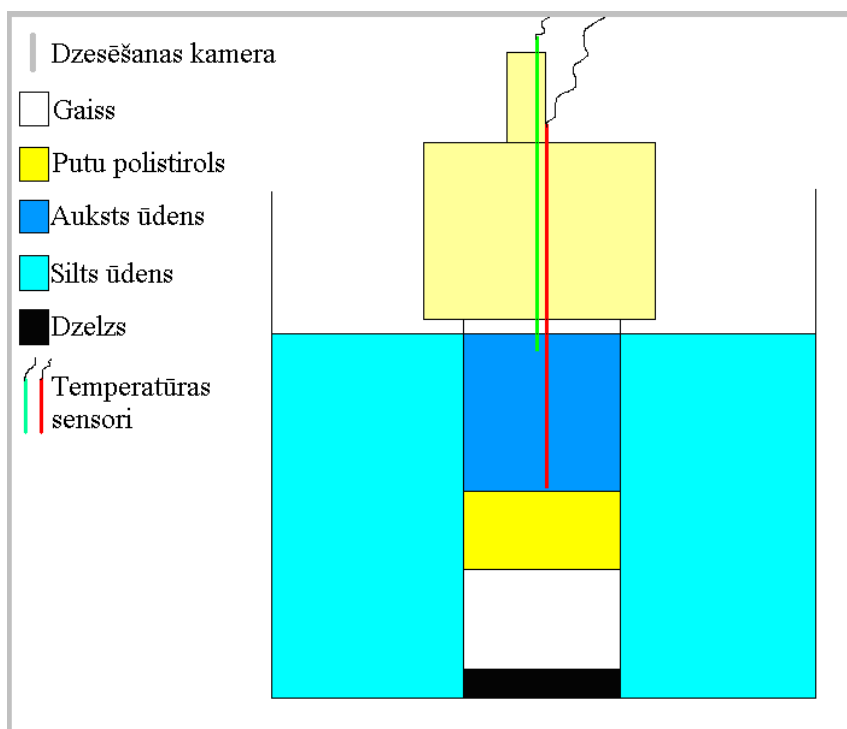
Tomēr konvekcijas parādību var izpētīt arī ar līdzekļiem, kas pieejami katram skolā vai mājās – ūdens glāzē. Pirmajā Vispasaules fizikas izglītības konferencē WCPE 2012. gadā Takahaši and Mori ziņoja par visiem pieejamas termo kameras lietošanu pamatskolas izglītojoši zinātniskajos pētījumos [52, 53]. Viņi parādīja, ka ūdens virsējiem slāņiem visu laiku ir augstāka temperatūra, ja ūdens glāzi silda ar liesmu no apakšas no 20°C līdz 100°C . Blīvuma izmaiņas šajā temperatūru diapazonā ir lielākas. Komplicētāks skats paveras datormodelēšanā, ja sildīšanu sākam no 5°C [54-56]. Taču visinteresantākais un informatīvākais process ir vērojams, ja sildīšanu sākam no 0°C . Tas kļūst vislabāk redzams, ja glāzi sildām galvenokārt no sāniem. Eksperimentam bez ūdens glāzes ir nepieciešami vēl tikai 2 termometri un pulkstenis. Eksperimentu var demonstrēt klasē, lietojot vienkāršu skolas datu uzkrājēju ar temperatūras sensoriem, un parādīt mērījumu līknes uz lielā ekrāna to iegūšanas laikā. Tas ļauj iesaistīt skolēnus diskusijā, prognozēt procesa gaitu un interpretēt iegūtos rezultātus. Šo eksperimentu var arī piedāvāt skolēniem kā patstāvīgu izglītojoši zintātniski pētniecisku darbu. Tad ūdeni var nosaukt arī par nezināmu šķidrumu. To var viegli iekrāsot ar briljantzaļo krāsvielu. Tādā gadījumā uzdevuma formulējums ir sekojošs: “Nosaki temperatūru, kurā nezināmajam šķidrumam blīvums ir maksimālais! Zināms tikai, ka šī temperatūra jāmeklē robežās no 1°C līdz 10°C , blīvuma izmaiņas ir niecīgas.” Ja

pētījumam ir pietiekoši daudz laika, var piedāvāt vēl atvērtāku uzdevumu, kas atbilst 3. dabaszinātņu atklājumu līmenim pēc E. Hegartijas-Hāzeles skalas.

Iekārta un eksperiments

Iekārta ir ļoti vienkārša. Tā sastāv no polistirola glāzes ar 3 mm biežām sienām. Tās diametrs ir 90 mm un augstums 100 mm. Glāzes virspuse un apakša ir noklāta ar siltuma izolācijas slāni, kas izgatavots no putu polistirola. Caur augšējo izolācijas slāni glāzē ievietoti divi temperatūras sensori. Tie atrodas pie glāzes simetrijas ass, viens pašā glāzes apakšā, bet otrs – ūdens virskārtā (skat. 4. attēlu). Sensori ir pievienoti „Data Harvest” Easy Sense Q3 datu uztvērējam, kurš tālāk pievienots datoram. Šis datu uzkrājējs ir speciāli veidots pamatskolām. Noderēs arī Djuāra trauks jeb termoss ar aptuveni 1 litra tilpumu, kurā ir 0°C temperatūrā (neliela ūdens daļa var atrasties arī sasalušā stāvoklī).

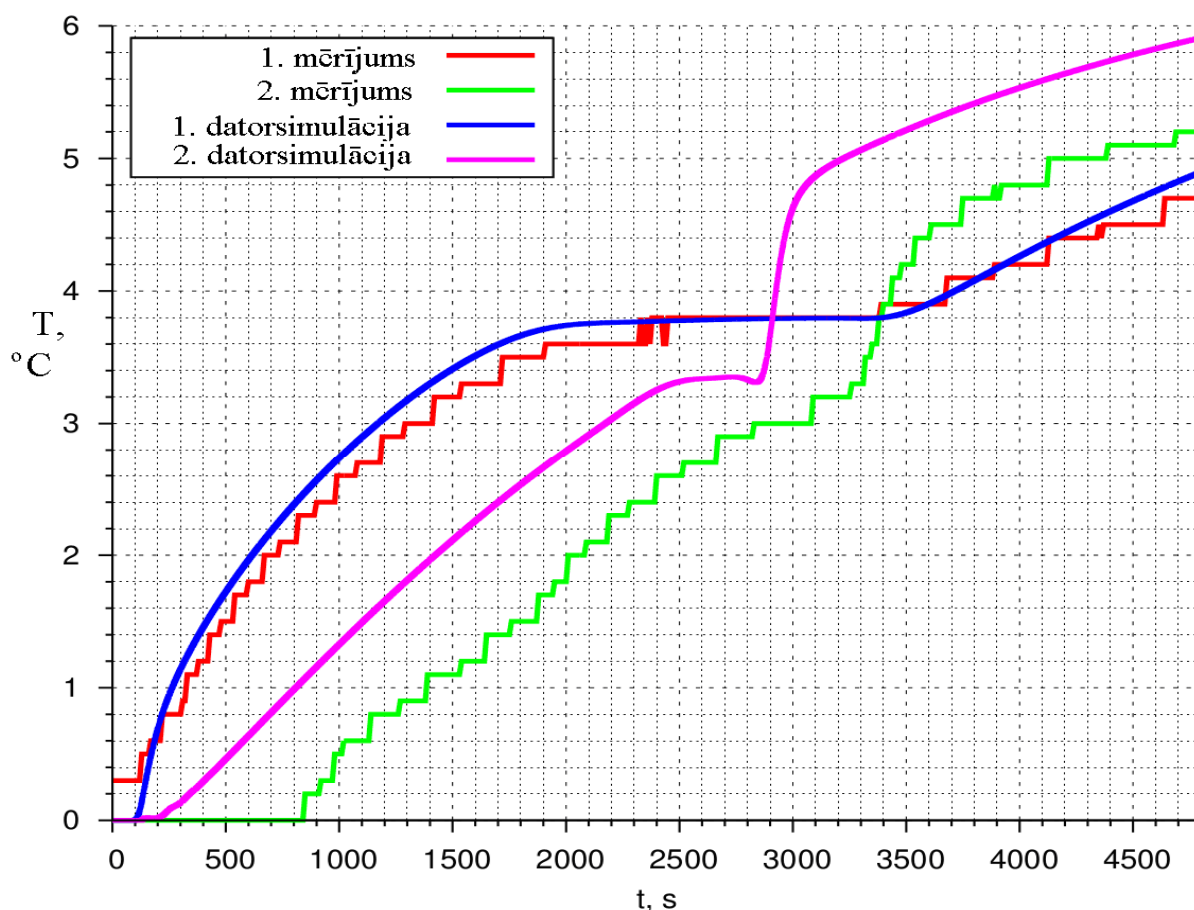
Ielejam šo ūdeni glāzē (bez ledus), uzliekam vāciņu ar siltuma izolāciju un sensoriem, un nekavējoties palaizām mērīšanas programmu. Ja vēlamies, lai ūdens glāzē siltu ātrāk, glāze jāiegremdē lielākā traukā ar siltu ūdeni. Tas palīdz arī labāk novērtēt ūdens silšanas nosacījumus, ja vēlamies analizēt procesu skaitliski vai arī salīdzināt rezultātus ar datormodelēšanu. Ja mērījumi jāveic ilgstoši un precīzi, iekārta jāievieto ledusskapī ar temperatūru nedaudz virs 0°C. Tas mazina nevēlamo sensoru sildīšanu no augšas, tai skaitā caur to kabeļiem. Ja vēlamies mērījumus sākt pēc iespējas tuvāk 0°C, visi piederumi pirms eksperimenta arī jāatdzesē ledusskapī.



4. attēls. Eksperimenta iekārta labi kontrolētai ūdens sildīšanai.

Rezultāti

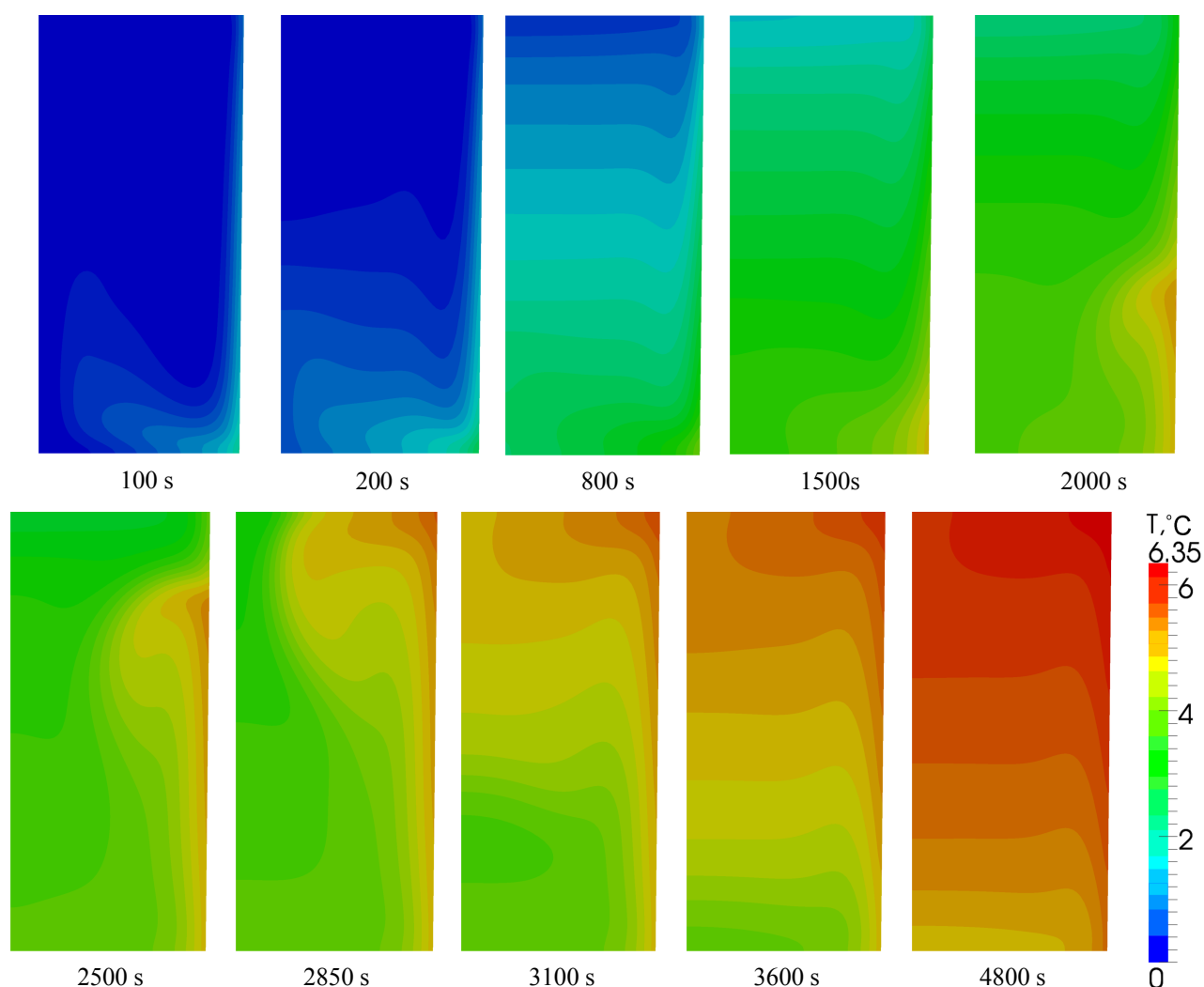
Lai pētītu lēnu un labi kontrolētu ūdens sasilšanu, glāze ar ledusaukstu ūdeni jāiegremdē lielākā traukā ar ūdeni 7°C temperatūrā. Eksperimenta rezultāti ir redzami 5. attēlā kopā ar datormodelēšanas rezultātiem. Kā vieniem, tā otriem rezultātiem līkne numur 1 atbilst ūdens temperatūrai glāzes dibenā, bet līkne numur 2 – ūdens virskārtā.



5. attēls. Eksperimentāli izmērītā un datorā modelētā (Open FOAM) lēnā ūdens sasilšana glāzē, kura iegremdēta lielākā traukā ar ūdeni 7°C temperatūrā. Kā vieniem, tā otriem rezultātiem līkne numur 1 atbilst ūdens temperatūrai glāzes dibenā, bet līkne numur 2 – ūdens virskārtā.

Balstoties uz veselo saprātu, rezultātus var interpretēt sekojoši: Kad ielejam ledusauksto ūdeni glāzē un apsedzam to, daļa ūdens ir jau nedaudz uzsilusi. Tā kā tā ir blīvāka, tā ieņem vietu glāzes dibenā. Sākot eksperimentu, glāzes sienas ātrāk silda ūdeni sānos, centrā ūdens silst. Skatoties uz abām līknēm kopā, var secināt, ka sānos ātrāk uzsilušais ūdens pirmajās minūtēs kļūst blīvāks un virzās lejup gar glāzes sānu sienām līdz pēc 100 sekundēm sasniedz apakšējo sensoru. Sasilušais ūdens krājas glāzes dibenā, bet vēsākais ūdens no glāzes dibena ceļas augšup glāzes centrālajā daļā (tuvu glāzes simetrijas

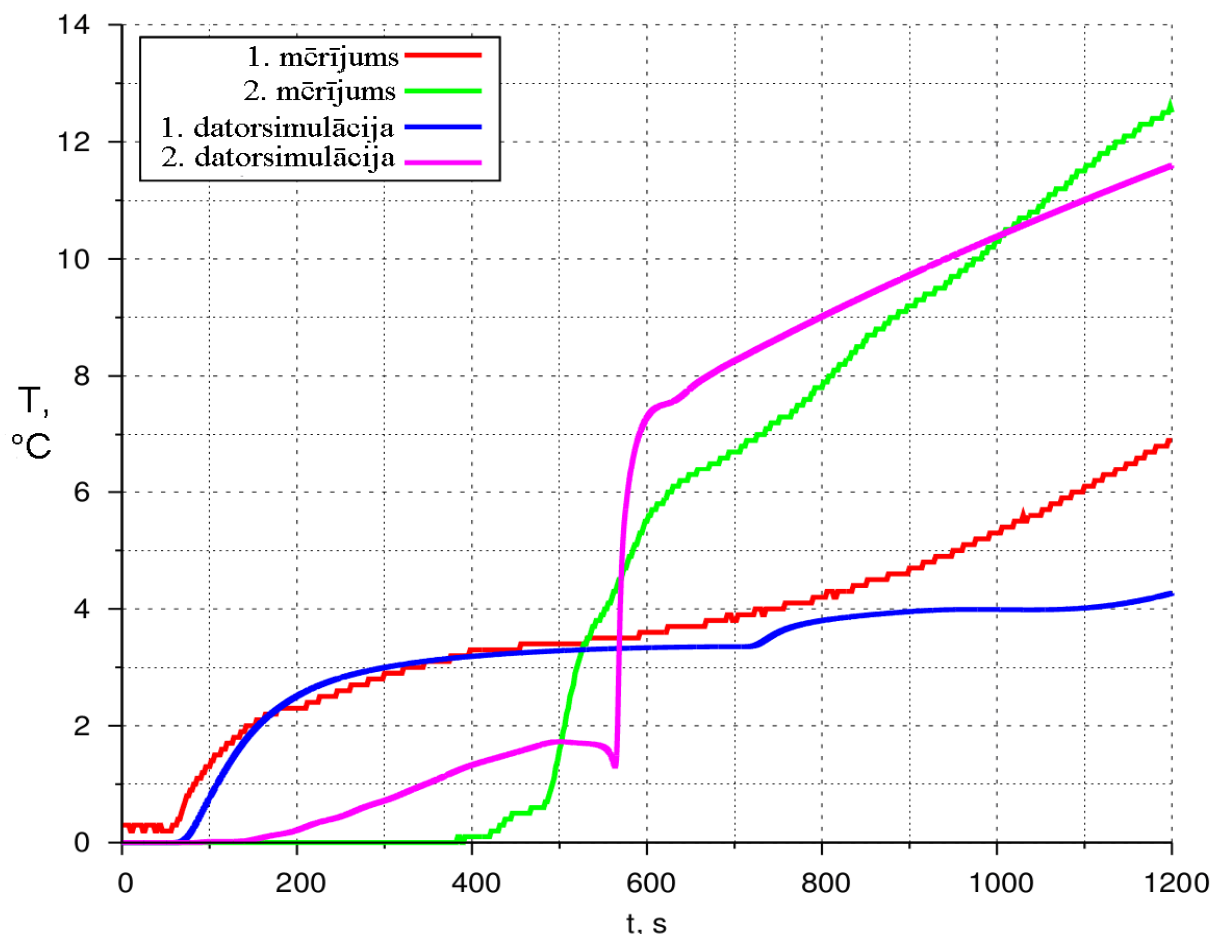
asij). Turpmāk arvien vairāk un vairāk sasilušais ūdens pārvietojas uz leju gar glāzes sāniem. Ūdens temperatūra glāzes dibenā no 100. līdz 2000. sekundei strauji pieaug, līdz sasniedz 4°C . Šis sasilušais ūdens krājas vairākas minūtes glāzes dibenā, veidojot arvien biezāku slāni. Tad ūdens temperatūra glāzes sānos pārsniedz 4°C , un sākotnējā ūdens kustība izbeidzas. Sākas ļoti strauja temperatūras paaugstināšanās ūdens virskārtā. Turpmāk siltākais ūdens gar glāzes sāniem virzās augšup, sasniedzot augšējo sensoru 3400. sekundē (modelēšanā 2900. sekundē). Bet vēsākais ūdens pārvietojas lejiup gar centrālo asi, samazinot apakšējo ūdens slāni ar temperatūru 4°C , līdz 3700. sekundē šis slānis izzūd. Turpinoties procesam, augšējais slānis kļūst arvien siltāks, apakšējā slāņa silšana atpaliek. Viss liecina par to, ka ūdens blīvums ir vislielākais 4°C temperatūrā, jo katram skaidrs, ka akmens grimst uz leju, bet burbulis ceļas uz augšu.



6. attēls. Modelēšanas rezultāti: ūdens temperatūru sadalījums dažādos laika momentos. Laiks no lēnā eksperimenta sākuma parādīts zem katra glāzes labās puses šķērs griezuma. Katra attēla kreisā mala atbilst glāzes centrālajai asij. Neparādītās šķērs griezuma kreisās puses ir aksiāli simetriskas.

Kad esam nonākuši pie šādiem secinājumiem, skolēniem var piedāvāt iepazīties ar tādas precīzas skaitliskās modelēšanas rezultātiem, kādu lieto inženieri. Tie var dot pētāmā procesa papildus izpratni un vēl labāk motivēt skolēnus. Primitīvas multiplikācijas un datorsimulācijas, ko dažkārt lieto skolās, ir mazāk vērtīgas par paša procesa vērošanu. Šeit precīzākai rezultātu interpretācijai ir izmantota skaitliskie hidrodinamikas aprēķini. Tādā veidā iegūtas ne vien aprēķinātās līknes (skat. 5. attēlu), bet arī ūdens temperatūru sadalījums dažādos laika momentos (skat. 6. attēlu) Šis sadalījums arī apstiprina mūsu spriedumu. Tomēr šī sadalījuma attēlos vērojami arī ūdens virpuļi, kuri neietilpa mūsu domās veiktajā kvazistatiskajā tuvinājumā. Izteiktāk šīs turbulences ir vērojamas, ja ūdens sildīšana notiek straujāk.

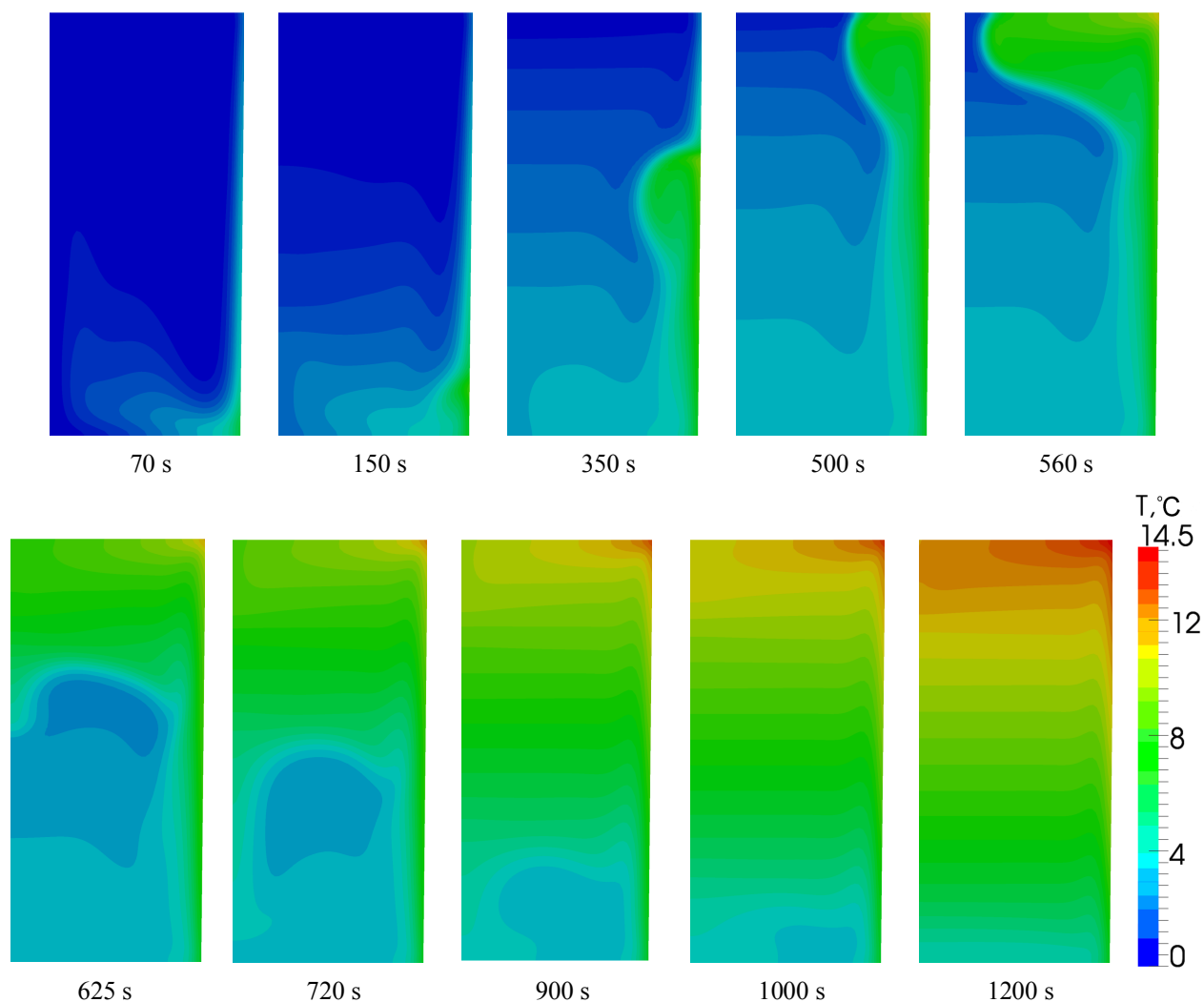
7. attēlā redzamās līknes ir iegūtas, iegremdējot auksta ūdens glāzi ūdenī ar 25°C temperatūru. Šādā eksperimentā apakšējās ūdens temperatūras līknes plato 4°C temperatūras tuvumā nav tik izteikts. Turpretī augšējā ūdens slāņa temperatūra paliek nemainīga relatīvi



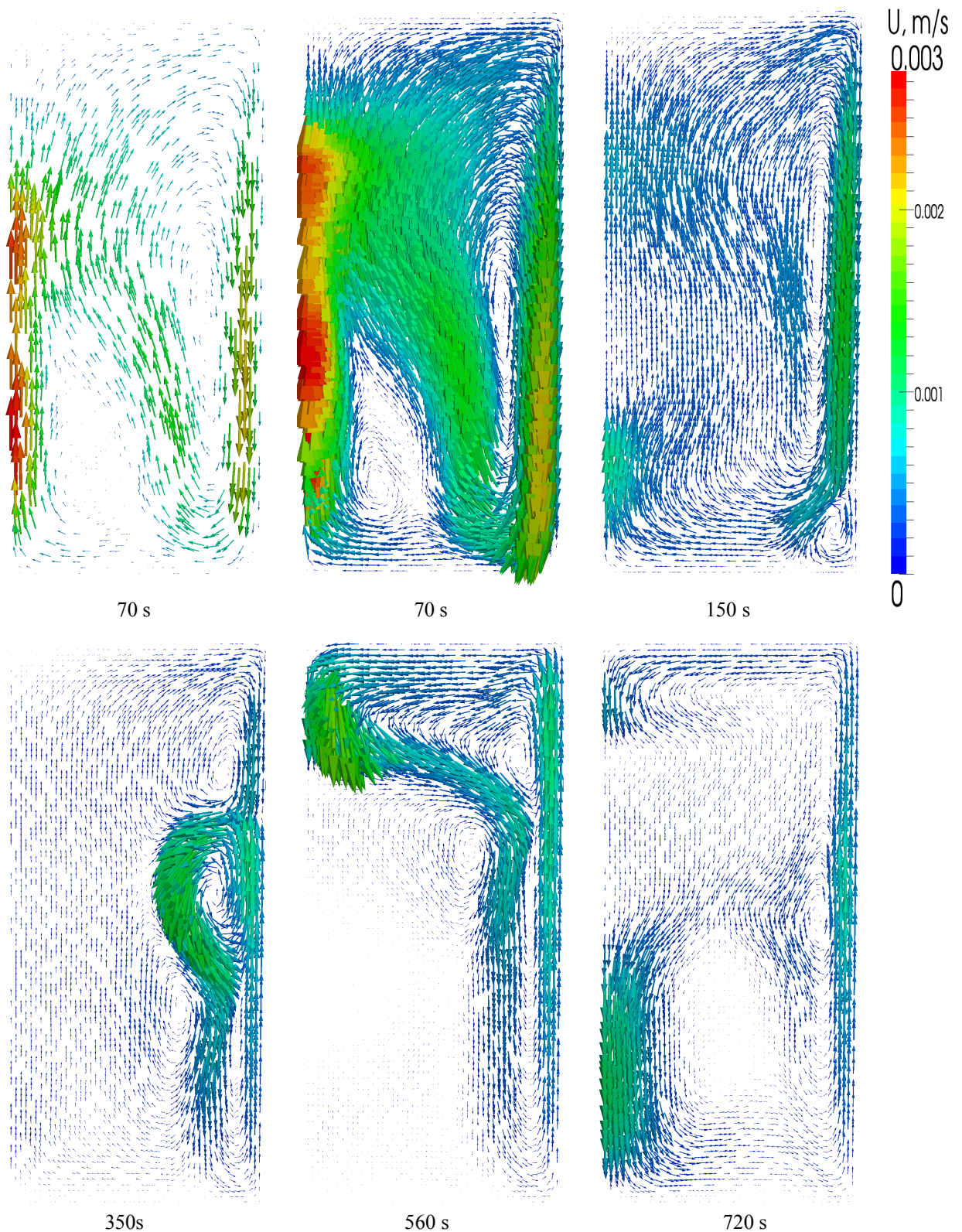
7. attēls. Eksperimentāli un datormodelēšanā iegūtie rezultāti, aukstu ūdens glāzi iegremdējot lielākā traukā ar ūdens temperatūru 25 °C. Kā vieniem, tā otriem rezultātiem līkne numur 1 atbilst ūdens temperatūrai glāzes dibenā, bet līkne numur 2 – ūdens virskārtā.

ilgāku laiku. Datormodelēšanas rezultātos mēs varam redzēt, ka glāzes dibenā ir noticis neliels, bet straujšs temperatūras lēciens, kad sasniegta gandrīz 4°C temperatūra. Pēc tam līknes plato turpinās nedaudz augstākā līmenī vēl 300 sekundes. Šis divvainais līknes izliekums kļūst saprotams, kad aplūkojam datorā veiktās skaitliskās hidrodinamikas modelēšanas rezultātus, kuros redzamas ūdens temperatūras un ātrumu sadalījuma izmaiņas laikā (skat. 8. un 9. attēlu).

8. un 9. attēlā redzam, kas notiek 150. sekundē kopš eksperimenta sākuma. Glāzes sānu sienām vistuvāk esošais ūdens slānis, sasniedzot glāzes dibenu, sāk celties atkal augšup, jo tā temperatūra ir pārsniegusi 4°C. Virzoties augšup gar pašu glāzes malu, tas saduras ar pretējo straumi, kas mazliet tālāk no glāzes malas arvien vēl virzās leju. Šajā sadursmē rodas virpulis, kurš ceļas arvien augstāk un kļūst arvien lielāks un spēcīgāks. Aiz virpuļa ir



8. attēls. Datormodelēšanas rezultāti: ūdens temperatūru sadalījums dažādos laika momentos kopš sildīšanas sākuma ātrajā eksperimentā, kuri norādīti zem katra attēla. Attēli ir katras glāzes labās puses šķēsgriezumi. Katra attēla kreisā mala atbilst glāzes centrālajai asij. Neparādītās šķēsgriezuma kreisās puses ir aksiāli simetriskas.



8. attēls. Datormodelēšanā iegūtie ūdens pārvietošanās ātruma sadalījumi dažos ātrā eksperimenta laika momentos, kas norādīti zem katra attēla. Attēli ir katras glāzes labās puses šķērsgriezumi. Vektoru garumi attēlo ūdens pārvietošanās ātrumu. Ātrumi ir vislielākie pašā eksperimenta sākumā. Tādēļ pirmais attēls ir izveidots kā otrā attēla dublikāts, bet ar mazāku vektoru skaitu nekā visos pārējos attēlos.

izveidojušās divas viena otrai pretējas ūdens straumes. Sānu sienām tuvākais slānis virzās augšup, kamēr no sānu sienām nedaudz tālākais slānis turpina virzīties lejup. 500. sekundē virpulis sasniedz ūdens virskārtu un 560. sekundē – arī augšējo sensoru, kura temperatūras līkne piedzīvo strauju lēcieni augšup. 720. sekundē šis virpulis sasniedz arī apakšējo sensoru, veidojot mazo, bet straujo temperatūras lēcieni datormodulēšanā iegūtās līknes plato vidusdaļā, kā tas ir redzams 7. attēlā. Šim nelielajam temperatūras lēcienam visdrīzāk tomēr ir stohastisks raksturs. Vairākkārtīgi atkārtojot eksperimentu, biežāk ir sastopami vairāki mazāki lēcieni. Sildot ūdeni straujāk, tie kļūst arvien izteiktāki.

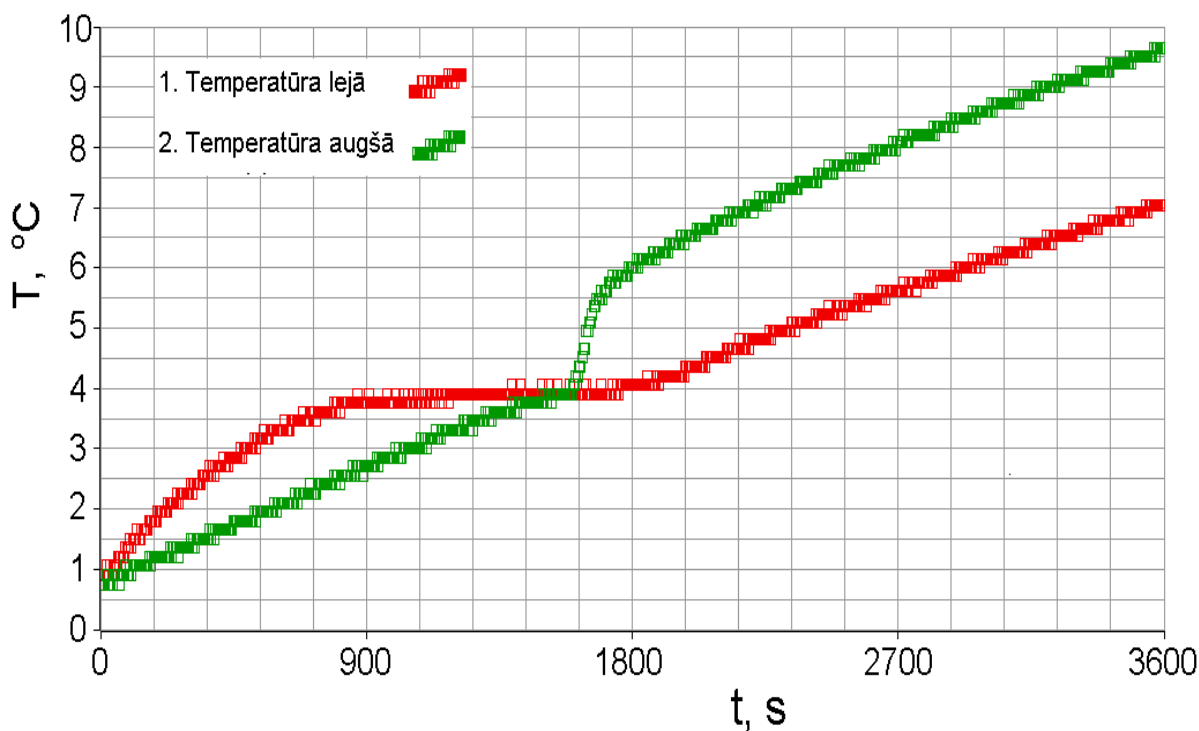
Vienkāršotais eksperimenta variants



9. attēls. Šāda vienkārša polistirola mērkrūze ir pietiekoši laba procesa demonstrēšanai.

Ja nevēlamies analizēt skaitliski eksperimenta rezultātus vai salīdzināt tos ar datormodelēšanas rezultātiem, tādā gadījumā mums nav jāzina eksperimentā ūdenim pievadītais siltuma daudzums. Tad eksperiments kļūst ļoti viegli veicams. Mēs piepildām uz galda atrodošos glāzi vai krūzi, kuras tilpums ir aptuveni 0,5 l, ar ledusaukstu ūdeni no termosā. Ja krūzes apakšā ir maza maliņa, kas tur krūzes dibenu kaut nelielā attālumā no galda, tad papildus siltuma izolācija apakšā nav nepieciešama (skat. 10 attēlu). 11. attēlā redzamas līknes, kas iegūtas ar šādu polistirola mērkrūzi, kas mācību stundas laikā novietota uz skolotāju galda. Gaisa temperatūra telpā bija 21 °C. Tās parāda lielisku temperatūras plato glāzes dibenā un temperatūras lēcieni ūdens augšējā slānī. Un tas nekas, ka gaiss glāzes

sienu tuvumā atdziest, un tās noraso, ja gaiss ir mitrs. Ja līknes nav jā rāda uz lielā ekrāna to iegūšanas laikā, sensoru vietā var lietot vienkāršus spirta vai dzīvsudraba termometrus. Tie tikai jānostiprina, lai nekustētos eksperimenta laikā. Šāds variants ir lietojams skolēna individuālā izglītojoši zinātniskā pētījumā. Mērkrūzi var pat neapstāt ar siltumizolējošo materiālu, ja vien to nelieto kā ērtu termometra turētāju. Var pat iztikt ar vienu pašu termometru vispār bez tā turētāja, lai mēritu temperatūru glāzes vai mērkrūzes dibenā.



10. attēls. Ūdens sasilšana vienkāršā krūzē uz skolotāja galda, kad gaisa temperatūra klasē ir 21°C (vienkāršotais eksperimenta veids).

Secinājumi

Tomēr šī ūdens īpatnība ir izpētāma arī daudz vienkāršākiem līdzekļiem. Eksperimentu tā vienkāršotajā versijā var rādīt kā interaktīvu demonstrējumu vidusskolās un augstskolās visā nodarbības laikā. Ik pēc brīža var pievērst uzmanību jauniegūtajiem līkņu posmiem, iesaistot studentus diskusijā, eksperimenta tālākās gaitas prognozēšanā un rezultātu analizēšanā, tādējādi nodrošinot aktīvo mācīšanos. Sevišķi vērtīgi ir veicināt „lēno” domāšanu un aizvadīt studentu veikto eksperimenta analīzi līdz pareiziem secinājumiem [3]. Pēc tam var parādīt arī modelēšanā iegūtos temperatūras un ātruma sadalījumus kā līdzīga eksperimenta analīzi.

Ja eksperimentu piedāvā studentiem individuālai izglītojoši zinātniskai pētniecībai, tad svarīgs lēno radošo domāšanu veicinošs posms ir paša eksperimenta izveide. Parasti tieši šī izveide izrādās vislielākais izaicinājums studenta radošo spēju attīstībai. Un līdz ar to arī

labākā iespēja pilnveidot nepieciešamās prasmes un iemaņas, kuru lietošana palīdz tikt pie patiesi dziļas izpratnes. Studentam bez analītiska prāta jāattīsta arī gribasspēks un pat drosmē, lai spētu atteikties no ātrās domāšanas vilinošā kārdinājuma tik vienkārši mērīt tilpuma izmaiņas, kuras šajā gadījumā skolā nemaz nav izmērāmas. Skolotājam šādā situācijā visuzmanīgāk jāraugās, lai students no bezcerības neapstātos savā pētniecībā, jāatbalsta un jāapspriež katra radoša ideja. Tomēr arī jāizvairās pārāk ātri un par daudz pateikt studentam priekšā, tā laupot viņam tik lieliskās attīstības iespējas. Drīzāk pakāpeniski jāuzdod daudz vienkāršu un draudzīgu jautājumu, atbildes uz kuriem aizved pie pareizā risinājuma.

Un nu aplūkosim dažas jaunas ieceres, kas var noderēt gan Valsts fizikas olimpiādē, gan Jauno fiziķu skolā. Tās var noderēt arī studentiem fizikas lekcijās, ja tos pasniedz kā interaktīvus demonstrējumus, kā arī laboratorijas darbos. Piemēram, heterohromā flikera metode [57] varētu ieinteresēt medicīnas studentus, kas tagad lielā skaitā klausās lekcijas mūsu fakultātē, un pievērst viņu uzmanību emisijas un absorbcijas spektriem.

Lietojot šajā darbā apkopotos uzdevumus un publikācijas un arī citus eksperimentus, fiziku var pasniegt daudz aktīvāk ne vien skolēniem, bet arī studentiem. Piemēram, demonstrējot atsperes svārstu ar uzspiedējspēku, kopīgi var uzzīmēt fāzu starpības atkarību no uzspiedējspēka frekvences, lietot analogiju, lai apspriestu optisko dispersiju (normālo un anomālo), saprast, kādās frekvencēs materiāli parasti ir caurspīdīgi, kādās nav. Tad var demonstrēt 3cm viļņu interferenci (5. demonstrējums 12. klasei), apspriežot fāzu nobīdes. Tālāk ar Cool Edit Pro programmu var aplūkot svārstību saskaitīšanas gadījumus, iestatot dažādas noteiktas fāzu nobīdes. Tad var pāriet pie perpendikulāru svārstību saskaitīšanas, demonstrēt arī Hladnija figūras. Tad var saskaitīt perpendikulāras svārstības, attēlojot tās ar lāzera staru uz lielā ekrāna, aplūkot Lisažū figūras. Tālāk var atgriezties pie 3cm viļņiem un demonstrēt dubultlaušanu un apspriest iespējamus variantus. Pēc tam var demonstrēt dubultlaušanu anizotropos kristālos un elektrooptiskajā segnetokeramikā [58-60], varbūt pat apskatīt tuvāk šādus materiālus [61, 62], tad var demonstrēt līdzīgus eksperimentus ar šķidrājiem kristāliem, iekļaujot arī datoru LC monitorus. Tādā veidā var iepazīstināt arī skolēnus un skolotājus ar diezgan sarežģītām lietām, vienlaicīgi padarot fiziku interesantāku un rosinot darboties pašiem.

Par iekšējās (motivācijā) un ārējās (eksperimenta veikšanā) nepastarpinātības piemēru var kalpot šāds uzdevums:

Noskaidrot, kādas krāsas gaisma veidojas, ja sajaucam sarkanās un zilās mirdzdiodes gaismu tādās intensitātēs, kas Jums subjektīvi rada vienādi spožas gaismas sajūtu! Jāpiedāvā izgatavot ierīce gaismas sajaukšanai, piemēram, no diviem caurspīdīga organiskā stikla stabiņiem ar matētu virsmu, vai arī no pingponga baltajām bumbiņām.

Šeit noteikti jāpasaka priekšā, ka gaismu sajaukuma krāsu var ieraudzīt ne tikai spīdinot tās vienlaicīgi, bet arī ļoti ātri pārmaiņus. Tālāk skolēniem ir lieliska iespēja atmiņā sameklēt un atlasīt nepieciešamo informāciju (piemēram, kinofilmām standarta kadru skaits sekundē ir 24, acs tīklenes nūjiņām ātrdarbība ir lielāka nekā vālītēm.

Ja nepieciešams, var pavēstīt, ka, piemēram, „zilo” vālīšu tīklenē ir tik maz, ka to noteikti nepietiek, lai izveidotu attēlu. Attēls veidojas smadzenēs no nūjiņu sniegtās informācijas, bet vālītes var tajā attiecīgajiem laukumiem likt iekrāsoties zilā krāsā.

Vēlams, lai jaunieši paši izmēģina gaismas sajaukšanu, mainot tās ar dažādām frekvencēm un paši sameklē frekvenci, kas būtu „pa zobam” nūjiņām, bet pārsniegtu vālīšu ātrdarbību. Tad, mainot gaismas intensitāšu attiecību, var patstāvīgi atklāt heterohromā flikera metodi.

Pēc tam interesentiem var piedāvāt veikt izglītojoši zinātnisko pētniecības darbu, izpētot savu, kā arī draugu un tuvinieku acu tīklenes dzeltenā plankuma pigmentu koncentrācijas atšķirības, kā tas ir piedāvāts publikācijā [57]. Šādā darbā vienīgais mērinstruments ir pati pētāmā acs. Jauniešiem tikai jāiedod mirdzdižu emisijas un pētāmo proteīnu absorbcijas spektri [63], pateicoties kuriem tīklenes centrālā daļa ir aizsargāta [64, 65].

Tomēr ar gadiem cilvēkam šī aizsardzība var pasliktināties [66, 67]. To var noteikt, izmantojot selektīvu absorbciju vai luminiscenci [68-70]. Bet otra metode ir šī un līdzīgā minimālās kustības ilūzijas metode [71-73]. Tās abas balstās uz spektrāli atšķirīgu gaismu mīšanos un redzes spēju tās uztvert kā vienādi spožas [74, 75]. Šādiem mērījumiem ir izveidotas dažādas iekārtas [76, 77].

Jāņem vērā, ka zeaksantīns dominē tikai pašā dzeltenā plankuma centrā [78]. Tā kā šo proteīnu absorbcijas spektri ir nedaudz atšķirīgi, tos var atšķirt. Kā gaismas jaucējus var lietot iekšējo gaismu izkliedējošus organiskā stikla stabiņus [79] un mirdzdiodes ar nedaudz atšķirīgiem spektriem [80].

4.2.2. Uzdevumu strukturēšana, veidojot tos daudzslāņainus

Veidojot olimpiādes eksperimentāli veicamos uzdevumus un eksperimentu demonstrējumu uzdevumus tie atbilstoši jāstrukturē, padarot tos daudzslāņainus, bet tomēr nepasakot par daudz priekšā. Ļoti būtiski ir atrast robežu, cik izskaidrot, aprakstot situāciju, un cik iespēju atstāt skolēna paša radošai darbībai.

Aplūkosim skolēnu, Jauno fiziķu skolas apmeklētāju atbildes uz jautājumu “Vai eksperiments Jums izdevās?”, kas uzdots pēc labi strukturēta, taču nepietiekoši skaidri izklāstīta nepastarpināta eksperimenta veikšanas.

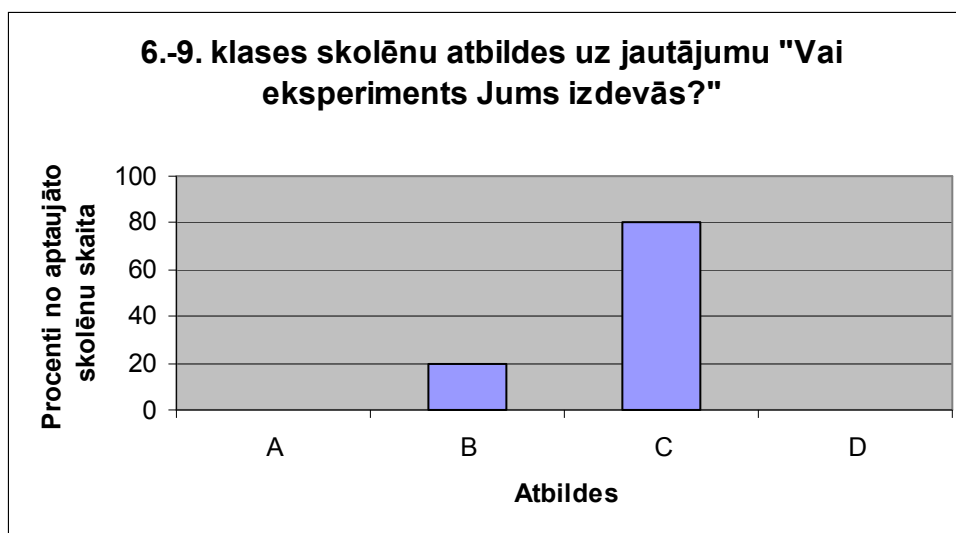
Skolēniem piedāvātie atbilžu varianti:

- A. Izdevās izmēģināt vairāk, nekā piedāvāts uzdevumā.
- B. Izdevās viss, kas bija uzdots.
- C. Izdevās daļēji.
- D. Nekas neizdevās.

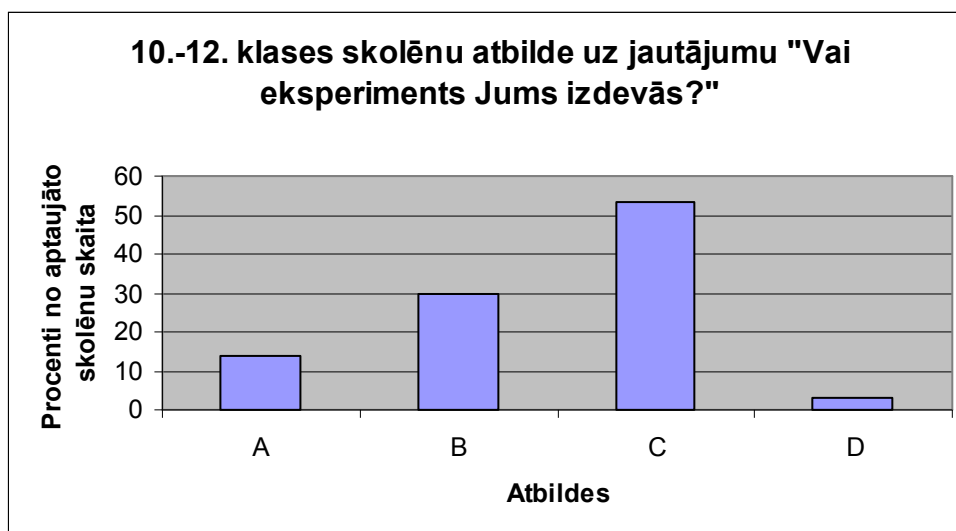
Aplūkojot pamatskolēnu sniegto atbilžu apkopojumu (skat. 12. attēlu), redzam, ka 80% skolēnu pateicoties labai uzdevuma struktūrai tomēr izdevās daļēji to veikt, bet 20% skolēnu pat pilnībā izdevās. Nebija neviena skolēna, kuram nekā nebūtu izdevies. Ja uzdevums būtu rūpīgāk paskaidrots, atbilžu B un C daudzumi varētu būt vienādi.

Skatot vidusskolēnu atbilžu apkopojumu (skat. 13. attēlu), redzam, ka lielāka ir daļa skolēnu, kuriem viss, kas bija uzdots, izdevās. Šajā klašu grupā bija arī 15% skolēnu, kuriem izdevās izmēģināt pat vairāk, nekā piedāvāts uzdevumā. Un tikai niecīgai daļai skolēnu nekā neizdevās.

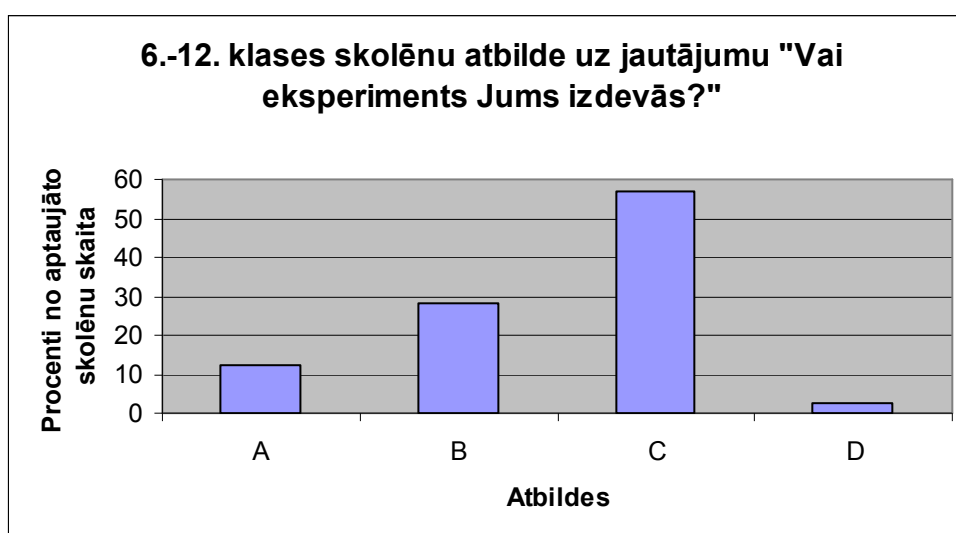
Līdzīga aina vērojama, raugoties uz visu skolēnu atbilžu apkopojumu (skat. 14. attēlu). Tas liecina, ka labi strukturēts uzdevums ļauj lieliski novērtēt katra skolēna prasmju apguves pakāpi un netraucē gūt gandarījumu no darba arī tiem, kuriem kāda daļa no paredzētā eksperimenta neizdevās.



12. attēls. Pamatskolas skolēnu atbilžu apkopojums uz jautājumu "Vai eksperiments Jums izdevās?"



13. attēls. Vidusskolēnu atbilžu apkopojums uz jautājumu "Vai eksperiments Jums izdevās?".



14. attēls. Visu skolēnu atbildes uz jautājumu "Vai eksperiments Jums izdevās?".

Savienosim šo skolēnu vidū veikto kvantitatīvo mērījumu ar sekojošo dominējošo neatkarīgu skolotāju pausto viedokli triangulācijā, un tā nepārprotami uzrādīs uzdevumu strukturēšanas nepieciešamību.

„Uzdevumu strukturēšana ir svarīga tiem skolēniem, kuri dažreiz kādā solī mēdz kļūdīties. Analizējot uzdevuma risināšanu, var dziļāk saprast, kas izdevies labi, kas vēl jānācās, jo olimpiāde ir ne tikai sacensības, bet arī mācīšanās.”

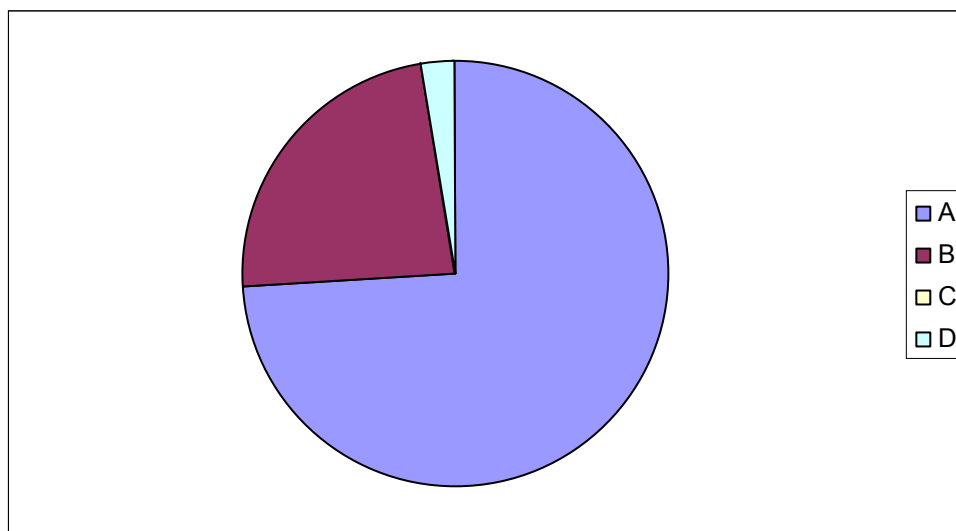
„Situācija olimpiādes uzdevumā jāizskaidro tik tālu, lai skolēns to varētu saistīt ar savu pieredzi (bet tas var būt ne tikai praktiskais, bet arī domu eksperiments). Ja skolēnam nav saķeres ar viņa pieredzi, bieži viņš padodas un atstāj uzdevumu nerisinātu.”

Un nu aplūkosim skolotāju atbilžu apkopojumu jautājumā par uzdevumu struktūru: „Vai olimpiādes uzdevumus ir atbilstoši jāstrukturē, padarot tos daudzslāņainus (daudzpakāpju), lai neveidotos situācijas, kurās visi dalībnieki ir ieguvuši maksimālo punktu skaitu vai kurās neviens nav ieguvis nevienu punktu?”

Skolotājiem piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Piekrītu pilnībā.
- B. Drīzāk piekrītu.
- C. Drīzāk nepiekrītu.
- D. Nepiekrītu.

Skolotāju atbilžu sadalījums šajā jautājumā redzams 15. attēlā.



15. attēls. Skolotāju atbildes uz jautājumu „Vai olimpiādes uzdevumus ir atbilstoši jāstrukturē, padarot tos daudzslāņainus (daudzpakāpju), lai neveidotos situācijas, kurās visi dalībnieki ir ieguvuši maksimālo punktu skaitu vai kurās neviens nav ieguvis nevienu punktu?”

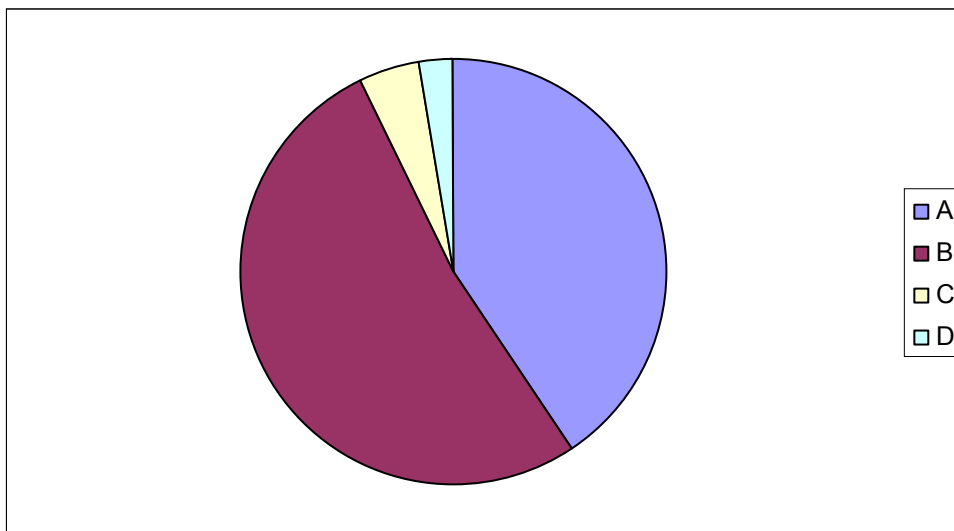
Skolotāju atbilžu apkopojums rāda, ka 73% pilnībā piekrīt uzdevumu strukturēšanas nepieciešamībai, 24% tai drīzāk piekrīt, un tikai 3% skolotāju nepiekrīt.

Tagad aplūkosim skolotāju atbilžu kopsavilkumu šādā jautājumā: „Vai būtiski ir atrast īsto robežu, cik izskaidrot, aprakstot situāciju, un cik iespēju atstāt skolēna radošai darbībai, risinot olimpiādes uzdevumu?”

Skolotājiem piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Piekrītu pilnībā.
- B. Drīzāk piekrītu.
- C. Drīzāk nepiekrītu.
- D. Nepiekrītu.

Skolotāju atbilžu sadalījums šajā jautājumā redzams 16. attēlā. 40% skolotāju pilnībā piekrīt, ka tas ir būtiski, 52% tam drīzāk piekrīt, 5% drīzāk nepiekrīt, bet 3% nepiekrīt. Lai gan mazāk pārliecinoši, tomēr arī uz šo jautājumu lielā pārsvarā ir saņemtas pozitīvas atbildes. Tas tikai ļauj tik ļoti nesatraukties (saskaņā ar 52% viedokli), ja kādreiz uzdevumu grūtības pakāpi neizdodas tik precīzi pielāgot skolēnu prasmju līmenim.



16. attēls. Skolotāju atbildes uz jautājumu „Vai būtiski ir atrast īsto robežu, cik izskaidrot, aprakstot situāciju, un cik iespēju atstāt skolēna radošai darbībai, risinot olimpiādes uzdevumu?”

Un nu raudzīsim apvienot triangulācijā šos skolotāju viedokļu kvantitatīvos mērījumus ar skolēnu olimpiādes uzdevumu risinājumu kvalitatīvo analīzi. Vispirms kā piemēru apskatīsim 11. klases 2008. gada eksperimentāli veicamo uzdevumu un tā risinājuma fragmentu.

Apēst vai sadedzināt?

Uzdevums

Noskaidro, kādā veidā no rieksta var iegūt vairāk enerģijas – apēdot vai sadedzinot? Salīdzini šos skaitļus! Pirmo no tiem var lasīt uz riekstu paciņas veikalā: “100 g enerģētiskā vērtība 2891 kJ / 699 kcal”. Otrais skaitlis jānoskaidro pašam! Apraksti, kā Tu to veici! Kāds ir Tavas iekārtas lietderības koeficients?

Darba piederumi:

- trīs lazdu rieksti, katra masa ir 0,50 g;

- trīs priedes koksnes gabaliņi, katra masa ir 0,50 g; siltumspēja 3700 kcal / kg;
- mēģene;
- mērcilindrs
- divas ūdens krūzes; ūdens īpatnējā siltumietilpība $c = 4,18 \text{ J / g} \times ^\circ\text{C}$;
- statīvs;
- sešas kniepadatas;
- kartona gabaliņš;
- sērkociņi;
- multimetrs ar temperatūras sensoru.

Risinājums

Piepildām aptuveni pusi mēģenes ar aukstu ūdeni, pirms tam izmērot tā tilpumu ar mērcilindru. Ievietojam mēģenes ūdenī temperatūras sensoru un pierakstām multimetra rādījumu. Aizdedzinām lazdu riekstu un novietojam to zem mēģenes. (7 p.)

Lai viens rieksts degtu, tas jāuzsprauž kniepadatas galā, kura izdurta caur kartona plāksnīti. (15 p.)

Vērojam multimetra rādījumus un reģistrējam lielāko no tiem. (5 p.)

Nemainot mēģenes augstumu, atkal ielejam tajā aukstu ūdeni un sildīšanai sadedzinām priedes koksnes gabaliņu. (3 p.)

Aprēķinām ūdenim pievadītā siltuma daudzumu un iekārtas lietderības koeficientu. (5 p.)

Aprēķinām rieksta izdalīto siltuma daudzumu un siltuma daudzumu, ko iespējams iegūt no 100 g riekstu. Salīdzinām to ar rakstīto uz veikala paciņas un izdarām secinājumus. (10 p.)

Novērtējam kļūdas un salīdzinām tās ar enerģiju skaitlisko atšķirību. (5 p.)

Apskatīsim risinājuma piemēru (skat. 17. attēlu). Skolēns uzdevumu ir veicis pilnībā, pat secinot vairāk, nekā prasīts. Taču neskatoties uz to, ka uzdevums izrādījās mazliet par vieglu (skat 18. attēlu), skolēni bija par to lielā sajūsmā. Fizikas nedēļā arī citu klašu skolēni ļoti vēlējās izstrādāt tieši šo darbu. Savu eksperimentatora meistarību šeit varēja parādīt, pilnībā sadedzinot riekstu vai koksnes gabaliņu, neskatoties uz parunu par vienu pagali.

Lodīte uz slīpās plaknes

Izpēti, kādā virzienā ripo stipri magnetizēta lodīte pa slīpu alumīnija plāksni, ja šīs plāksnes orientāciju telpā kopā ar kasti, uz kuras tā atrodas, maina par 360° ap vertikālo asi! Nemainīt sākotnēji uzstādīto plāksnes slīpumu (plāksnes augstākajai malai jābeidzas līdz ar kastes malu vai jābūt dažus milimetrus pāri tai)!

Darba piederumi

- Stipri magnetizēta lodīte ar aptuveni iezīmētiem magnēta poliem;
- Alumīnija plāksne, kurai apakšā palikts diagrammu papīrs novēroto kustības virzienu atzīmēšanai;
- Kaste, uz kuras plāksne atrodas, lai novērstu galda dzelzs rāmja maldinošo ietekmi;
- Paliktņi slīpuma nodrošināšanai;
- Mērlente (nelieciet pārāk tuvu eksperimenta laikā);
- Lineāls;
- Transportieris;
- Milimetru papīrs un zīmulis.

Darba uzdevumi

- Grozi kasti ar plāksni dotajā slīpumā (aptuveni 10°) ap vertikālo asi, katram no stāvokļiem ar transportieri nosakot nogāzes slīpuma orientāciju telpā;
- Katrā stāvoklī ļauj rīpot magnetizētajai lodītei pa alumīnija plāksni, atzīmē uz papīra pie plāksnes malām kustības virzienu, izrēķini un pieraksti to;
- Attēlo pēc iespējas uzskatāmāk grafikā lodītes kustības virziena atkarību no nogāzes slīpuma virziena.

Risinājums

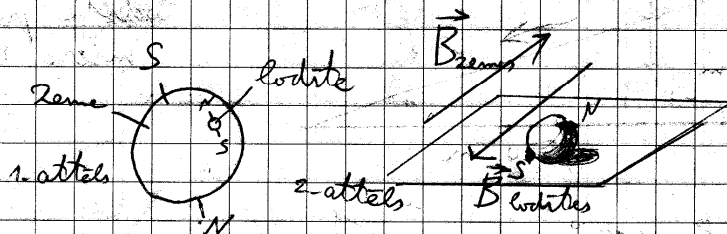
Attiecībā pret debess pusēm lodītes kustības virzienu diapazons ir nedaudz vairāk par 180° ar Ziemeļu virzienu diapazona vidū, ja slīpuma virzienu maina visā 360° diapazonā.

Ja slīpums ir uz Austrumiem $\pm 90^\circ$, lodītes trajektorija novirzās pa kreisi no slīpuma virziena. Ja slīpums ir uz Rietumiem $\pm 90^\circ$, lodīte novirzās pa labi.

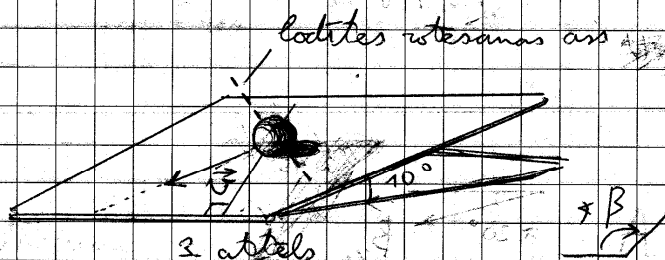
Attiecībā pret plāksni lodītes kustības virziena pārslēgšanās notiek, kad nogāzes slīpums ir uz Ziemeļiem un uz Dienvidiem. Kad plāksnes slīpumu vērš tieši šajos virzienos, lodīte uz tās vispār nekustas. Rīgā lodīte nekad neripo taisni pa slīpumu lejā. Bet Stambulā tā notiek, ja slīpums ir Austrumu vai Rietumu virzienā.

Virzienu atkarības grafiskai attēlošanai ir ļoti daudz iespējamo variantu: gan ortogonālajās, gan polārajās koordinātēs; gan attiecībā pret Zemi, gan pret plāksni, kā arī katram leņķim pret savu atskaites ķermeni.

Tā kā magnetizēta lodīte orientējas, ar savu magnētisko polu asi tieši pāriatēli Zemes magnētiskajai (1.att.) asij, tad, ja vien nogāze nav ļoti stāva, vienmēr spēka momenta dēļ tā cenšas stabili orientēties Zemes magnetiskās indukcijas vektora virzienā. Tās ir, (2.att.) horizontālā plaknē lodītes poli vienmēr saglabā vienu savu attālumu no virsmas.



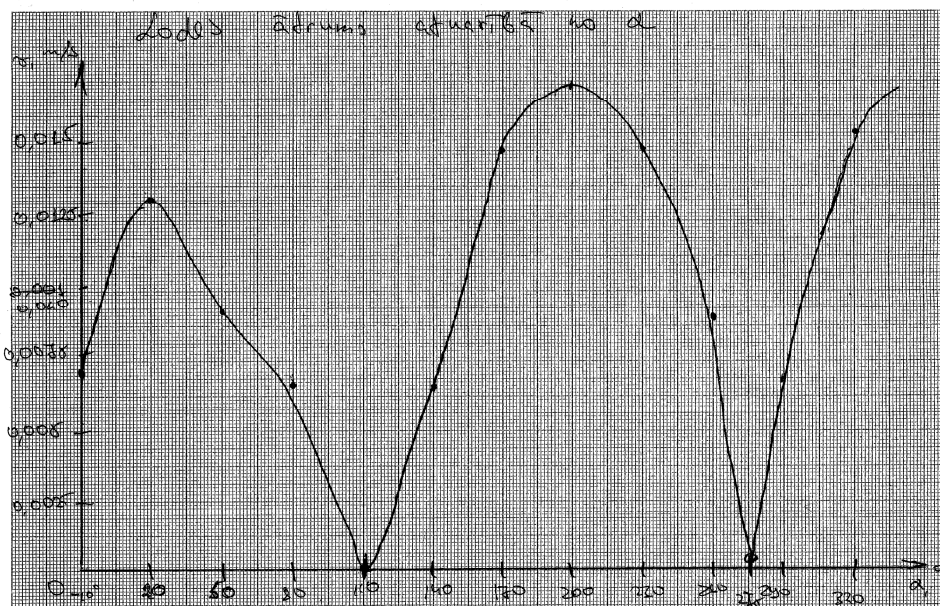
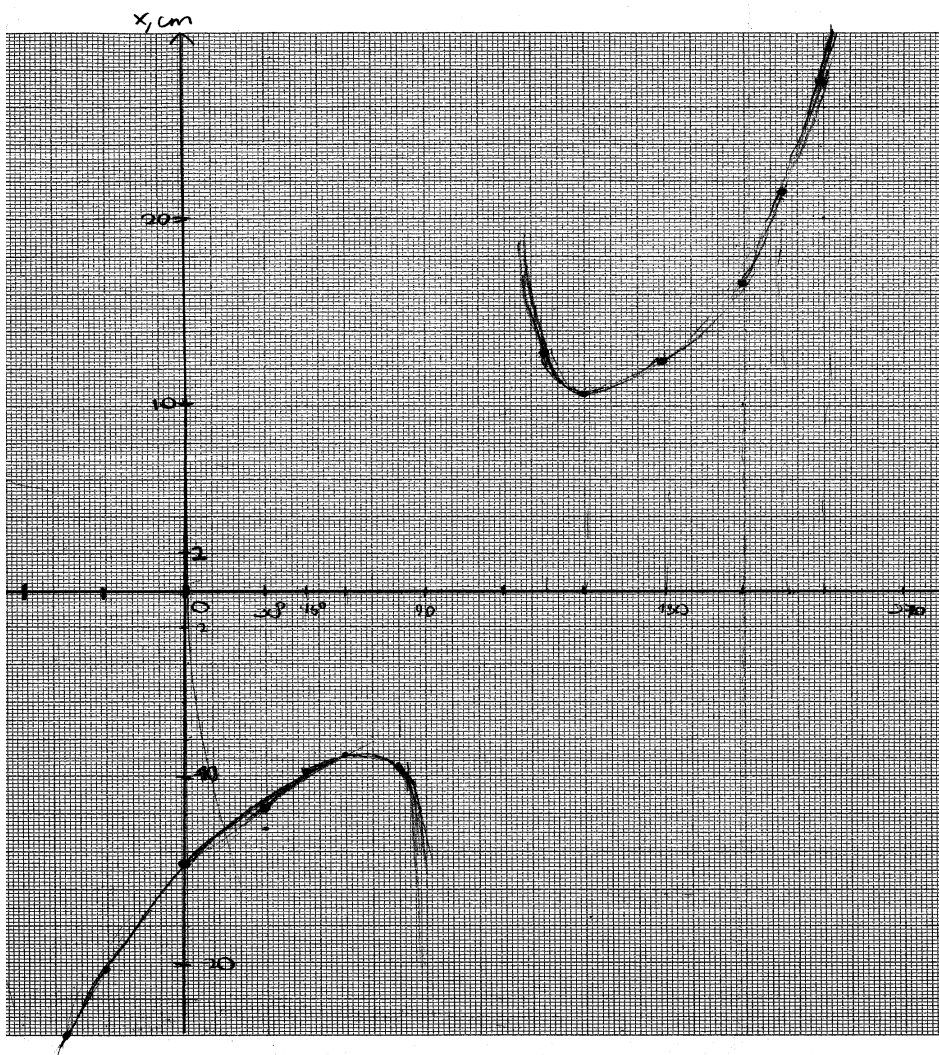
Šis paradībs dēļ veidojas savdabīga neredzama ass, uzcā stingri nostāc lodītes rotācijai, un tā ripo pa 10° slīpo plakni; lodīte šajā gadījumā var rotēt tikai ~~ap šo~~ ap šo asi. (3.att.)



Mērījumi dažādā orientācijā (* B vektora horizontāla plaknes pagriešana leņķi)

19. attēls. 12. klases skolēna 2012. gada eksperimenta demonstrējuma skaidrojums. Uzdevums bija ļoti grūts, taču, pateicoties ļoti sīkai strukturēšanai, skolēniem izdevās ievērot interesantas izpausmes un rast daudz vērtīgu atziņu.

Skaidrojot demonstrējumu, skolēni izvirza visdažādākās versijas, tajā skaitā arī patiesas. Vairāki atzīmē, ka pilnībā izprast šādu sarežģītu kustību gandrīz nav iespējams, tomēr aizrautīgi cenšas veikt vismaz dažus no piedāvātajiem pētījuma soļiem. Daudzi skolēni ir



21. attēls. 12. klases 2012. gada eksperimentālais uzdevums. Skolēns tā iededzies savā zinātkārē, ka ne vien lieliski tiek galā ar grūto uzdevumu, bet pat izpēta tādas lietas, kas uzdevumā nav prasītas.

Šis jautājums par īstās robežas atrašanu ir neizbēgami aktuāls katru gadu. Ir bijuši gadījumi, kad skolēni pēc olimpiādes izsaka nožēlu par viņiem atņemto atklājēja prieku. Bet ir bijis arī otrādi, kad skolotāji izsaka neapmierinātību ar savu lolojumu zemajiem vērtējumiem. Tas lielā mērā ir atkarīgs arī no paša uzdevuma satura. Ir tādi uzdevumi, kuros tas skaistākais, ko gribas atstāt skolēnu izglītojošajam atklājumam, ir vienlaicīgi arī ļoti grūts posms. bet, ja to pasaka priekšā, zūd viss risinājuma skaistums. Tā bija, piemēram, ar 2009. gada eksperimentāli veicamo uzdevumu 11. un 12. klasei.

Var droši secināt, ka, veidojot olimpiādes eksperimentāli veicamos uzdevumus un eksperimentu demonstrējumu uzdevumus, to formulējumi ir jāstrukturē atbilstoši uzdevumu saturam un skolēnu gaidāmajam iemaņu, prasmju un zināšanu līmenim, padarot tos daudzslāņainus, norādot galvenos darbības soļus, bet tomēr nepasakot par daudz priekšā. Ļoti būtiski ir atrast robežu, cik izskaidrot, aprakstot fizikālo parādību, un cik iespēju atstāt skolēna radošai darbībai.

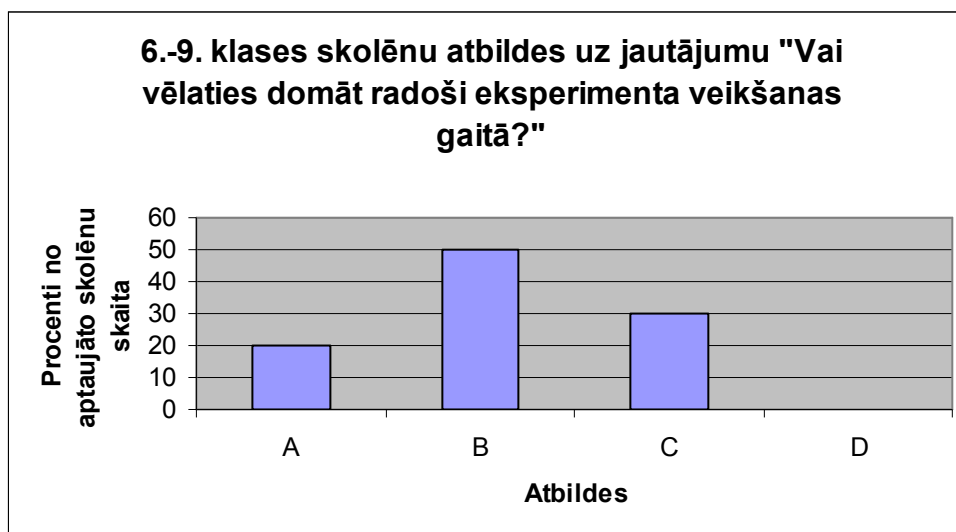
4.2.3. Dabīgās zinātkāres kā labākās motivācijas “iedarbināšana”

Tiešie, nepastarpinātie eksperimenti arī spējīgākajiem skolniekiem būtiski „iedarbina” dabīgo zinātkāri, kas nodrošina ne vien iekšēju, bet arī tiešu, nepastarpinātu motivāciju pašam radīt jaunus eksperimentu formulējumus un kombinēt vairākus eksperimentus sava pētījuma veikšanai, neļaujot ieslīgt pašapmierinātībā.

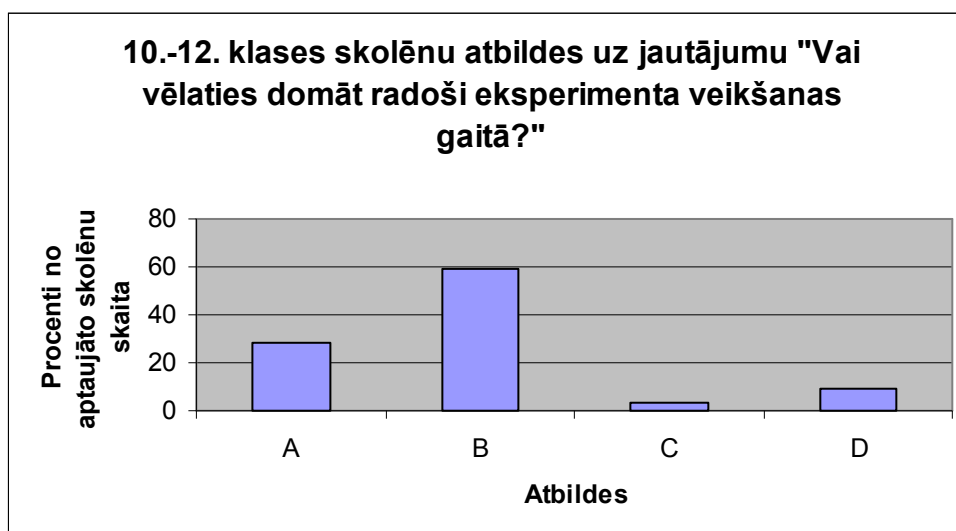
Tagad aplūkosim kvantitatīva mērījuma rezultātus, kas iegūti, anketējot jauno fiziķu skolas dalībniekus un apkopojot iegūtos rezultātus. Jautājumam “Vai vēlaties domāt radoši eksperimenta veikšanas gaitā?” skolēniem ir piedāvāti sekojoši atbilžu varianti:

- A. Jā, vislabāk man patīk pašam veidot un kombinēt eksperimentus.
- B. Jā, reizēm, kad tas izdodas.
- C. Gandrīz nekad.
- D. Man patīk tikai eksperimenti, kur viss eksperimentā darāmais ir norādīts priekšā.

Pamatskolas skolēnu atbilžu apkopojums uz šo jautājumu ir redzams 22. attēlā. Tas liecina, ka skolēnu vairumam patīk eksperimenta veikšanas laikā domāt radoši. Vislielākajai skolēnu daļai (50%) patīk, protams, izraisīt tāds process, kurš pašam labi izdodas. Taču arī pretējs rezultāts nespēj sarūgtināt 20% skolēnu un apslāpēt dabīgo zinātkāri. 30% skolēnu gan šādi radošuma uzplūdi gadās ļoti reti. Protams, ka nevienam radošam, zinātkāram cilvēkam nepatīk akli sekot instrukcijām un izpildīt tikai tās darbības, kas uzrakstītas priekšā. Varam secināt, ka pamatskolēniem tieši, nepastarpināti kontakti ar pētāmo parādību eksperimenta laikā tiešām rosina zinātkāri un radošo domāšanu.



22. attēls. Pamatskolas skolēnu atbildes uz jautājumu “Vai vēlaties domāt radoši eksperimenta veikšanas gaitā?”.

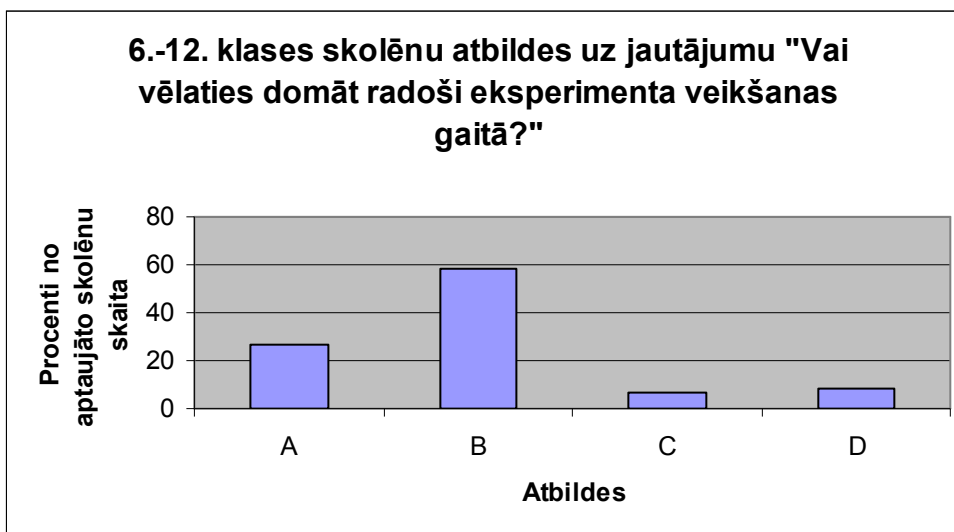


23. attēls. Vidusskolēnu atbildes uz jautājumu “Vai vēlaties domāt radoši eksperimenta veikšanas gaitā?”.

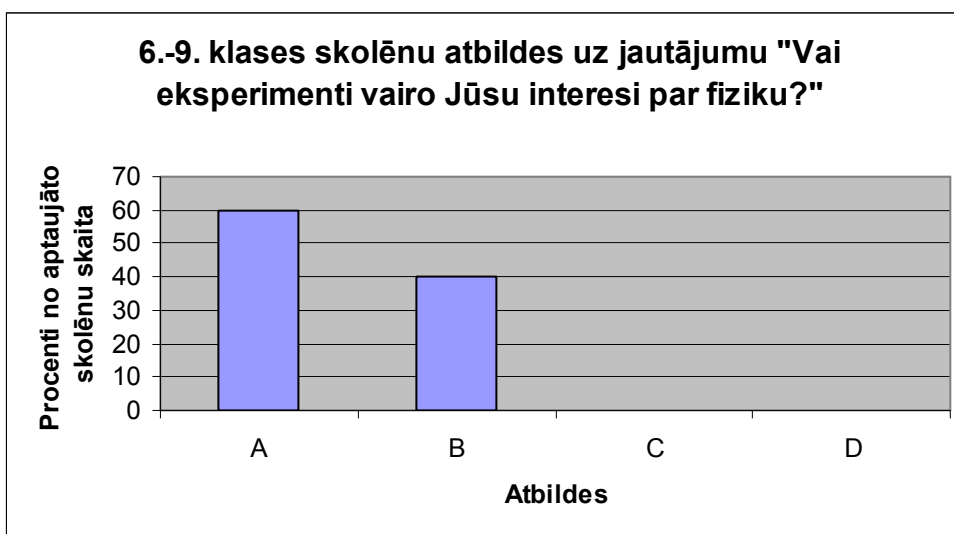
Tagad aplūkosim, kā uz šo jautājumu ir atbildējuši vidusskolēni (skat. 23. attēlu). Kopumā atbildes ir vēl pārliecinošāk apstiprinošas. Tomēr ir parādījušies daži skolēni, kam eksperimentā patīk darīt tikai to, ko viņiem liek. Varbūt viņos dabīgā zinātkāre jau ir apslāpēta, viņi pieradināti tikai paklausīt un “apzinīgi” sekot norādījumiem. Bet var arī būt, ka šie skolēni ir pilnīgi izteikti orientēti uz teorētisko fiziku, un eksperimentālais darbs viņos nekādu izdomu neraisa.

Līdz ar to arī visu skolēnu doto atbilžu apkopojums (skat. 24. attēlu) mums vēsta, ka, nodarbojoties ar eksperimentiem tiešā, nepastarpinātā saskarē ar pētāmo parādību, vairumam

skolēnu dabīgā zinātkāre rosina radošo domāšanu un pēc darbību veida ļauj pietuvināties īstam zinātniskās pētniecības procesam.



24. attēls. Visu skolēnu atbildes uz jautājumu "Vai vēlaties domāt radoši eksperimenta veikšanas gaitā?".

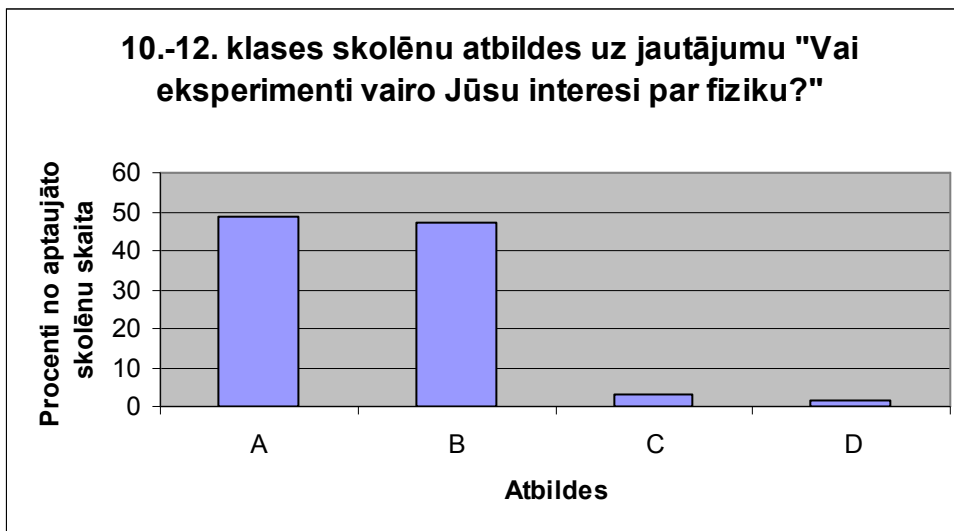


25. attēls. Pamatskolas skolēnu atbildes uz jautājumu "Vai eksperimenti vairo Jūsu interesi par fiziku?".

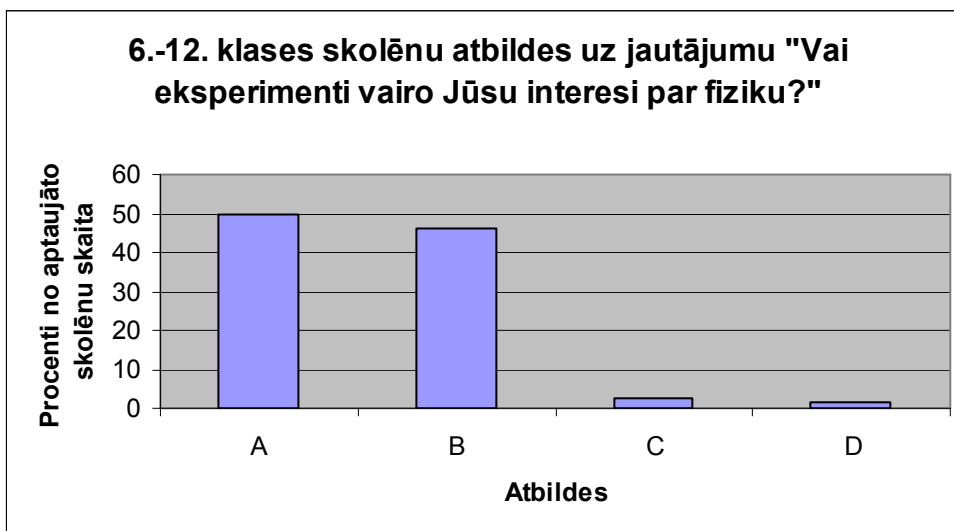
Tagad apskatīsim skolēnu atbildes uz jautājumu "Vai eksperimenti vairo Jūsu interesi par fiziku?". Skolēniem piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Jā, tieši tie ir galvenie intereses rosinātāji.
- B. Jā, dažreiz tie ieinteresē.
- C. Tā gadās reti.
- D. Nē, nekad.

Redzam, ka pamatskolēnu atbildes uz šo jautājumu (skat 25. attēlu) ir viennozīmīgi apstiprinošas. 60% ir izvēlējušies atbildi „Jā, tieši tie ir galvenie intereses rosinātāji“, bet 40% devuši atbildi „Jā, dažreiz tie ieinteresē“. Arī vidusskolēnu vairākums (skat. 26. attēlu) ir atbildējuši uz šo jautājumu pozitīvi, tomēr starp viņiem ir atradies arī kāds, kas skeptiski raugās uz eksperimentālo fiziku un atzīst tikai prāta spēles.



26. attēls. Vidusskolēnu atbildes uz jautājumu "Vai eksperimenti vairo Jūsu interesi par fiziku?".



27. attēls. Visu skolēnu atbildes uz jautājumu "Vai eksperimenti vairo Jūsu interesi par fiziku?".

Līdz ar to ir skaidrs, ka arī visu skolēnu atbilžu apkopojums uz jautājumu "Vai eksperimenti vairo Jūsu interesi par fiziku?" (skat. 27. attēlu) ar milzīgu pārsvaru dod

apstiprinošu rezultātu un liecina, ka tieši nepastarpināta saskare ar pētāmo parādību eksperimenta laikā veicina skolēnu dabīgo zinātkāri, kura ir vislabākā motivācija mācībām.

Tagad aplūkosim dominējošos skolotāju komentātus no kvalitatīvā pētījuma par zinātkāres veicināšanu:

„Parasti, sastopoties tieši ar kādu interesantu parādību, ierīci, procesu, skolēni grib mazliet paspēlēties - ir ziņkārīgi, kas būtu, ja darītu tā, vai tā, un parasti arī tā pamēģina. Un tikai tad sāk apdomāt, sāk saskatīt kādas likumsakarības.”

„Šādas nodarbības ar tiešā veidā vērojamiem un arī aptaustāmiem eksperimentiem sniedz ieskatu tajā, kā ar vienkāršiem materiāliem var demonstrēt fizikas likumsakarības un mudināt bērnus pētīt un domāt. Ne vienmēr tam ir vajadzīgi dārgi materiāli.”

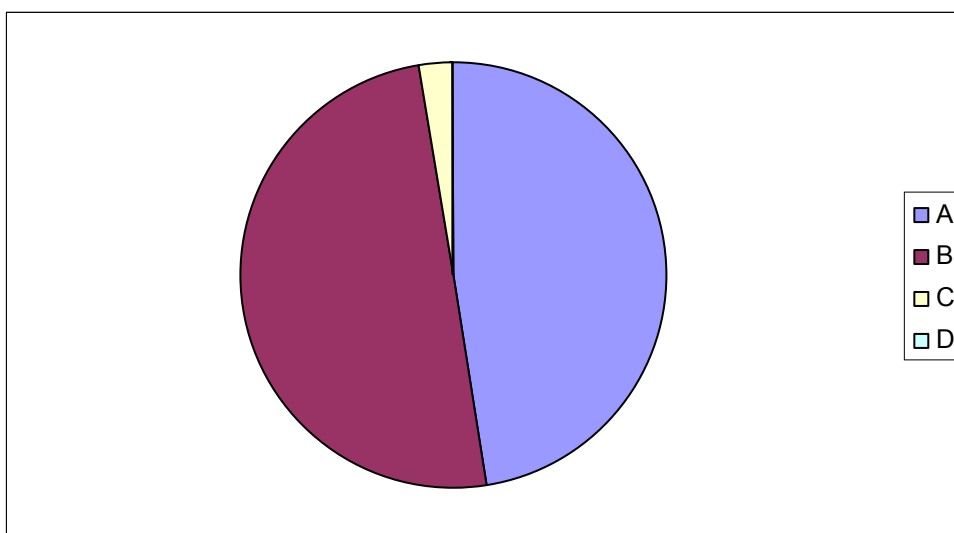
„Labākie skolēni var un grib paši sagatavot eksperimentus, rādīt tos un skaidrot citiem; parasti skolēni grib iegūt apliecinājumu savai varēšanai, un te ir viena iespēja tam.”

Savienojot triangulācijā šo skolotāju izteikto viedokli un skolēnu anketēšanas rezultātu apkopojumā gūtos kvantitatīvos mērījumus, var secināt, ka tieša, nepastarpināta eksperimentāla pētniecība tiešām attīsta un vairo skolēnu (un arī skolotāju) dabīgo zinātkāri un tieksmi izprast.

Tagad aplūkosim kvantitatīva mērījuma rezultātus, kuri iegūti, anketējot visus skolotājus jaunākajā, 14. Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas konferencē. Skolotājiem bija jāatbild uz jautājumu „Vai esat novērojuši, ka tieša, nepastarpināta saskare ar fizikālu parādību labākajiem skolēniem būtiski „iedarbina” dabīgo zinātkāri?”. Piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Piekrītu pilnībā.
- B. Drīzāk piekrītu.
- C. Drīzāk nepiekrītu.
- D. Nepiekrītu.

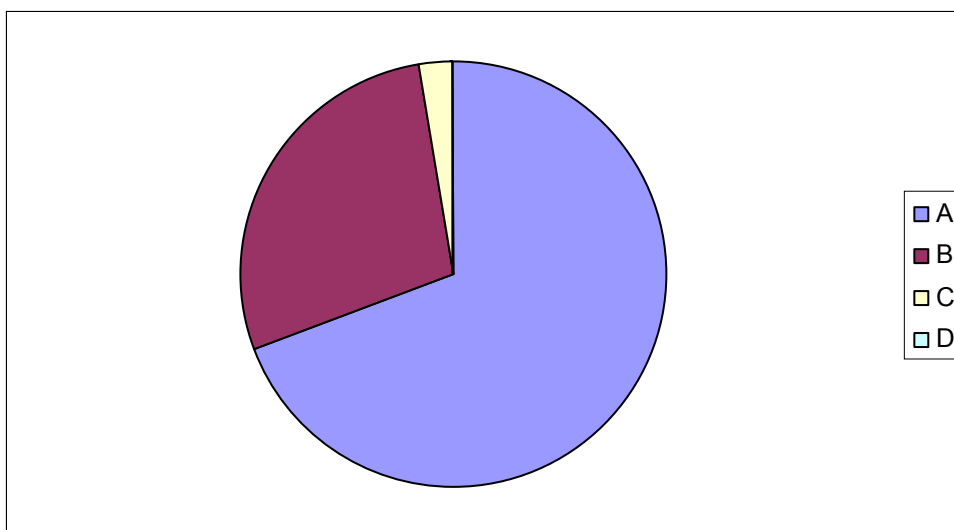
Atbilžu apkopojums uz šo jautājumu redzams 28. attēlā. Gandrīz puse skolotāju jautājumā izteiktajam apgalvojumam piekrīt pilnībā. Vēl puse tam drīzāk piekrīt. Niecīga daļa skolotāju apgalvojumam drīzāk nepiekrīt, bet tādu, kas pilnīgi nepiekrītu, nemaz nav. Tāpēc varam uzskatīt, ka šajā kvantitatīvajā mērījumā ir pārlicinoši iegūta pozitīva atbilde uz jautājumu.



28. attēls. Skolotāju atbildes uz jautājumu „Vai esat novērojuši, ka tieša, nepastarpināta saskare ar fizikālu parādību labākajiem skolēniem būtiski „iedarbina” dabīgo zinātkāri?”.

Un nu aplūkosim kvantitatīva mērījuma rezultātus, kuri arī iegūti, anketējot visus skolotājus jaunākajā Latvijas Fizikas skolotāju asociācijas konferencē. Šoreiz jautājums ir šāds: „Vai labāko skolēnu zinātkāri var uzskatīt par labu motivāciju fizikas eksperimentu veikšanai?”. Piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Piekrītu pilnībā.
- B. Drīzāk piekrītu.
- C. Drīzāk nepiekrītu.
- D. Nepiekrītu.



29. attēls. Skolotāju atbildes uz jautājumu „Vai labāko skolēnu zinātkāri var uzskatīt par labu motivāciju fizikas eksperimentu veikšanai?”

Atbilžu apkopojums uz šo jautājumu redzams 29. attēlā. Divas trešdaļas aptaujāto ir atbildējuši, ka piekrīt apgalvojumam pilnībā. Divas septītdaļas paudušas viedokli, ka apgalvojumam drīzāk piekrīt. Niecīga daļa skolotāju tam drīzāk nepiekrīt, taču nav skolotāju, kas pilnīgi droši nepiekrītu tam, ka labāko skolēnu zinātkāri var uzskatīt par labu motivāciju fizikas eksperimentu veikšanai. Tādēļ var droši secināt, ka arī šis mērījums ir devis pārliecinoši apstiprinošu atbildi uz šo jautājumu.

Tagad kvalitatīvi paanalizēsim labāko skolēnu Valsts fizikas olimpiāžu eksperimentāli veicamo uzdevumu risinājumus. Vispirms apskatīsim 2012. gadā 10. klasei piedāvāto uzdevumu:

Atsperes masa

Nosaki, kādā mērā pašas atsperes masa ietekmē atsperes svārsta svārstību periodu!

Darba piederumi:

- Atspere, kuras masa ir 42,6 grami;
- Statīvs;
- Divi 100 g atsvari;
- 50 g atsvars;
- 25 g un 12,5 g paštaisītie atsvari;
- Pulkstenis projekcijā uz ekrāna (var lietot arī savu);
- Milimetru papīrs, zīmulis, lineāls.

Darba uzdevumi:

- Maini atsperei piekārto atsvaru masu un nosaki svārstību periodus;
- Attēlo grafiski eksperimentā iegūtos rezultātus! Uz koordinātu asīm atliec tādas lielumus, kas ļauj pārliecināties par atkāpēm no parastās svārstību perioda noteikšanas formulas, kurā nav ņemta vērā atsperes masa. Atrodi attēlošanas veidu, kas ļauj no grafika droši nolasīt atsperes masas ietekmi uz svārstību periodu;
- Mēģini pilnveidot formulu atsperes svārsta svārstību perioda noteikšanai, iekļaujot tajā konstatēto atsperes masas ietekmi.

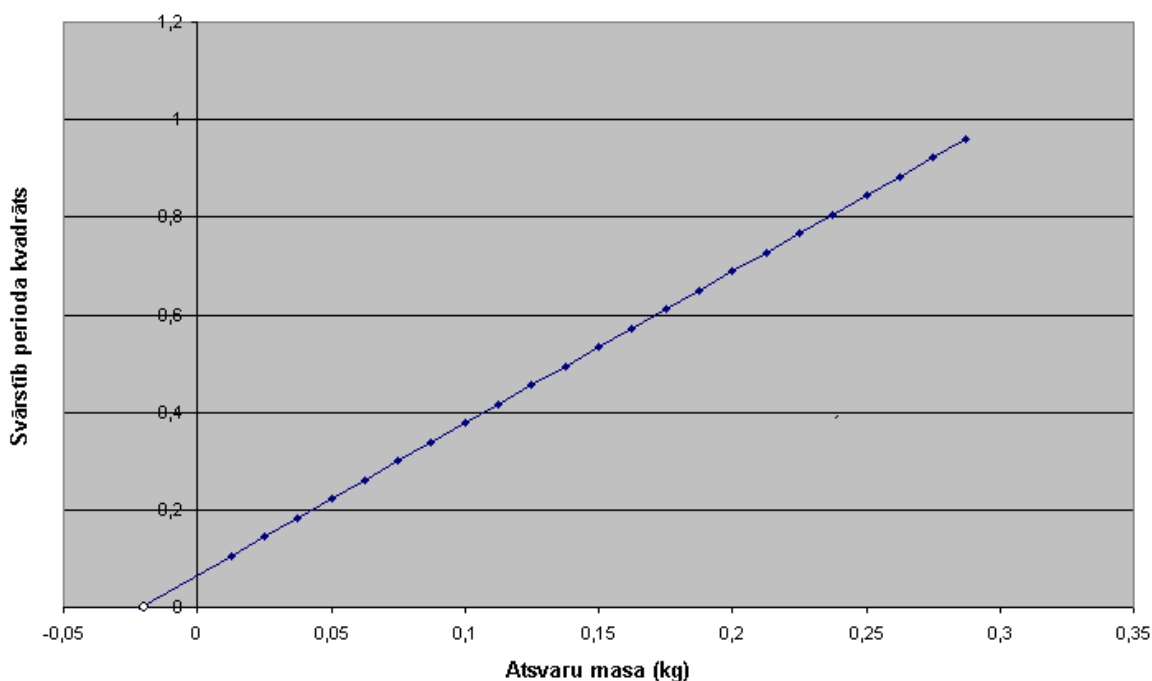
Risinājums

Izmērām atsperes svārsta svārstību periodu visām atsvaru masu summām, kādas var sastādīt no dotā atsvaru komplekta. Precizitāte ir sevišķi svarīga mērījumos ar mazām atsvaru masu summām.

Izveidojot grafiku, kas attēlo svārstību perioda atkarību no piekārtu atsvaru masas, varētu ieraudzīt, vai pašas atsperes masa ietekmē svārstību periodu un kādā mērā. Ja grafiks neietu caur punktu, kurā masa un periods ir nulle, tad būtu skaidrs, ka ietekme ir. Atliktu tikai noskaidrot, kādai masas vērtībai atbilst perioda nulle. To var izdarīt, pagarinot grafiku uz vajadzīgo pusi.

Taču sakarība nav lineāra. Līkas līnijas ekstrapolēšana ir saistīta ar risku pamatīgi kļūdīties. Tādēļ jāizvēlas tāds mērogs, kurā sakarība attēlojas kā taisne. Tā kā ir dots tikai milimetru papīrs ar lineāriem mērogiem abām koordinātu asīm, var uz vienas no tām atlikt lielumu pakāpē, kas atšķiras no pirmās. Mums ir jānosaka masas ietekme uz periodu. Tādēļ ērtāk masu atlikt nemainītā veidā, bet uz otras ass atlikt svārstību perioda kvadrātu. Šādā grafikā viegli turpināt taisni līdz krustpunktam ar masas asi (skat 30. attēlu).

Atsperes svārsta svārstības



30. attēls. Atsperes svārsta svārstību perioda kvadrāta atkarība no atsperei piekārtu atsvaru masas, ja pašas atsperes masa ir 0,0426 kg.

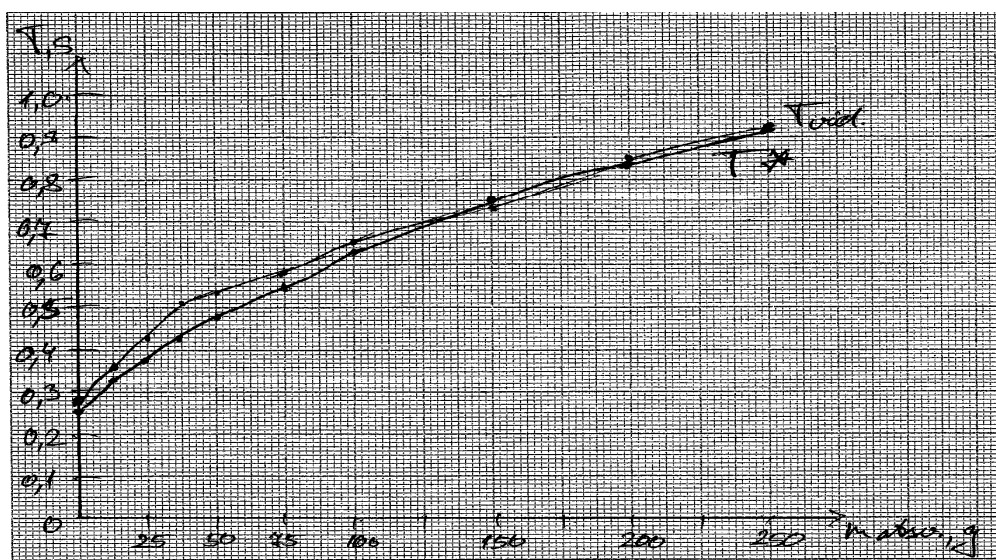
Šis punkts atbilst vērtībai uz horizontālās ass mīnus 0,0213 kg. Ja mēs būtu jau no sākuma ņēmuši vērā atsperes masas ietekmi, šeit būtu koordinātu sākumpunkts. Tagadējais

sākumpunkts atrastos vietā ar masas vērtību 0,0213 kg. Tas nozīmē, ka šāda ir atsperes „efektīvā” masa svārstību procesā. Tā ir vienāda ar pusi no atsperes patiesās masas. Līdz ar to var piedāvāt šādu uzlabotu svārstību perioda formulu:

$$T = 2\pi((m+M/2)/k)^{1/2},$$

kur M ir pašas atsperes patiesā masa.

Tagad palūkosimies, cik lielā mērā tiešā saskare ar pētāmo objektu ir veicinājusi skolēnu zinātkāri un spējusi pārliecināt viņus raudzīties reālajā procesā, nevis sekot iemācītajai formulai (skat. 31. attēlu). Skolēns ir attēlojis patiesu svārstību perioda atkarību no piekārtu atsvaru masu summas, ieskaitot nulli. Viņš to ir paveicis nebaidoties no tā, ka skolā mācītā formula diktētu, lai līkne ietu caur abu asu nulppunktiem. Līdz perfektam risinājumam pietrūkst tikai viena soļa – perioda kvadrāta, nevis pirmās pakāpes attēlošanas uz vertikālās ass. Droši vien šādam radošam solim ir pietrūcis laika, un skolā ar tādu paņēmieni skolēns nav iepazīstināts.



31. attēls. 10. klases skolēna 2012. gada Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājums. Attēlota atsperes svārsta svārstību perioda atkarība no atsperei piekārtu atsvaru masas, ja pašas atsperes masa ir 0,0426 kg. Dabīgā zinātkāre ir atmodināta, un skolēns vairs neatgremo klišejas, bet zīmē un rēķina paša radošo ideju spārnots. Līkne vairs neiet caur koordinātu sākumpunktu, kā mācīts skolā, ja vien atsvaru masu summai nav pieskaitīta arī pašas atsperes efektīvā masa.

Un lūk, kur cits radošs risinājums piedāvātajai problēmai (skat. 32. attēlu). Cits skolēns ir izmērījis atsperes garumu, kad to tur vertikāli aiz augšējā gala un salīdzinājis to ar mērījumu, kas izdarīts atsperes horizontālā stāvoklī uz galda. Tad pēc Huka likuma ir atrasta atsperes efektīvā masa. Skolēns radoši izmantojis šī sava pētījuma rezultātus citas parādības -

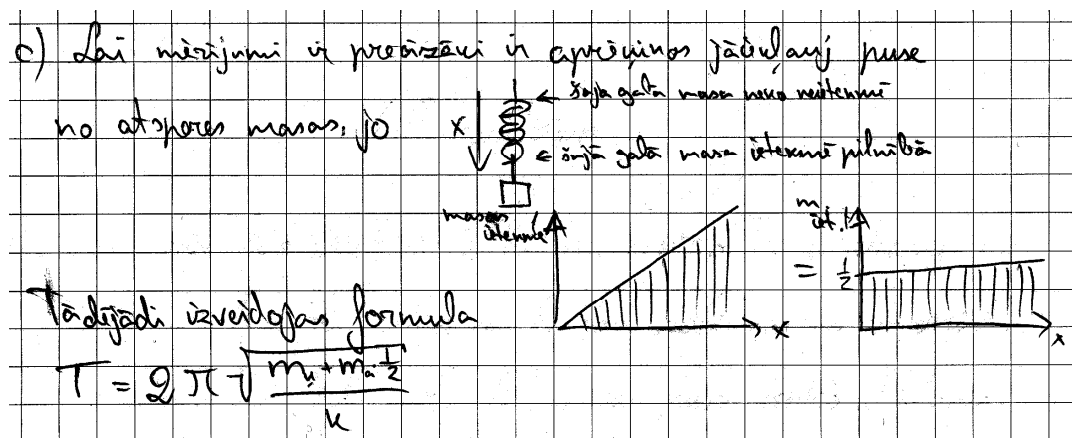
svārstību precīzākam matemātiskajam aprakstam Salīdzinot efektīvo masu ar reālo atsperes masu, ir izveidota pareiza uzlabota formula atsperes svārsta svārstību perioda noteikšanai.

c) $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m_0 + \frac{1}{2}m_1}{k}}$, kur m_1 - atspere masa, m_0 - atsperes masa,
 k - elastības koeficients. Tiek ņemts $0,5 m_0$, jo:

Ar atsperi = 1,8 mm (veicams $l = 5,7$, pārņemot bez atsperes $l = 3,5$)
 integrējot formulu savāc $F_{el} = -kx = -125 \cdot 0,018 = -0,225 \text{ N}$
 kā jau bija ņemts A punktā $F_{sm} = -F_{el} \Rightarrow F_{sm} = 0,225 \text{ N}$
 tāka $F_{sm} = mg \Rightarrow m = \frac{F_{sm}}{g} = \frac{0,225 \text{ N}}{10 \text{ m/s}^2} = 0,0225 \text{ kg} = 22,5 \text{ g}$
 $22,5 \text{ g} \approx 0,5 \cdot m_0$

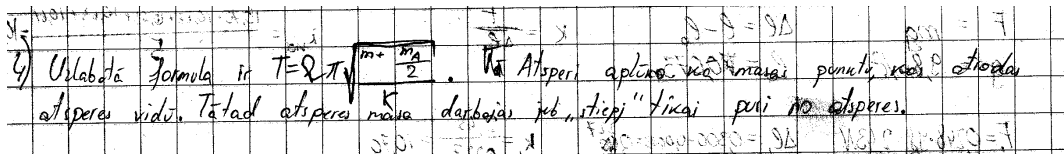
32. attēls. 10. klases skolēna 2012. gada Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājuma fragments, kurā redzama lieliska radoša pieeja. Skolēns izveidojis nevainojamu alternatīvu risinājumu uzdevuma C daļai, kuru autors pat nebija paredzējis esam kā skolēnu arsenālā esošu.

Lūk vēl kāda cita skolēna grafiskais risinājums problēmai, kā izveidot precīzāku formulu (skat. 33. attēlu). Skolēns integrēšanas vietā lietojis laukuma aprēķināšanu zem grafika un ieguvis pareizu rezultātu.



33. attēls. 10. klases skolēna 2012. gada Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājuma fragments. Skolēns ir izanalizējis atsperes masas daļas ietekmi uz atsperes pagarinājumu gan svārstību procesā, gan statistikas deformācijas gadījumā. Izdarot patstāvīgus pareizus secinājumus, ir iegūta uzlabotā atsperes svārsta svārstību perioda formula.

Vēl kāds cits skolēns domās ievietoja atsperes masu vienā punktā – tās masas centrā, un arī ieguvis pareizu rezultātu (skat. 34. attēlu). Jāpiebilst gan, ka šis risinājuma variants ir izvirzīts kā hipotētisks, un laimīgā kārtā ir apstiprinājies kā pareizs.



34. attēls. 10. klases skolēna 2012. gada Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājuma fragments. Skolēns patieso atsperes masas sadalījumu aizstājis ar punktveida masu tās centrā un ieguvis pareizu rezultātu pateicoties atsperes nemainīgajām alastības īpašībām visā tās garumā un abu lielumu – masas un stinguma koeficienta vienādajām pakāpēm svārstību perioda formulā.

Var droši apgalvot, ka tieša saskare ar pētāmo parādību šiem skolēniem ir atraisījusi dabīgo zinātkāri, radošo izdomu un savā piedāvāto risinājumu daudzveidībā ļāvusi tuvoties īstai zinātniskajai pētniecībai.

Nākošais piemērs ir no 9. klases skolēna eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājuma 2008. gada Valsts fizikas olimpiādē (skat. 35. attēlu). Tajā redzams, ka arī pamatskolas audzēknis nokļuvis “aci pret aci” ar pētāmo parādību, spēj radoši izmantot dotos piederumus un veidot oriģinālu šāda uzdevuma risinājumu:

Nūja ar diviem galiem

Uzdevums

Nosaki nūjas vidējo blīvumu! Mēģini to izdarīt vismaz ar diviem kaut nedaudz atšķirīgiem paņēmieniem un apraksti tos!

Darba piederumi:

- nūja, kas sastāv no plastmasas caurules un gumijas korķiem galos;
- vanniņa ar ūdeni;
- universāls balsts balstīšanai dažādos augstumos un virzienos;
- lineāls;
- zīmulis.

Nūjas smaguma centrs sakrīt ar ģeometrisko centru. Korķus no nūjas nav paredzēts raut ārā. Vanniņai jāstāv taisni uz galda, to nav jācilā vai jāšķiebj. Balsta vara stiepli vari locīt kā vien tīk!

Risinājums

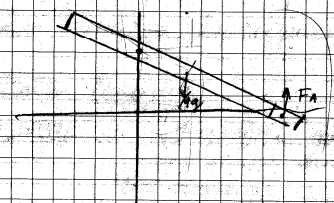
1. paņēmieni

Atbalstām vienu nūjas galu virs ūdens līmeņa uz universālā balsta stieples un ļaujam nūjai novietoties slīpi ar otru galu ūdenī. (10 p.) Skatoties no sāna, atrodam punktu, kurā ūdens apņēmis nūju līdz pusei tās resnuma. Vēl labāk ir aprēķināt šo punktu - viduspunktu uz nogriežņa starp punktiem, kur ūdens virsma pieskaras nūjas sāniem, skatoties no malas. (5 p.) Arhimēda spēks ir pielikts vidū starp šo punktu un nūjas apakšējo galu. Tagad var sastādīt sviras vienādojumu (5 p.) un aprēķināt nūjas blīvumu. (5 p.)

2. paņēmieni

Atbalstām vienu nūjas galu zem ūdens, neļaujot tam uzpeldēt. Nūja atkal novietosies slīpi, ar otru galu gaisā. (10 p.) Tagad var uzrakstīt citu sviras vienādojumu (10 p.) un aprēķināt no tā nūjas blīvumu. (5 p.)

Условно же ледоходили вверх
 Записать условие так, чтобы $\frac{1}{3}$ была с одной
 стороны, а $\frac{2}{3}$ с другой, и поделить в $\log(\frac{2}{3})$



$\frac{M_1 + M_2}{2} \cdot S_{\text{оси}} = V_{\text{подограсси}}$

$F_1 \cdot l_1 = M_1 \cdot l_2$
 $l_1 = \frac{M_1 \cdot l_2}{F_1} = \frac{2M_1}{3} = \frac{M_1 + M_2}{4}$
 $l_2 = \frac{M_2 \cdot l_1}{F_2} = \frac{M_2 \cdot l_1}{3} = \frac{M_2}{6}$

$M_1 = 33,6 \text{ кг}$
 $M_2 = 1 \text{ кг}$
 $M_2 = 8 \text{ кг}$

$F_1 \cdot l_1 = M_1 \cdot l_2$
 $V_{\text{подограсси}} = \rho_m \cdot g \cdot \frac{M_1 + M_2}{3} = \rho_m \cdot V_{\text{вп}} \cdot g \cdot \frac{M_1 + M_2}{6}$

$\frac{M_1 + M_2}{2} \cdot S_{\text{оси}} = \rho_m \cdot g \cdot \left(\frac{2M_1}{3} - \frac{M_1 + M_2}{4} \right) = \rho_m \cdot V_{\text{вп}} \cdot g \cdot \frac{M_1 + M_2}{6}$

$\frac{1 + 8}{2} \cdot 2,6 \cdot 1 \cdot (22,4 - 2,25) = \rho_m \cdot 90 = \frac{33,6}{6}$

$243,009 = 90 \cdot \rho_m$
 $\rho_m \approx 0,5 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

35. attēls. 9. klases skolēna 2008. gada Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājums. Skolēna atmodinātā zinātkāre liek izmēģināt vēl nebijušus paņēmienus, kombinēt dažādu spēku iedarbību un ļauj iegūt precīzākus rezultātus.

Izmantojot šos skolēnu Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamo uzdevumu risinājumu kvalitatīvos pētījumus kopā ar kvantitatīvajiem skolotāju viedokļu mērījumiem un veidojot no tiem triangulāciju, skaidri redzams, ka paaugstinātas grūtības eksperimenti ar

negaidītu, tikai daļēji prognozējamu gaitu īpaši spējīgākajiem skolniekiem būtiski „iedarbina” dabīgo zinātkāri, kas motivē pašam izskaidrot neprognozētus rezultātus, radīt jaunus eksperimentu formulējumus, kombinēt vairākus eksperimentus sava pētījuma veikšanai, tuvojoties īstai zinātniskai pētniecībai.

4.2.4. “Lēnā” domāšana izpratīga skolēna veidošanai

Šādos tiešuma apstākļos labākajos skolēnos jārosina „lēnā” domāšana, lai patstāvīgi izprastu vairāk, nekā mācīts skolā, veidotu radošu izziņas procesu – situācijas analīzi, variantu izspēli, izjūtas attīstību.

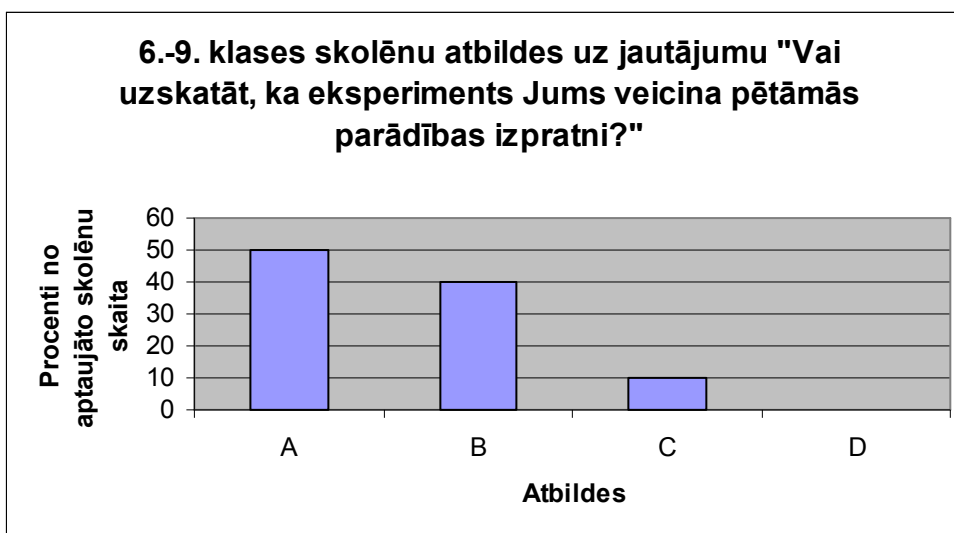
Otrās tēzes pierādījumu sākšim ar kvantitatīvu mērījumu, kurš veikts skolēnu anketēšanas ceļā Jauno fiziķu skolā, apkopojot atbildes uz jautājumu „Vai uzskatāt, ka eksperiments Jums veicina pētāmās parādības izpratni?”.

Skolēniem piedāvātie atbilžu varianti:

- A. Jā, tas ir vislabākais veids fizikas parādību apgūšanai.
- B. Jā, tas bieži palīdz.
- C. To var lietot tikai kā ilustrāciju izklāstītajai teorijai.
- D. Nē, ir pilnīgi pietiekami ar teorētisku parādības izklāstu.

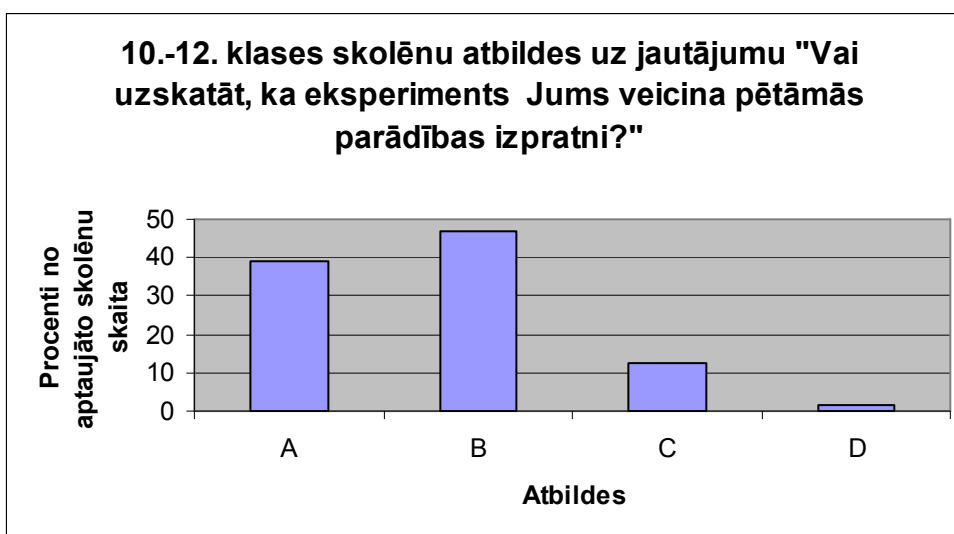
Pamatskolēnu atbilžu apkopojums šajā jautājumā redzams 36. attēlā. Vislielākais skolēnu skaits uzskata, ka eksperiments ir vislabākais veids fizikas parādību apgūšanai. Mazliet mazāks skaits skolēnu ir izvēlējušies atbildi, ka eksperiments bieži palīdz tikt līdz pētāmās parādības izpratnei. Daudzkārt mazāks skolēnu skaits ir devis atbildi, ka eksperimentu var lietot tikai kā izklāstītās teorijas ilustrāciju. Šie skolēni varētu būt orientēti vairāk uz inženierfiziku, kuras vielas izklāstā tāda kārtība bieži uzskatāma par optimālo. Bet nav neviena, kurš uzskatītu, ka eksperimenti nav vajadzīgi un pietiek tikai ar teorētisku materiāla izklāstu.

Aplūkojot vidusskolēnu atbildes uz šo jautājumu (skat. 37. attēlu), redzam, ka visvairāk ir skolēnu, kuri uzskata, ka eksperiments bieži palīdz tikt līdz pētāmās parādības izpratnei. Nedaudz mazāks skaits skolēnu ir paudis viedokli, ka eksperiments ir vislabākais veids fizikas parādību apgūšanai. Daudzkārt mazāks skolēnu skaits ir devis atbildi, ka eksperimentu var lietot tikai kā izklāstītās teorijas ilustrāciju. Tomēr skolēnu



36. attēls. Pamatskolas skolēnu atbilžu apkopojums jautājumā „Vai uzskatāt, ka eksperiments Jums veicina pētāmās parādības izpratni?”.

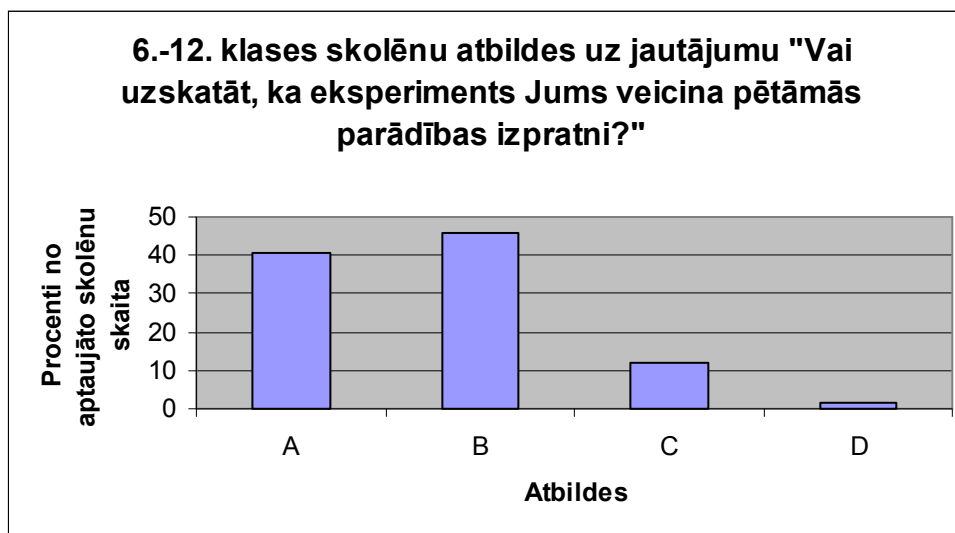
daļa ar tādu viedokli ir nedaudz lielāka, nekā pamatskolā. Unniecīgs daudzums no saņemtajām atbildēm pauž, ka eksperimenti nav vajadzīgi un pilnīgi pietiek tikai ar teorētisku materiāla izklāstu. Te nu atkal nedaudz saskatāms „formulu fizikas,, drauds. Taču kopumā pārliecinošs vairums skolēnu uz jautājumu ir snieguši pozitīvu atbildi.



37. attēls. Vidusskolēnu atbilžu apkopojums jautājumā „Vai uzskatāt, ka eksperiments Jums veicina pētāmās parādības izpratni?”.

Arī visu Jauno fiziķu skolu apmeklējušo skolēnu atbilžu apkopojums izskatās vairāk vai mazāk, bet pozitīvu atbildi uz šo jautājumu apstiprinošs (skat. 38. attēlu). Visvairāk ir skolēnu, kuri uzskata, ka eksperiments bieži palīdz tikt līdz pētāmās parādības izpratnei. Nedaudz mazāks skaits skolēnu ir atbildējis, ka eksperiments ir vislabākais veids fizikas parādību apgūšanai. Daudzkārt mazāks skolēnu skaits ir devis atbildi, ka eksperimentu var

lietot tikai kā izklāstītās teorijas ilustrāciju. Un niecīgs daudzums no saņemtajām atbildēm pauž, ka eksperimenti nav vajadzīgi un pilnīgi pietiek tikai ar teorētisku materiāla izklāstu. Kopumā pārliecinošs vairums skolēnu uz jautājumu ir snieguši pozitīvu atbildi. Tas liecina, ka promocijas darba otrajā tēzē paustais apgalvojums ir pareizs.



38. attēls. Visu Jauno fiziķu skolu apmeklējušo skolēnu atbilžu apkopojums jautājumā „Vai uzskatāt, ka eksperiments Jums veicina pētāmās parādības izpratni?”.

Tagad aplūkosi kvalitatīvo pētījumu, kas veikts, apkopojot raksturīgākos fizikas skolotāju jaunākās, 14. Fizikas skolotāju asociācijas konferences dalībnieku atziņas par 2. tēzē skarto jautājumu, fiksējot viņu izteicienus par viņu uzmanībai piedāvātajiem maksimāli vienkāršiem, tiešiem un nepastarpinātiem fizikas eksperimentu demonstrējumiem, kuri veidoti, lai mudinātu skolēnus uz „lēno” domāšanu un veicinātu zinātkāri.

„„Lēnā domāšana” - nozīmē iedziļināšanos, nevis domāšanu lēni. Iedziļināšanās prasa laiku - apdomāt, „izfunkcionēt”, iztēloties, izdomāt visādus variantus, tos izvērtēt. Tāpēc radoša izziņas procesa veidošanai ir jāļauj padomāt „lēni””

„Ar vienkāršiem materiāliem var demonstrēt fizikas likumsakarības un mudināt bērnus pētīt un domāt. Ne vienmēr tam ir vajadzīgi dārgi materiāli.”

„Ar vienkāršiem demonstrējumiem var veicināt skolēnos izpratni par tematu. Arī ierīces ir vienkāršas un tās var izgatavot ar minimāliem līdzekļiem.”

” Vienkārši pagatavojamas ierīces ar mazām izmaksām - to var izdarīt ikviens, kas to grib – gan skolotājs, gan skolēns. Svarīgi, ka ne tikai izveido ierīci, bet arī paskaidro tās darbību, izmantojot fizikas likumsakarības.”

Var secināt, ka skolotāju nostāja šajā jautājumā ir visnotaļ pozitīva. Ne velti tieši par šo nodarbību visvairāk skolotāju balsoja kā par visvērtīgāko, apsteidzot otru labāko vairāk nekā divkārtīgi.

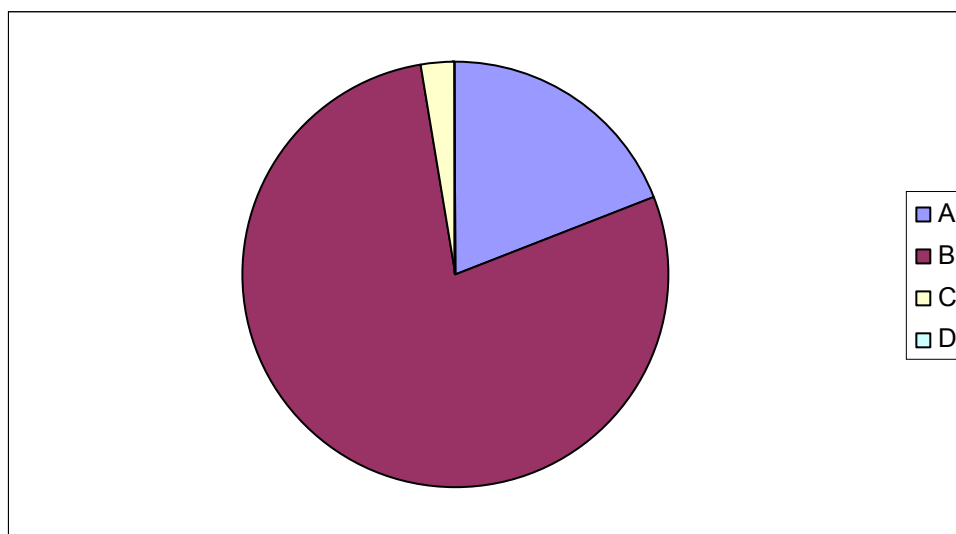
Apvienojot triangulācijā kvantitatīvo mērījumu skolēnu aptaujā un neatkarīgo kvalitatīvo skolotāju viedokļu pētījumu, var secināt, ka promocijas darba 2. tēze ir pierādīta.

Tagad apskatīsim kvantitatīva mērījuma rezultātus, kas gūti, pakopojot skolotāju atbildes uz anketas jautājumu „Vai radoša izziņas procesa veidošanai labākajiem skolēniem – situācijas analīzei, variantu izspēlei, izjūtas attīstībai - ir jāļauj nesteigties, rosinot tā saucamo „lēno” domāšanu?”

Skolotājiem piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Piekrītu pilnībā.
- B. Drīzāk piekrītu.
- C. Drīzāk nepiekrītu.
- D. Nepiekrītu.

Skolotāju atbilžu sadalījums šajā jautājumā redzams 39. attēlā



39. attēls. Skolotāju atbilžu sadalījums jautājumā „Vai radoša izziņas procesa veidošanai labākajiem skolēniem – situācijas analīzei, variantu izspēlei, izjūtas attīstībai – ir jāļauj nesteigties, rosinot tā saucamo „lēno” domāšanu?”

Skolotāju lielumielais vairākums vairāk vai mazāk noteikti, bet piekrīt (skat. 39. attēlu), ka radoša izziņas procesa veidošanai labākajiem skolēniem – situācijas analīzei, variantu izspēlei, izjūtas attīstībai - ir jāļauj nesteigties, rosinot tā saucamo „lēno” domāšanu. Nav neviena skolotāja, kas to būtu droši noliedzis. Un arī to skaits, kas drīzāk sliecās nepiekrīst šādam formulējumam, bija niecīgs. Līdz ar to var apgalvot, ka šis kvantitatīvais mērījums apstiprina promocijas darba 2. tēzi.

Tagad aplūkosim, vai tādi uzdevumi, kuros skolēni olimpiādē tieši un nepastarpināti saskaras ar pašu pētāmo parādību bez jebkādiem mēraparātiem, rosina viņu radošo jeb „lēno” domāšanu. Aplūkosim piemēru: 11. klases Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamais uzdevums 2012. gadā ir šāds:

Kvēldiega pretestība

Nosaki spuldzītes kvēldiega pretestību, kad tā ir ieslēgta šādā shēmā: spuldzītei paralēli pieslēgts $220\ \Omega$ rezistors; tiem virknē ieslēgts vēl viens $220\ \Omega$ rezistors; šī virkne pievienota stabilizētam sprieguma avotam!

Darba piederumi

- Sprieguma avots (spriegums līdz darba vietai pienāk pa vadiem);
- Universālā plāksne shēmas saslēgšanai;
- Superminiatūra spuldzīte;
- Divi rezistori ar $220\ \Omega$ pretestību (pēc izmēriem mazākie);
- 4 rezistori ar $100\ \Omega$ pretestību (pēc izmēriem lielākie);
- 4 rezistori ar $33\ \Omega$ pretestību (vidējā izmēra);
- 3 īsi vadiņi shēmas savienošanai vai pārslēgšanai.

Darba uzdevumi

- Saslēdz aprakstīto shēmu;
- Izveido divas metodes spuldzītes pretestības noteikšanai;
- Saslēdz iecerētās shēmas, veic mērījumus;
- Salīdzini abu metožu dotos rezultātus un novērtē kļūdas.

UZMANĪBU! Spuldzīti nedrīkst pieslēgt tieši sprieguma avotam, tā pārdegs. Papildus dotajai shēmai avotu drīkst noslogot ar pretestību, kas nav mazāka par $110\ \Omega$.

Risinājums

Pirmā metode:

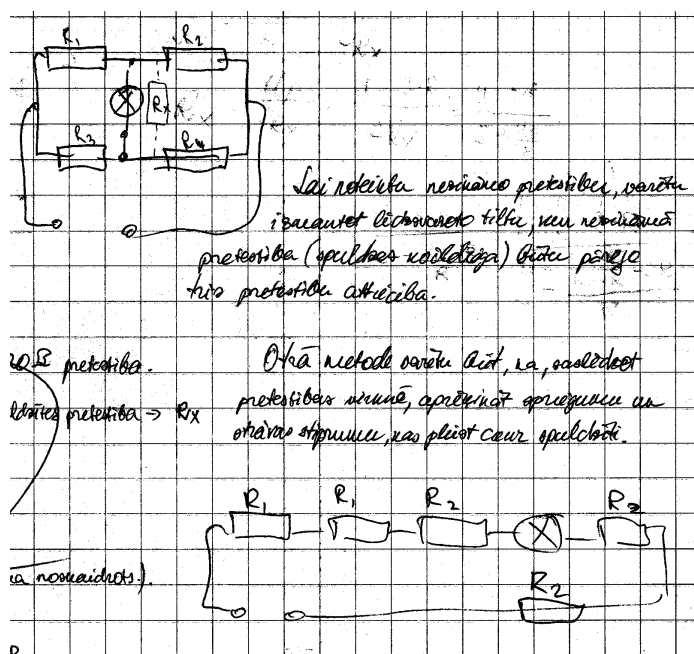
Izveido shēmu, kurā spuldzīti var ātri pārslēgt no aprakstītā slēguma uz vēl vienkāršāku slēgumu, kur tai pievienota tikai papildu pretestība. Piemeklējam tādu papildpretestības vērtību, lai, pārslēdzot spuldzīti, tās kvēle nemainītos. Tādā gadījumā spuldzītes spriegums ir vienāds abos slēgumos.

$$R_s R / (2R_s R + R^2) = R_s / (R_s + R_p), \quad \text{tāpēc} \quad R_s = R (R_p / R - 1)$$

Otrā metode:

Izveidojam no rezistoriem sprieguma dalītāju. Mainot tā parametrus, atrodam stāvokli, kurā, dalītāja viduspunktu savienojot ar spuldzītes izvadu dotās shēmas vidū, tās kvēle nemainās. Tas nozīmē, ka šiem punktiem ir vienāds potenciāls. No sprieguma dalītāja nolasām dotās shēmas spuldzītes sprieguma un virknē ieslēgtās pretestības sprieguma attiecību un viegli aprēķinām spuldzītes pretestību. Attiecība ir $1 : 2,3$ un spuldzītes pretestība $167 \pm 30 \Omega$.

Tagad aplūkosim kāda skolēna olimpiādes darba fragmentu (skat. 40. attēlu). Kaut arī pirmā no viņa veidotajām shēmām neatbilst precīzi tam, kas tiek gaidīts, tomēr nevar noliegt, ka skolēns, risinot šo uzdevumu, ir nonācis līdz variantu izspēlei, kas arī bija jāpanāk, veidojot šādu problēmu, kurā par mēraparātu kalpo pats mērāmais priekšmets.



40. attēls. Fragments no skolēna risinājuma 11. klases 2012. gada Valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamajam uzdevumam. Lēnā domāšana un tieša, nepastarpināta darbošanās bez mēraparātiem raisa radošo domu un ļauj atrast dažādus risinājumus, mēraparāta vietā vērojot pašu pētāmo objektu, kas šajā gadījumā ir kvēlspuldzīte.

Savienojot triangulācijā kvalitatīvo skolēnu darbu pētījumu, kuru ilustrē 40. attēls ar skolotāju viedokļu anketas atbilžu apkopojumā redamo kvantitatīvo mērījumu (skat. 39. attēlu), var apgalvot, ka šāda nepastarpinātība labākajos skolēnos veicina „lēno” domāšanu, kas rada spēju patstāvīgi secināt un izprast vairāk, nekā mācīts skolā, veido radošu izziņas procesu – situācijas analīzi, variantu izspēli un izveido izpratīgu skolēnu. Īpaši spējīgākajiem skolēniem attīstoši ir tādi paaugstinātas grūtības pakāpes uzdevumi, kuros nepietiek tikai ar labu atmiņu, „ātro” domāšanu un „formulu fiziku”.

4.2.5. Nepastarpinātas eksperimentālas pieredzes nepieciešamība fizikālo procesu izjūtas veidošanai

Spējīgākajiem skolu jauniešiem jāļauj pēc iespējas tiešāk, nepastarpinātāk saskarties ar apgūstamo fizikālo parādību tādos paaugstinātas grūtības pakāpes uzdevumos, kas prasa īsti zinātnisku pētniecību, kuros nepietiek tikai ar labu atmiņu, loģisko spriešanu un „ātro” domāšanu, ar kuru varbūt viņi ir līdz šim iztikuši skolā, sasniedzot pat teicamnieka statusu un aprobežojušies tikai ar „formulu fiziku”.

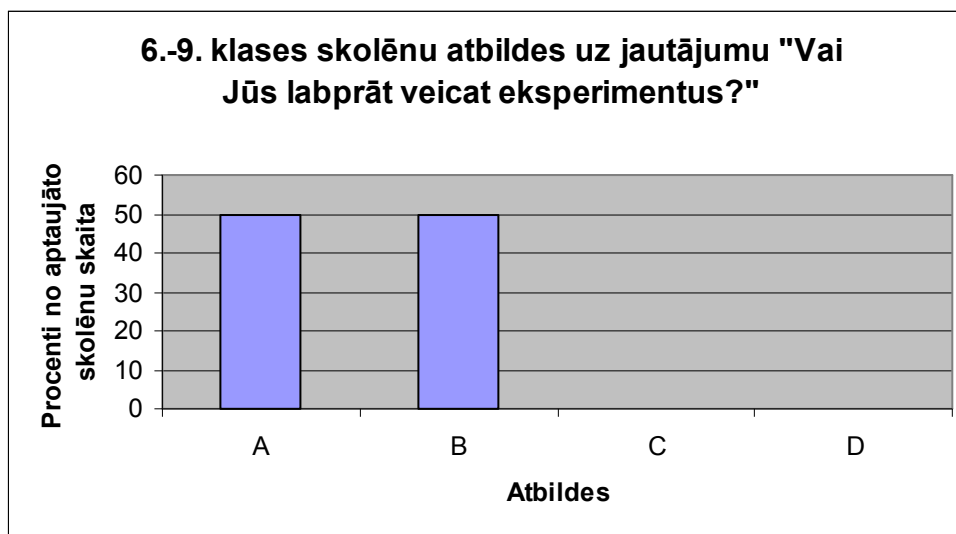
Pierādījumu sākšim ar skolēnu sniegto atbilžu apkopojumu jautājumā „Vai Jūs labprāt veicat eksperimentus?”. Ja atbilžu vairākums uz šo jautājumu ir pozitīvs, tas nozīmē, ka tieša, ne ar grāmatu, ne skolotāju, ne internetu, ne formulu lapu nepastarpināta saskare ar apgūstamo parādību rada interesi (savādāk eksperimentus neveiktu labprāt) un tātad arī veido efektīvu pētniecības procesu.

Skolēniem piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Jā, tas ir ļoti aizraujoši.
- B. Jā.
- C. Ne sevišķi.
- D. Vispār nevēlos veikt eksperimentus.

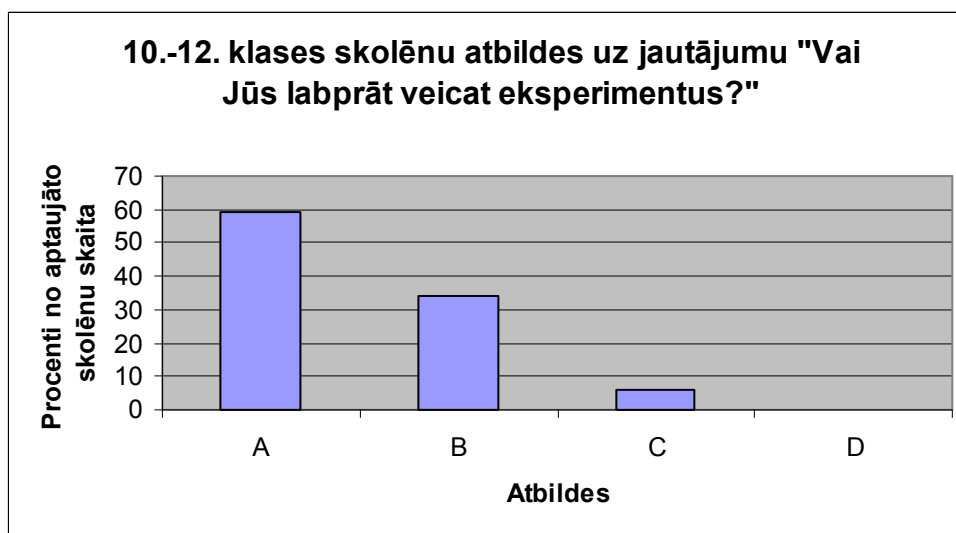
Pamatskolas skolēnu atbilžu apkopojums uz šo jautājumu redzams 41. attēlā.

Kā redzams diagrammā, pamatskolēnus nav skārusi „formulu fizikas” ietekme, viņi snieguši tikai abu veidu pozitīvās atbildes. Tas nozīmē, ka šiem spējīgākajiem pamatskolēniem tieša un nepastarpināta saskare ar pētāmo parādību ir nepieciešama, tā veido lielisku motivāciju mācīties un veidot izpratību.



41. attēls. Pamatskolas skolēnu atbildes uz jautājumu „vai Jūs labprāt veicat eksperimentus?”.

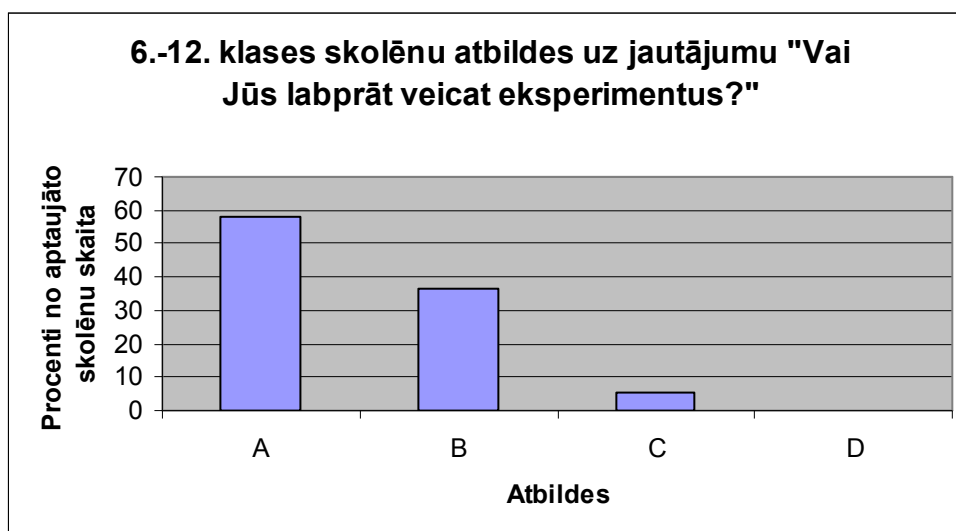
Tagad paskatīsimies, kāds izskatās vidusskolēnu atbilžu apkopojums jautājumā „Vai Jūs labprāt veicat eksperimentus?”, kas redzams 42. attēlā.



42. attēls. Vidusskolēnu atbildes uz jautājumu „Vai Jūs labprāt veicat eksperimentus?”.

Kā redzams diagrammā (skat. 42. attēlu), no vidusskolēniem vēl lielāka daļa ir izvēlējusies vispozitīvāko atbildi uz šo jautājumu. Tas nozīmē, ka skolēnu apgūtās prasmes, iemaņas un zināšanas nemazina, bet gan gluži pretēji, nostiprina interesi un veicina nodarbošanos ar pētījumiem, kuri acīmredzot arī ir devuši augļus šo prasmju, iemaņu un zināšanu veidā. Tajā pat laikā redzam, ka ļoti neliela daļa vidusskolēnu ir devusi nedaudz negatīvu atbildi. Tas tikai nozīmē, ka, attīstot loģiskās spriešanas spējas un atmiņu, pieaug kārdinājums labākajiem skolēniem iztikt ar „formulu fiziku”, un tieša, nepastarpināta kontakta nepieciešamība ar pētāmo parādību viņiem ir vēl nepieciešamāka.

Tagad aplūkosim, kāds ir visu labāko skolēnu, kuri apmeklē Jauno fiziķu skolu, atbilžu apkopojums jautājumā „Vai Jūs labprāt veicat eksperimentus”, kurš redzams 43. attēlā.



43. attēls. Visu labāko skolēnu atbildes uz jautājumu „Vai Jūs labprāt veicat eksperimentus?”, apmeklējot Jauno fiziķu skolu.

Diagrammā redzams (skat. 43. attēlu), ka visu atbilžu apkopojums tikai apstiprina atsevišķo skolēnu grupu mērījumu rezultātus. Pozitīvo atbilžu pārsvars ir ļoti pārliecinošs. Tas nozīmē, ka šis kvantitatīvais mērījums, kurš veikts ar anketēšanas un rezultātu apkopošanas palīdzību, noteikti apstiprina 1. tēzē izvirzīto domu.

Tagad aplūkosi kvalitatīvo pētījumu, kas veikts, apkopojot raksturīgākos fizikas skolotāju, jaunākās, 14. fizikas skolotāju asociācijas dalībnieku atziņas par 1. tēzē skarto jautājumu.

„Pēc iespējas tiešāka, nepastarpināta saskare ar apgūstamo parādību vislabāk veicina fizikālo parādību apgūšanu, eksperimentēšanas prasmju un iemaņu veidošanu, jo skolēns pats var aptaustīt, ieraudzīt detaļas. Vēl labāk, ja pats veido eksperimentu, jo tad, lai izveidotu, piemēram, atsevišķas mehānisma detaļas, jāsaprot, kā katra detaļa ietekmē kopējā mehānisma darbību, „*jāatkož*” dažādi knifī, kurus „*atkost*” palīdz fizikas likumsakarību zināšanas.”

„Piekrītu viedoklim, ka nepieciešamas aptaustāmas un viegli izgatavojamas ierīcītes stundās”.

„Piekrītu tam, ka vajag ne tikai jauno un moderno, bet tuvinātu reālajai dzīvei”.

”Ļoti aktuāla un noderīga ir tāda saskare ar vienkāršam ierīcēm, kurās saskatāma fizikālas parādības būtība. Vajadzētu sagatavot vairāk tādu ierīču, lai aptvertu pēc iespējas vairāk fizikas nodaļu.”

„Profesionālajās skolās aktuāla ir tieši praktiskā darbošanās.”

„Ne vienmēr vajadzīgi mērinstrumenti, lai saprastu, kas notiek. Mērinstrumenti var palīdzēt, ja jānoskaidro kāda likumsakarība, kura nav acīm redzama.”

Redzams, ka arī šis pētījums neapšaubāmi liecina, ka 1. tēzē paustā atziņa ir pareiza. Tas bija neatkarīgs skolotāju viedoklis, kas neskāra tieši sava darba augļus, savu skolēnu rezultātus. Tas nozīmē, ka apskatītais kvantitatīvais mērījums kopā ar kvalitatīvo pētījumu ļauj veidot triangulāciju, kura pierāda promocijas darba 1. tēzi.

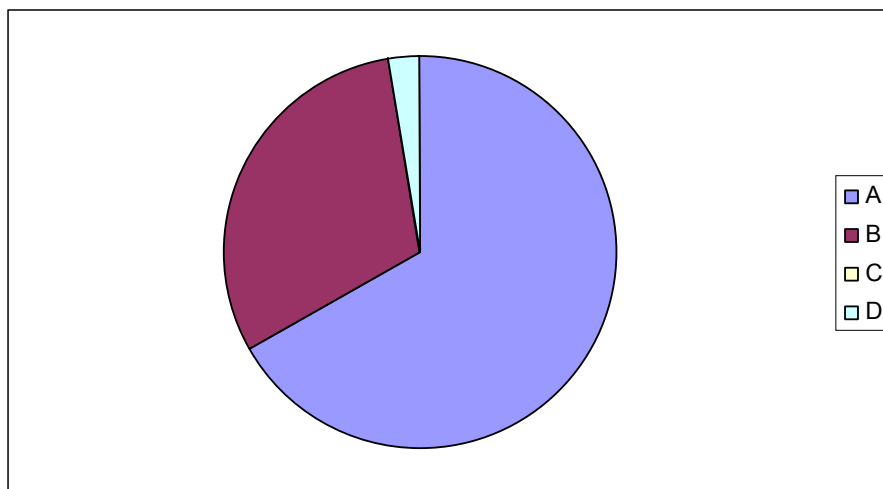
Tagad apskatīsim jaunākajā, 14. Fizikas skolotāju asociācijas konferencē anketēšanas ceļā iegūtos kvantitatīvos mērījumus.

Vispirms aplūkosim 44. attēlā redzamo skolotāju atbilžu apkopojumu uz jautājumu „Vai fizikālo parādību apgūšanu, eksperimentēšanas prasmju un iemaņu veidošanu skolu jauniešiem veicina pēc iespējas tiešāka, nepastarpināta saskare ar apgūstamo parādību?”

Skolotājiem piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Piekrītu pilnībā.
- B. Drīzāk piekrītu.
- C. Drīzāk nepiekrītu.
- D. Nepiekrītu.

Aplūkojot diagrammu (skat. 44. attēlu) redzam, ka ļoti pārliecinošs skolotāju vairākums uz šo jautājumu ir atbildējis apstiprinoši, atbalstot darba 1. tēzi, pie tam lielāks ir bijis visnoteiktākais apstiprinājums.

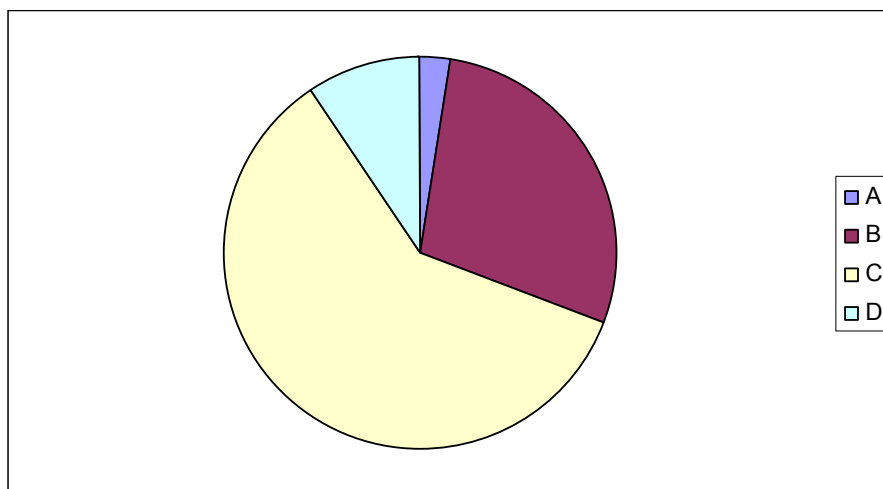


44. attēls. Skolotāju atbildes uz jautājumu „Vai fizikālo parādību apgūšanu, eksperimentēšanas prasmju un iemaņu veidošanu skolu jauniešiem veicina pēc iespējas tiešāka, nepastarpināta saskare ar apgūstamo parādību?”

Tagad aplūkosim atbilžu apkopojumu uz pretēju jautājumu par liela starpnieku skaita lietderību „Vai liels mēraparātu un iekārtu skaits, kas atrodas starp pētāmo fizikālo parādību un skolēnu, nodrošina šīs parādības labāku apgūšanu?”

Skolotājiem piedāvātie atbilžu varianti ir šādi:

- A. Piekrītu pilnībā.
- B. Drīzāk piekrītu.
- C. Drīzāk nepiekrītu.
- D. Nepiekrītu.



45. attēls. Skolotāju atbildes uz jautājumu „Vai liels mēraparātu un iekārtu skaits, kas atrodas starp pētāmo fizikālo parādību un skolēnu, nodrošina šīs parādības labāku apgūšanu?”

Aplūkojot diagrammu (skat. 45. attēlu) redzam, ka arī šis kvantitatīvais mērījums apstiprina promocijas darba 1. tēzi. Lai gan pārsvars nav tik milzīgs, kā 44. attēla diagrammā. Tas varētu būt izskaidrojams ar skolotāju vecuma struktūru un agrākās fizikas izglītības paradigmas arvien vēl jūtamo ietekmi.

Tagad apskatīsim kvalitatīvā pētījuma piemēru no skolēnu Valsts fizikas olimpiādes. Tas ir 10. klases eksperimentāli veicamais uzdevums 2011. gada olimpiādē.

Dīvainā atspere

Uzdevums

Salīdzini, kā stiepjas atspere un kā gumija!

Vai vari pateikt, kāds ir dīvainās atsperes stinguma koeficients?

1. Izveido metodi sakarības noteikšanai starp ķermeņa pagarinājumu un tam pielikto spēku!
2. Izpēti, kā mainās pagarinājums dīvainai atsperei, ja tās sastiepuma spēku palielina no 0N līdz 2,5N!
3. Izpēti, kā mainās gumijas pagarinājums, ja sastiepuma spēku palielina no 0N līdz 2,75N!
4. Izpēti, kā mainās gumijas pagarinājums, ja sastiepuma spēku samazina no 2,75N līdz 0N!
5. Trīs iegūtās līknes attēlo vienā grafikā!
6. Centies izskaidrot, kāpēc līknes atsperei un gumijai atšķiras!
7. Vai gumijai abos virzienos līknes iznāca vienādas? Kāpēc?
8. Kā no iegūtās līknes var noteikt dīvainās atsperes stinguma koeficientu, kas raksturotu tās pagarinājumu, piekarot 100g atsvaru? Attēlo to grafikā!
9. Kā no iegūtās līknes var noteikt dīvainās atsperes stinguma koeficientus, lai aprēķinātu svārstību periodus mazas amplitūdas atsperes svārstiem, ko šī atspere veidotu ar 25g un ar 200g atsvariem? Attēlo to grafikā!

Darba piederumi:

- dīvaina atspere;
- gumija;
- lielāka, normāla atspere, kuras stinguma koeficients $k = 11 \text{ N/m}$;
- divas pildspalvas;
- milimetru papīrs.

Uzmanies!

Lielās atsperes pagarinājums nedrīkst pārsniegt 0,25 m.

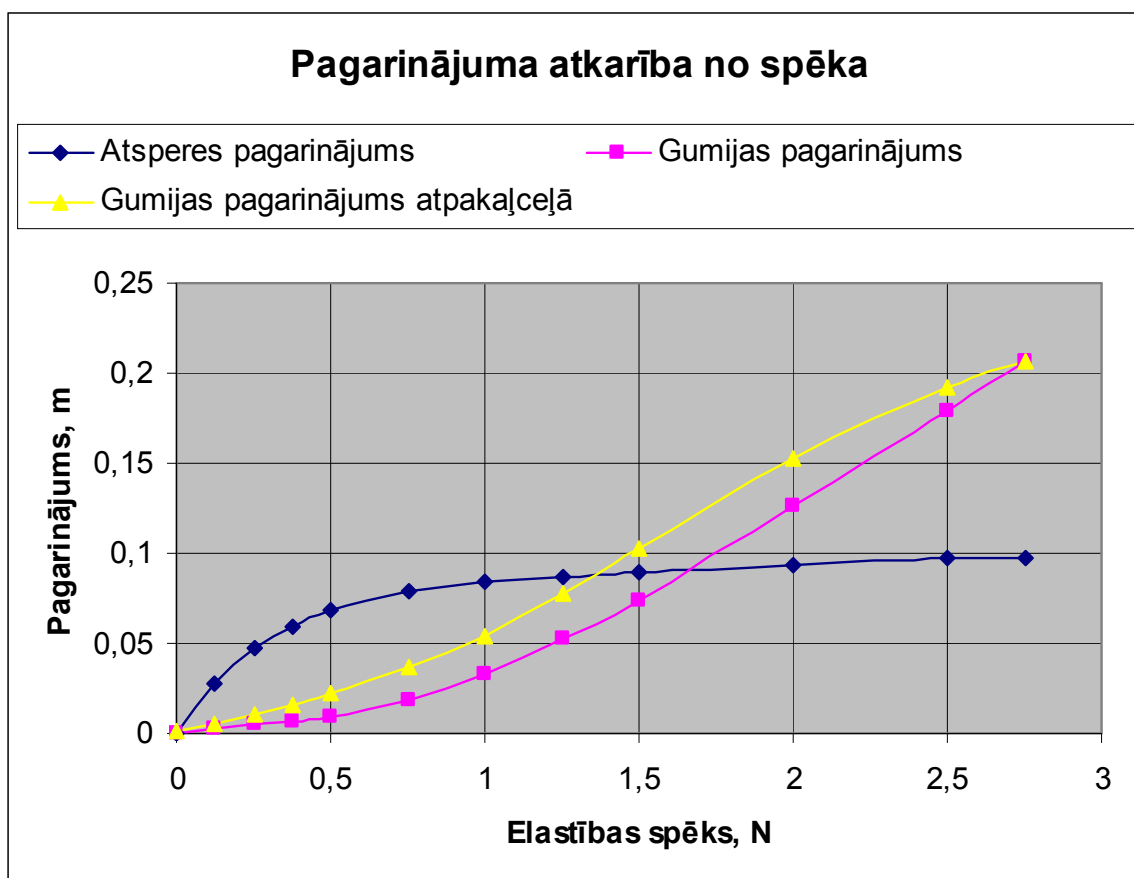
Risinājums

Pētāmo ķermeni savieno virknē ar atsperi, kuras stinguma koeficients ir nemainīgs un zināms. Šo virkni novieto uz milimetru papīra, atzīmē savienojuma vietu (vai lielās atsperes pirmo tuvāko vijumu) un turpmāk saglabā to nemainīgu. Ārējos galos ir ērti ievērt pildspalvas, atzīmēt ar tām nesastiepto stāvokli. Tad pildspalvas pakāpeniski attālina, katru reizi atzīmējot to stāvokli. Kad stiepšana beigusies, ir viegli nolasīt katras atzīmes attālumu no nesastieptā stāvokļa atzīmes. Tie ir pagarinājumi.

Katram pētāmā priekšmeta pagarinājumam atbilst zināmās atsperes pagarinājums, no kura var viegli aprēķināt sastiepuma spēku $F = k \Delta l$.

Ja maziem sastiepumiem traucē berze pret papīru, virkne aiz pildspalvām jāpaceļ un atkal jānolaiž vertikāli lejup. (2 p.)

Punkts par katru pareizi uzņemtu un grafikā attēlotu līkni. (3 p.)



46. attēls. Dīvainās atsperes pagarinājuma, gumijas pagarinājuma izstiepējot un ļaujot sarauties atkarība no elastības spēka.

Atsperes līkne noliecas tāpēc, ka samazinās spēka plecs (attālums no spēka pielikšanas vietas līdz atsperes vijumu centram), kas nepieciešams atsperes tīšanai ciešākā spirālē. (1 p.) Gumijas līkne uzliecas uz augšu, jo šajā gadījumā būtiskāk deformējas un mainās pati materiāla struktūra un gumija kļūst tievāka. Atpakaļceļā gumijai līkne ir nedaudz savādāka, jo šai struktūrai jāmainās atpakaļ (to varētu saukt par vielas iekšējo berzi), tādēļ gumijai ir vērojama zināma atmiņa. (1 p.)

Stinguma koeficientu, kas raksturotu atsperes pagarinājumu, piekarot tai 100 g atsvaru, var noteikt, izdalot atbilstošā punkta koordinātes vienu ar otru

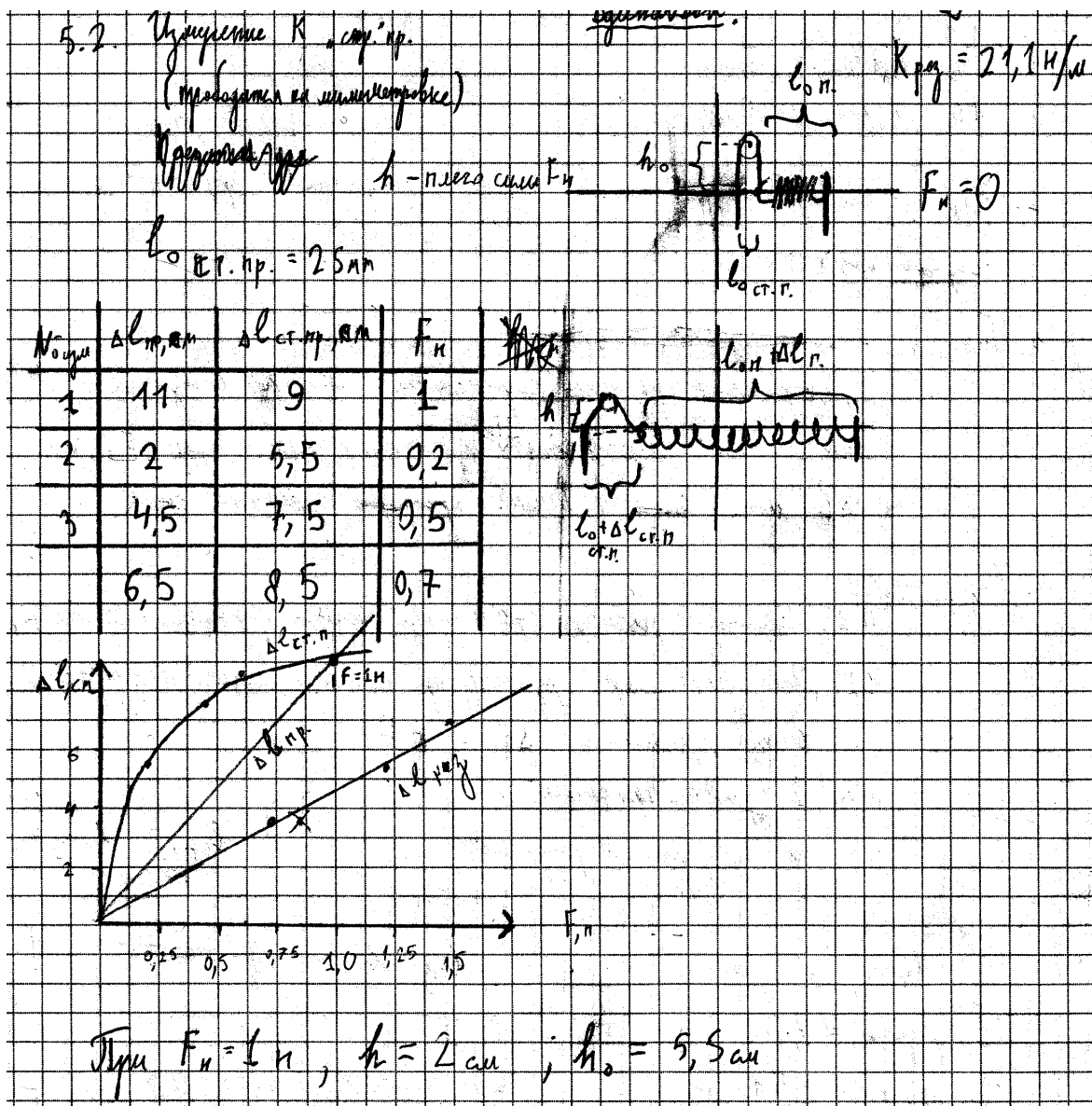
$$K = F / \Delta l = 1 / 0,084 = 11,9 \text{ (N/m)} .$$

Grafikā (skat. 46. attēlu) tas ir slīpuma koeficients taisnei, kas novilkta no koordinātu sākumpunkta ($F=0$; $\Delta l=0$) caur šo punktu. Ja asis izvēlētas tā, kā šeit, tad tas ir ctg, bet, ja otrādi, tad tg leņķim starp taisni un horizontālo asi. (1 p.)

Lai noteiktu stinguma koeficientus mazas amplitūdas atsperes svārstiem, ko dīvainā atspere veidotu ar 25g un 200g atsvariem, attiecīgajiem sastiepuma spēkiem atbilstošajos punktos jānovelk līknes pieskares. Var vilkt taisnes caur diviem punktiem, kas atrodas tuvu abās pusēs attiecīgajiem punktiem un apzīmē svārstību amplitūdu. Bezgala mazas amplitūdas modelī šādas taisnes sakrīt ar pieskarēm. Skaidrs, ka stinguma koeficienti katrā no attiecīgajiem punktiem būs atšķirīgi. Bez aprēķiniem nevar pat droši pateikt, kurā no tiem svārstību periods būtu lielāks. (2 p.)

Un tagad aplūkosim, kā skolēns, kuram nebija dots neviens no skolā šajā mācību tēmā lietotajiem mēraparātiem, ir izpratis katrā eksperimenta piederumā notiekošo, sapratis to funkcijas un veicis eksperimentu bez standartveida mēraparātiem (skat 47. un 48. attēlu). Viņš ir pareizi novērtējis lielo spirālveida atsperi kā lineāru elastīgu elementu ar zināmu stinguma koeficientu un sapratis, ka to var lietot kā labu mēraparātu dīvainās atsperes un gumijas stinguma koeficientu mērīšanai. Bez tam skolēns arī ir sapratis, kā, izmantojot milimetru papīru, noteikt pagarinājumu katram no stiepjamajiem priekšmetiem, patstāvīgi izveidojot eksperimentu ar virknē sakabinātām atsperēm. Pie tam skolēns ir ievērojis, ka dīvainajai atsperei mainās arī pieliktā spēka plecs, kas arī ir galvenais cēlonis stinguma koeficienta mainīgumam. Tādēļ viņš ir veicis arī lieluma h mērījumus (skat. 47. attēlu), lai varētu pārbaudīt paša izdomātā modeļa pareizību. Tad iegūtais rezultāts vēl ir salīdzināts ar teorētiskajiem aprēķiniem saskaņā ar skolēna patstāvīgi izveidotu modeli, kurš paskaidro, kāpēc šai atsperei stinguma koeficients ir mainīgs (skat. 48. attēlu). Šis ir kvalitatīva pētījuma paraugs, kas apstiprina promocijas darba 1. un 2. tēzē ietvertos apgalvojumus par

nepieciešamību nepastarpināti darboties ar pētāmajiem objektiem un par „lēnās” domāšanas būtisko lomu skolēnu pētījumu veikšanā.



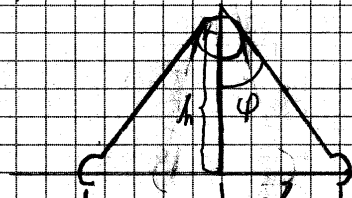
47. attēls. Fragments no 10. klases skolēna 2011. gada valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājuma. Skolēns ir lieliski sapratis situāciju, savienojis abas atsperes virknē, atzīmējis uz milimetru papīra to galu atrašanās vietas pie dažādiem sastiepuma spēkiem, ieguvis pareizus mērskaitļus un iegūtās sakarības uzskatāmi attēlojis grafikā. Nepastarpināta darbošanās ar pētāmajiem objektiem bez mērparātiem, bet ar „lēno” domāšanu dod lielisku rezultātu (kvalitatīvs pētījums 1. un 2. tēzei).

6. Analīzē rezultātus.

Tūlītēja uzdevuma risinājums, Δl ct. pp. griezumamērķa ne vienmēr ir proporcionāls spēkam F_n

Maksimālā spēka F_n ir $F_n = 1 \text{ N}$ šķērķa rāķim $M = F \cdot h = 1 \cdot 0,02 \text{ m} = 0,02 \text{ N}\cdot\text{m}$

K ct. pp. šķērķa rāķim $\frac{M}{\varphi} = \left[\frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{rad}} \right]$



$$\varphi = \arcsin \left(\frac{\Delta l}{2h} \right) = \arcsin \left(\frac{9 \text{ cm}}{2 \cdot 10 \text{ cm}} \right) = \arcsin \left(\frac{0,9}{2} \right) = \arcsin \left(0,45 \right) \approx 2,25 \text{ rad}$$

\Downarrow

$$K_{\text{ct. pp.}} = \frac{0,02 \text{ N}\cdot\text{m}}{\arcsin \left(\frac{0,9}{2} \right)} = \left[\frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{rad}} \right] \quad (\text{ē gramu bez neprecīzības, pāreju šķērķa rāķim mēģinājumiem})$$

Šķērķa rāķim F_n ir $F_n = 1 \text{ N}$ „sīkākā” mēģinājuma rezultāts ir 100 z , F_n šķērķa rāķim ir $0,1 \text{ N} \cdot 100 = 10 \text{ N}$

Šķērķa rāķim $F_n = 1 \text{ N}$ „sīkākā” mēģinājuma rezultāts ir 100 z , F_n šķērķa rāķim ir $0,1 \text{ N} \cdot 100 = 10 \text{ N}$

48. attēls. Fragments no 10. klases skolēna 2011. gada valsts fizikas olimpiādes eksperimentāli veicamā uzdevuma risinājuma. Skolēns, veicot „lēno” domāšanu ir patstāvīgi izveidojis modeli, kurš paskaidro, kādēļ dīvainās atsperes stinguma koeficients ir mainīgs, aprēķinājis, cik lielām tā izmaiņām vajadzētu būt saskaņā ar šo modeli, un salīdzinājis rezultātu ar eksperimentā iegūto (kvalitatīvs pētījums 1. un 2. tēzei).

Šis kvalitatīvais pētījums kopā ar skolotāju anketēšanas ceļā veikto kvantitatīvo mērījumu atkal veido triangulāciju, kura vēlreiz pierāda, ka Pašreizējā virtualizācijas laikmetā skolu jauniešiem, tai skaitā arī spējīgākajiem, jāļauj pēc iespējas nepastarpinātāk saskarties ar apgūstamo fizikālo parādību, lietojot pēc iespējas mazāk vai vienkāršākus mērīinstrumentus, un vienkāršos eksperimentos pieskarties sarežģītām parādībām, gūstot pašpieredzi un veidojot fizikālo procesu izjūtu.

5. Secinājumi un priekšlikumi

Izveidotie uzdevumi ir noderīgi ne tikai olimpiādēs, bet arī Jauno fiziķu skolai un Mazajai Fizikas universitātei. Daudzi uzdevumi slēpj sevī arī papildus iespējas piedāvāt tos kā skolēnu izglītojoši zinātniski pētnieciskos darbus, jo pilnībā izbaudīt „lēnās” domāšanas priekšrocības var, ja darbs kopumā ilgst vismaz 10 stundas [3].

Autors ir pārliecināts, ka pašlaik ir īstais brīdis vēl plašāk iesaistīt studentus skolēnu nodarbību veidošanā. Jauno fiziķu skola līdz šim ir pastāvējusi, pateicoties studentu entuziastu aktivitātei. Taču nav izslēgts, ka kādreiz tā var arī apsīkt. Nodarbību gatavošanas procesā bija ļoti redzams, ka daļai studentu īstenībā ļoti patīk šāda izglītojošā darbība. Tad kādēļ gan neļaut viņiem iegūt arī skolotāja kvalifikāciju reizē ar fiziķa diplomu. Un Jauno fiziķu skolas nodarbību gatavošana faktiski jau ir viens no kursiem, kas būtu nepieciešams šādas kvalifikācijas iegūšanai. Tajā ir gan semināru nodarbības ar plašām diskusijām, gan didaktikas praktikums, piedāvājot skolēniem pašu veidotos eksperimentus un vēlāk analizējot to panākumus, gan arī pedagoģiskā prakse, stājoties skolēnu auditorijas priekšā. Protams, ir jāapzinās, ka skolā visi skolēni nebūs tik ieinteresēti. Bet tas jau lielā mērā ir atkarīgs arī no paša skolotāja.

Ir laiks studentus plašāk iesaistīt arī Valsts fizikas olimpiādes 3. posma eksperimentālās kārtas gatavošanā, uzticot viņiem ne tikai tīri fiziskus darbus. Autors uzskata, ka olimpiādes atkarība vairāku gadu garumā tikai no viena cilvēka nav normāla situācija. Īpašas cerības šajā darbā gribētos saistīt ar tiem studentiem, kas paši reiz piedalījies olimpiādēs.

6. Aizstāvāmās tēzes

1. Pašreizējā virtualizācijas laikmetā skolu jauniešiem, tai skaitā arī spējīgākajiem, jāļauj pēc iespējas nepastarpinātāk saskarties ar apgūstamo fizikālo parādību, lietojot pēc iespējas mazāk vai vienkāršākus mērinstrumentus, un vienkāršos eksperimentos pieskarties sarežģītām parādībām, gūstot pašpieredzi un veidojot fizikālo procesu izjūtu.
2. Šāda nepastarpinātība labākajos skolēnos veicina „lēno” domāšanu, kas rada spēju patstāvīgi secināt un izprast vairāk, nekā mācīts skolā, veido radošu izziņas procesu – situācijas analīzi, variantu izspēli un izveido izpratīgu skolēnu. Īpaši spējīgākajiem skolēniem attīstoši ir tādi paaugstinātas grūtības pakāpes uzdevumi, kuros nepietiek tikai ar labu atmiņu, „ātro” domāšanu un „formulu fiziku”.
3. Paaugstinātas grūtības eksperimenti ar negaidītu, tikai daļēji prognozējamu gaitu īpaši spējīgākajiem skolniekiem būtiski „iedarbina” dabīgo zinātkāri, kas motivē pašam izskaidrot neprognozētus rezultātus, radīt jaunus eksperimentu formulējumus, kombinēt vairākus eksperimentus sava pētījuma veikšanai, tuvojoties īstai zinātniskai pētniecībai.
4. Veidojot olimpiādes eksperimentāli veicamos uzdevumus un eksperimentu demonstrējumu uzdevumus, to formulējumi ir jāstrukturē atbilstoši uzdevumu saturam un skolēnu gaidāmajam iemaņu, prasmju un zināšanu līmenim, padarot tos daudzslāņainus, norādot galvenos darbības soļus, bet tomēr nepasakot par daudz priekšā. Ļoti būtiski ir atrast robežu, cik izskaidrot, aprakstot fizikālo parādību, un cik iespēju atstāt skolēna radošai darbībai.

7. Publikāciju saraksts

Pieeja, kuru autors lieto eksperimentālo uzdevumu un eksperimentu demonstrējumu gatavošanai olimpiādei, atspoguļojas paaugstinātas grūtības eksperimentos (fizikas bakalaura studiju līmenis). Visās autora publicētajās konferenču tēzēs (1-4) un zinātniskajās publikācijās (1, 2) aprakstīti šie eksperimenti, (3, 4) šiem eksperimentiem izveidotās iekārtas un (5, 6) iekārtām radītie īpašie materiāli. Šādu pētniecisko eksperimentu ideju izstrādes autors veidojis arī ISEC ESF projektā „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātnu, matemātikas un tehnoloģijas priekšmetos” (7) un LU ESF projektā „Profesionālajā izglītībā iesaistīto vispārizglītojošo mācību priekšmetu pedagogu kompetences paaugstināšana” (8). Vairāku izstrādņu sarežģītākie varianti pārtapuši arī Valsts fizikas olimpiādes eksperimentālās kārtas uzdevumos.

7.1. Zinātniskās publikācijas

1. LED Based Dual Wavelength Heterochromatic Flicker Method for Separate Evaluation of Lutein and Zeaxanthin in Retina. M. Ozolinsh and P. Paulins. International Symposium on Biomedical Engineering and Medical Physics. *Dedicated to the 150 anniversary of the Riga Technical University, Latvia*. In cooperation with IFBME, Riga, Latvia, 10-12 October, 2012 and International Conference of the Riga Technical University dedicated to the 150 anniversary of the University, Book of Articles, Springer, 2012.
2. Visual demonstrations with a low-cost PLZT modulator. T. B. Romanovskis, P. J. Paulins. FERROELECTRICS, 1986, Vol. 69, pp. 139 – 142.
3. PLZT laser beam modulator. M. Ozolinsh, P. Paulins, A. Viesturs, M. Kundzins, K. Kundzins, A. Krumins. FERROELECTRICS, 1992, Vol. 128, pp. 73 – 78.
4. PLZT Kerr Cell for Demonstration of Kerr Effect and Data Transmitting by Laser Beam in Auditoriums. M. Ozolinsh, P. Paulins and H. Porshen. Education and Training in Optics, 1993, Vol. 1, Pecs, Hungary, pp. 214-219.

5. Studies of Raman scattering spectra (RSS) of PLZT and PMN Ceramics doped with 3d Elements. V. Dimza, P. Paulins, M. S. Zhang, O.Chen, Z. X. Lin. FERROELECTRICS, 1992, Vol. 131, pp. 239 – 248.
6. Structure and Properties of PLZT 1/65/35 Ceramics Doped with Mn and Fe. V. Dimza, K. Borman, P. Paulins, L. Shebanov, A. Plaude. FERROELECTRICS, 1993, Vol. 146, pp. 145 – 151.
7. ISEC ESF projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģijas priekšmetos” mācību un metodisko līdzekļu komplekts fizikā 10.-12. klasei. Autoru kolektīvs. – ISEC, 2008. Rīga
8. LU ESF projekta „Profesionālajā izglītībā iesaistīto vispārīgā izglītībā mācību priekšmetu pedagogu kompetences paaugstināšana” mācību un metodisko līdzekļu komplekts fizikā 10.-12. klasei Moodle vidē. Autoru kolektīvs. LU, <http://profizgl.lu.lv/>, 2011. Rīga

7.2. Populārzinātniskās publikācijas

1. Vai fonogrāfu izgudroja Edisons? Paulis Paulins. TERRA, 2000.septembris, Rīga, 16.-17. lpp.
2. Kā lielais mēmais iemācījās runāt (1). Paulis Paulins. TERRA, 2000.novembris, Rīga, 14.-15.lpp.
3. Kā iegūt Kirliānu fotogrāfijas? Paulis Paulins. TERRA, 2001.februāris, Rīga, 24.-25. lpp.
4. Kā lielais mēmais iemācījās runāt (2). Paulis Paulins. TERRA, 2001.aprīlis, Rīga, 12.-13. lpp.
5. Kompaktdisks. Optiskā ciparu skaņu ierakstu sistēma. Paulis Paulins. TERRA, 2001.septembris, Rīga, 27.-28. lpp.
6. Kompaktdisku atskaņotājs. Paulis Paulins. TERRA, 2001.oktobris, Rīga, 26.-27. lpp.
7. Skrejrunis jeb kā darbojas mobilo sakaru tīkls. Paulis Paulins. TERRA, 2002.februāris, Rīga, 26.-28. lpp.

8. Skaņu ieraksti, kas paredzēti tikai cilvēka ausīm (1). Paulis Paulins. TERRA, 2003.marts, Rīga, 16.-18. lpp.
9. Skaņu ieraksti, kas paredzēti tikai cilvēka ausīm (2). Paulis Paulins. TERRA, 2003.aprīlis,maijs, Rīga, 26.-28. lpp.
10. Daudzpusīgais disks. Paulis Paulins. TERRA, 2004.septembris,oktobris, Rīga, 22.-23. lpp.
11. Ierakstāmie DVD diski. Paulis Paulins. TERRA, 2005.septembris,oktobris, Rīga, 38.-39. lpp.

7.3. Publicētās starptautisko zinātnisko konferenču tēzes

1. How can it be? Teaching/learning physics by interactive demonstrations. Inese Dudareva, Paulis Paulins, Ausma Bruneniece, Andrejs Salszirnis. The World Conference on Physics Education, July 1-6, 2012, Bahcesehir Universitesi, Istanbul, Book of Abstracts, edited by M. Fatih Tasar, Gazi Universitesi, Ankara, Turkey.
2. LED and DPSS laser visual stimuli for evaluation of lutein and zeaxanthin macular pigment caused light extinction in human retina. M. Ozolinsh, P. Paulins. EOS Annual Meeting (EOSAM 2012) 25 - 28 September 2012, Aberdeen Exhibition and Conference Centre, Scotland, GB, Abstracts of Conference.
3. LED Based Dual Wavelength Heterochromatic Flicker Method for Separate Evaluation of Lutein and Zeaxanthin in Retina. M. Ozolinsh and P. Paulins. International Symposium on Biomedical Engineering and Medical Physics. *Dedicated to the 150 anniversary of the Riga Technical University, Latvia*. In cooperation with IFBME, Riga, Latvia, 10-12 October, 2012 and International Conference of the Riga Technical University dedicated to the 150 anniversary of the University, Book of abstracts.
4. PLZT Laser beam' modulator. Krumins A., Kundzins M., Kundzins K., Viesturs A., Paulins P., Ozolinsh M.. Seventh European Meeting on Ferroelectricity abstracts. 1991, Dijon, p. 541.

Izmantotā literatūra

1. ISEC, DZM, Fizika 11. klasei, Vizuālie materiāli, 2008.
2. D. Kahneman. Thinking, Fast and Slow. Farrar, Straus and Giroux, New York, 2011.
3. J. Ogborn. Curriculum Development in Physics: Not Quite so Fast. Plenary session 03 at WCPE 2012, Bahcesehir Universitesi, Istanbul, Turkey.
4. L. Keirāns. Dabaszinību metodikas "atmatas" neizmantotās bagātības. Krāj. "Dabaszinātnes un skolotāju izglītība. 1. daļa, Rīga, Vārti, 1999., 22. lpp.
5. J. H. Pestalocijs. Darbu izlase. Veltīta pedagoga 250. gadu atcerei. Rīga, LU, 1996., 115. – 117. lpp.
6. R. Feinmans. Kas ir zinātne? Runa ASV skolotāju konferencē, 1966.
7. Коменский Ян Амос. Избранные сочинения. – Москва, Учпедгиз, 1995.
8. Education: An introduction, 2-nd edition. David G. Armstrong, Kenneth T. Henson, Tom V. Savage. New York, 1985, 337 – 340 p.
9. V. Suhomļinskis. Sarna ar jauno skolas direktoru. Rīga, Zvaigzne, 1975., 15. – 156. lpp.
10. A. Töldsepp. Are our students Overloaded With school science? Workshop at Science and Technology Education Summit 2011 „Be More In Science And Mathematics”, 2011., Riga.
11. S. C. Kleene. Mathematical Logic. John Wiley & Sons, inc., New York – London – Sydney, 1967.
12. D. Namsone. Dabaszinātnes skolā – atbilstoši laikam. Lielvārds, 2010., 17. lpp.
13. J. Greste. Krist un celties. Zvaigzne, 1990., 260.lpp.
14. E. Šilters. Habilitācijas darba „Fizikas atziņu un likumsakarību pārdeves problēma sabiedrības neprofesionālām grupām un tās risinājumi” kopsavilkums. Rīga, 1998.
15. Rokasgrāmata dabaszinātņu un matemātikas skolotājam. 1. daļa. VISC 2011., 66. lpp.
16. TIMSS (the Third International Mathematics and Science Study) 1999.
<http://timssvideo.com/sites/default/files/Math%20Teaching%20in%20the%20US%20Today%0and%20Tomorrow.pdf>
17. R. D. Knight. Five Easy Lessons. Strategies for Successful Physics Teaching. Pearson education, Inc., Addison Wesley, 2004.
18. O. de Jong. Characteristic of Chemistry Education Research in Europe: a Three Context View. In: Research in Chemical Education and its Influence on Teaching Chemistry at School. Proceedings of IIIrd European Conference on Research in Chemical Education. (ed. R. M. Janiuk). Lublin-Kazimierz, Poland, 1995, 21-29

19. J. Osborne. Science Education for Contemporary Society: Problems, issues and dilemmas. In: Teaching for Scientific Literacy. Context, Competency and Curriculum. O de Jong, R.Savelsbergh, A. Alblas (eds). Utrecht University, ICASE, Utrecht, 2001.
20. Dabaszinātnes un matemātika. www.dzm.lv
21. J. Osborne, J. Dillon. Science Education in Europe: Critical reflections. A Report to the Nuffield Foundation, Kings College London, 2008.
22. Ē. Mazura grupa. <http://mazor.harvard.edu/education/educationmenu.php>
23. E.Mazur. Understanding or memorization: Are we teaching the right thing? Proceedings of Resnick Conference, Wiley, in press.
24. A. B. Arons. Teaching Introductory Physics. John Wiley & Sons, New York, 1997.
25. L. C. McDermott. What we teach and what is learned – closing the gap. Am. J. Phys. 59, 301 – 315, 1991.
26. L. C. McDermott and E. F. Redish. Resource Letter: PER-1: Physics Education Research. Am. J. Phys. 67, 755 – 767, 1999.
27. National Research Council, National Science Education Standards. Washington, DC: Academy Press, 1996.
28. Measuring student knowledge and skills. A New Framework for Assessment. OECD, 1999.
29. . A. Špona. Audzināšanas process teorijā un praksē. Rīga, Raka, 2006.
30. A. Kangro, A. Geske. Zināšanas un prasmes dzīvei. Latvija OECD valstu starptautiskajā skolēnu novērtēšanas programmā 1998 – 2001. Rīga, Mācību grāmata, 2001.
31. E. Hegarty-Hazel. The students Laboratory and the Science Curriculum. London and New York, Routledge, 1990.
32. W. Graber, T. Erdman, V. Schlieker. ParCIS: Aiming for Scientific Literacy Through Self - Regulated Learning with the Internet. In: Science and Technology Education: Preparing Future Citizens. Proceedings of the 1st IOSTE Symposium in Southern Europe, V I, 2001, 203 – 214
33. V. Fļorovs, A. Cēbers, L. Šmits. Latvijas Atklātā fizikas olimpiāde 1976-1994. „Mācību grāmata”, Rīga, 1995.
34. Atklātās fizikas olimpiādes „vids laikos” <http://www1.cfi.lu.lv/teor/olimp/>
35. Jaunākās Atklātās fizikas olimpiādes <http://skolas.lu.lv/course/category.php?id=52>
36. J. Krūmiņš. Uzdevumi fizikas olimpiādēs. Rīga, Zvaigzne, 1983.
37. Starptautiskās fizikas olimpiādes.
http://en.wikipedia.org/wiki/International_Physics_Olympiad

38. Starptautiskās fizikas olimpiādes.
http://www.jyu.fi/tdk/kastdk/olympiads/ipho_winners.pdf
39. Олег Кабардин, Владимир Орлов. Международные физические олимпиады для детей. Наука, Москва 1985.
40. Nicolaus Vermes. International Physics Competitions 1967-1977. Roland Eotvos Physical Society, Budapest, second edition, 1978.
41. Starptautiskās fizikas olimpiādes.
<http://ipho.phy.ntnu.edu.tw/ipho-history.html>
42. ASV Fizikas olimpiādes.
http://en.wikipedia.org/wiki/United_States_National_Physics_Olympiad
43. Lielbritānijas Fizikas olimpiādes.
<http://www.physics.ox.ac.uk/olympiad/PastPapers.html>
44. Indijas Fizikas olimpiādes.
http://en.wikipedia.org/wiki/Indian_National_Physics_Olympiad
45. Krievijas Fizikas olimpiādes.
<http://old.phys.rosolymp.ru/default.asp?trID=118>
46. Всероссийские олимпиады по физике 1992-2001. Н. ред. С. М. Козел, В. П. Слободянин. Москва, Вербум-М, 2002.
47. The International Association for the Properties of Water and Steam, Gaithersburg, Maryland, USA September 2001, Guideline on the Use of Fundamental Physical Constants and Basic Constants of Water. Date of this revision September 2008.
<<http://www.iapws.org/relguide/fundam.pdf>>, p. 5.
48. Gerald Pollack, 32nd Annual Faculty Lecture (2008-01-30). <"[Water, Energy, and Life: Fresh Views From the Water's Edge](#)">, University of Washington TV. Retrieved February 5, 2011.
49. Effect of temperature and salinity on seawater density, temperature distribution in the ocean, Faculty of science, Free University of Brussels, <<http://www.vub.ac.be/ANCH/educ/Marine%20Physico%20Chemistry%20Pdf%20version%20Chs%201%20to%207/Chapter%202%20Salt%20Temperature%20and%20Density.pdf>>.
50. T.C. Hope, "Experiments and observations upon the contraction of water by heat at low temperatures," Trans. Roy. Soc. Edinburgh **5**, 379-405 (1805).
51. M.F. Cawley, D. McGlynn, P.A. Mooney, "Measurement of the temperature of density maximum of water solutions using a convective flow technique," Int. J. Heat Mass Transfer **49**, 1763-1772 (2006).

52. N. Takahashi and M. Mori, Demonstration of the heat with the ICT based real-time thermo viewer camera for elementary school, Poster and its handout copies at The World Conference on Physics Education (July 1-6, 2012), Bahcesehir Universitesi, Istanbul / Turkey.
53. N. Takahashi, M. Mori, "Demonstration of the heat with the ICT based real-time thermo viewer camera for elementary school, " in WCPE 2012 Book of Abstracts, edited by M. Fatih Tasar (Gazi Universitesi, Ankara, Turkey, 2012), p. 112.
54. Animated model of Free Convection in a Cold Water Glass, if the glass is warmed mainly from the bottom, starting from 5°C, COMSOL Multiphysics, <http://www.comsol.com/showroom/animations/195/>.
55. Gabriel López Rodríguez, mathematical model of Free Convection in a Water Glass, Dept. Electrical and Thermal Engineering. E.P.S. La Rábida, University of Huelva (Spain), http://www.uhu.es/gabriel.lopez/mecanicos/ingterfluid/free_convection_in_a_water_glass.pdf.
56. Changes in time of temperature distribution, velocity field and heat flux through the bottom (as main source), top surface and side wall of the glass, COMSOL Multiphysics 4.1, http://www8.tfe.umu.se/courses/energi/Varme_och_Mass%20II/cold_water_glass_41.pdf.
57. LED Based Dual Wavelength Heterochromatic Flicker Method for Separate Evaluation of Lutein and Zeaxanthin in Retina. M. Ozolinsh and P. Paulins. International Symposium on Biomedical Engineering and Medical Physics. *Dedicated to the 150 anniversary of the Riga Technical University, Latvia*. In cooperation with IFBME, Riga, Latvia, 10-12 October, 2012 and International Conference of the Riga Technical University dedicated to the 150 anniversary of the University, Book of Articles, Springer, 2012.
58. Visual demonstrations with a low-cost PLZT modulator. T. B. Romanovskis, P. J. Paulins. FERROELECTRICS, 1986, Vol. 69, pp. 139 – 142.
59. PLZT laser beam modulator. M. Ozolinsh, P. Paulins, A. Viesturs, M. Kundzins, K. Kundzins, A. Krumins. FERROELECTRICS, 1992, Vol. 128, pp. 73 – 78.
60. PLZT Kerr Cell for Demonstration of Kerr Effect and Data Transmitting by Laser Beam in Auditoriums. M. Ozolinsh, P. Paulins and H. Porshen. Education and Training in Optics, 1993, Vol. 1, Pecs, Hungary, pp. 214-219.

61. Studies of Raman scattering spectra (RSS) of PLZT and PMN Ceramics doped with 3d Elements. V. Dimza, P. Paulins, M. S. Zhang, O.Chen, Z. X. Lin. FERROELECTRICS, 1992, Vol. 131, pp. 239 – 248.
62. Structure and Properties of PLZT 1/65/35 Ceramics Doped with Mn and Fe. V. Dimza, K. Borman, P. Paulins, L. Shebanov, A. Plaude. FERROELECTRICS, 1993, Vol. 146, pp. 145 – 151.
63. Berendschotj TJM (2010) Imaging the Macular Pigment. In: Medical Retina – Focus on Retinal Imaging, Spaide RF. (Ed.), 1st Edition:51–68; DOI: 10.1007/978-3-540-85540-8_6
64. Trieschmann M, van Kuijk FJGM, Alexander R, et al. (2008) Macular pigment in the human retina: histological evaluation of localization and distribution. Eye 22:132–137
65. Snider LI (2008) Evidence Supports New Approaches for Reducing the Risk of Macular Degeneration. Cont Educat Issue: November 2008:S1–S8; <http://www.visioncareeducation.com/article.aspx?article=102340&a=om>
66. Bartlett H, Howells O, Eperjesi F (2010) The role of macular pigment assessment in clinical practice: a review. Clin Exp Optom 93:300–308
67. Beatty S, Boulton M, Henson D, et al. (1999) Macular pigment and age related macular degeneration. Br J Ophthalmol 83:867–877; doi:10.1136/bjo.83.7.867
68. Howells O, Eperjesi F, Bartlett H (2011) Measuring macular pigment optical density in vivo: a review of techniques. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 249:315–347; DOI: 10.1007/s00417-010-1577-5
69. van de Kraats J, Kanis MJ, Genders SW, van Norren D (2008) Lutein and zeaxanthin measured separately in the living human retina with fundus reflectometry. IOVS 49:5568–5573
70. Delori FC, Goger DG, Hammond BR, et. al. (2001) Macular pigment density measured by autofluorescence spectrometry: comparison with reflectometry and heterochromatic flicker photometry. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis 18:1212–1230
71. de Kinkelder R, van der Veen RLP, Verbaak FD, et al. (2011) Macular pigment optical density measurements: evaluation of a device using heterochromatic flicker photometry. Eye 25:105–112; doi:10.1038/eye.2010.164
72. Anstis S, Cavanagh P (1983) A minimum motion technique for judging equiluminance. In: Colour vision: Psychophysics and physiology, London: Academic Press, 155–166
73. Mellerio J, Ahmadi-Lari S, van Kuijk FJGM, et al. (2002) A portable instrument for measuring macular pigment with central fixation. Cur Eye Res 25:37–47

74. Moreland JD (2004) Macular pigment assessment by motion photometry. *Arch Biochem Biophys* 430:143–148
75. Robson AG, Holder GE, Moreland JD, Kulikowski JJ (2006) Chromatic VEP assessment of human macular pigment: comparison with minimum motion and minimum flicker profiles. *Vis Neurosci* 23:275–283
76. <http://www.brainvoyager.co.uk/catalog/metropsis/MP.html>
77. van der Veen RLP, Berendschot TTJM, Hendrikse F, et al. (2009) A new desktop instrument for measuring macular pigment optical density based on a novel technique for setting flicker thresholds. *Ophthal Physiol Opt* 29:127–137
78. Thurnham DI (2007) Macular zeaxanthins and lutein – a review of dietary sources and bioavailability and some relationships with macular pigment optical density and age-related macular disease. *Nutrition Res Rev* 20:163–179
79. Ozolinsh M, Martín I, Lauva D, Karitans V (2011) Howard-Dolman test at different opponent colour stimuli. *J Modern Opt* 58:1749–1754
80. <http://datasheet.octopart.com/XR7090-AM-L1-0001-Cree-datasheet-8398722.pdf> ; Cree® XLamp® XR LED Data Sheet

Pateicības

Liels paldies visiem, kas veidojuši Valsts fizikas olimpiādes eksperimentālo daļu kopā ar mani vai palīdzējuši veikt šo nesavtīgo misiju! Vispirms vēlos pateikties Jānim Harjam, Tomasam Romanovskim, Guntim Libertam un Edvīnam Šilteram. Paldies arī Andrim Ivbulim, Mārim Ozoliņam, Andrim Muižniekam, Vjačeslavam Kaščejevam un Inesei Dudarevai, ar kuriem radošā sadarbība turpinās. Liels paldies visiem fakultātes cilvēkiem, kas veidojuši uzdevumus vai vērtējuši skolēnu darbus.

Pateicos arī visiem, kas iemācījuši man fiziku, kas veidojuši Olimpiādes eksperimentālo kārtu pirms manis un tiem, kas veidos to pēc manis!

Paldies!