



**LATVIJAS**  
**UNIVERSITĀTE**  
ANNO 1919

Fizikas un matemātikas fakultāte

**Inese Dudareva**

**Sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles  
lietojums fizikas mācību procesā**

Promocijas darbs fizikas doktora grāda iegūšanai fizikas zinātņu nozarē  
fizikas didaktikas apakšnozarē

Darba zinātniskais vadītājs:

Asoc. prof. *Dr.phys.* Andris Muižnieks

Rīga, 2013



EIROPAS SAVIENĪBA



**LATVIJAS**  
**UNIVERSITĀTE**  
ANNO 1919

**IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ**

Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Sociālā fonda atbalstu projektā  
”Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”

## ANOTĀCIJA

Promocijas darbā tika veikts pētījums par informācijas komunikāciju tehnoloģiju lietojumu dabaszinātņu priekšmetos un skolotāju profesionālās pilnveides vajadzībām VISC ESF projektu „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” un „Dabaszinātnes un matemātika” 64 atbalsta skolās Latvijā. Līdz ar IKT pieejamību ir aktualizējies jautājums kā sensorus, datu uzkrājējus un interaktīvo tāfeli mērķtiecīgi izmantot fizikas mācību procesā, lai padziļinātu skolēnu zināšanas un attīstītu pētnieciskā darba prasmes. Pētījuma vajadzībām izstrādāti un aprobēti inovatīvi skolotāju atbalsta materiāli fizikā, sagatavoti metodiskie ieteikumi un profesionālās pilnveides nodarbības, lai skolotāji varētu mērķtiecīgi izmantot sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles iespējas, gatavojot mācību materiālus un organizējot fizikas mācību procesu, kas ir aktuāli, ienākot atbilstošam ES nodrošinātam aprīkojumam vairāk kā 250 Latvijas skolās.

*Atslēgas vārdi: IKT, sensori un datu uzkrājēji, interaktīvā tāfele, atbalsta materiāli.*

## ABSTRACT

The doctoral thesis presents the study on the efficiency of using the information communication technologies (ICT) in Natural Science subjects in 64 support schools of ESF Projects “Curriculum Development and In-service Training of Teachers in Science, Mathematics and Technology” and „Natural Science and Mathematics” in Latvia. The availability of ICT has brought an issue of meaningful use of sensors, data loggers and interactive whiteboard (IWB) in the teaching/learning process of physics to deepen students' knowledge and develop their research skills. The innovative teaching/learning materials in Physics and materials for in-service training of teachers as well as methodical recommendations regarding the targeted use of sensors, data loggers and IWB options had been developed and approved in order to prepare teaching materials and organize teaching/learning process for the teachers using ICT in Physics classes, necessary to carry out the given study. Now, when more than 250 Schools in Latvia are introducing appropriate equipment provided by the EU, this issue obtains a topical importance.

*Keywords: ICT, sensors and data loggers, IWB, support materials.*

# SATURS

Ievads .....	1
1. IKT dabaszinātņu mācību procesā .....	11
1.1. Sensori un datu uzkrājēji fizikas mācību procesā .....	14
1.2. Interaktīvā tāfele mācību procesā .....	16
2. Pētījums par IKT lietojumu mācību procesā dabaszinātnēs .....	21
2.1. Pētījuma metodoloģija .....	21
2.2. Pētījuma rezultāti .....	25
2.2.1. Aptaujas par IKT lietošanas tendencēm mācību procesā un skolotājiem nepieciešamo atbalstu .....	25
2.2.2. Atbalsta materiālu aprobācija .....	25
2.2.3. Stundu ārējā novērošana .....	34
2.2.4. Fokusgrupu diskusijas .....	35
2.2.5. Secinājumi .....	36
3. Sensoru lietojums fizikas mācību procesā .....	37
3.1. Sensori un to darbības princips .....	37
3.2. Sensoru un datu uzkrājēju lietojums fizikas mācību procesā .....	38
3.3. Ilgu procesu redzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija .....	42
3.3.1. Atsperes stinguma koeficienta noteikšana svārstību kustībā .....	43
3.3.2. Harmonisku svārstību demonstrēšana .....	44
3.3.3. Ķermeņu kustības raksturošana ar gaismas vārtu sensoriem .....	47
3.3.4. Kustības grafiku iegūšana ar kustības sensoru .....	49
3.4. Strauju procesu redzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija .....	50
3.4.1. Miera berzes spēka demonstrēšana ar spēka sensoru .....	50
3.4.2. Apgaismojuma likumsakarību pētīšana ar apgaismojuma sensoru .....	52
3.5. Strauju procesu neredzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija .....	55
3.5.1. Skaņas viļņu summēšanās .....	55
3.5.2. Spoles magnētiskā lauka demonstrējumi ar magnētiskā lauka sensoru .....	58
3.5.3. Demonstrējumi ar magnēta svārstu .....	61
3.5.3.1. Rimstošas svārstības Zemes magnētiskajā laukā .....	62
3.5.3.2. Svārstības papildus magnēta magnētiskajā laukā .....	66
3.5.3.3. Svārstību rimšana virpuļstrāvu ietekmē .....	70
3.6. Ilgu procesu neredzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija .....	76
3.6.1. Siltuma vadīšana .....	77
3.6.2. Izotermisks process .....	79
3.7. Sensori un datu uzkrājēji fizikas skolotāju profesionālajā pilnveidē .....	81

4. Interaktīvās tāfeles lietojums fizikas mācību procesā .....	86
4.1. Interaktīvā tāfele .....	86
4.2. Interaktīvās tāfeles mērķtiecīgs lietojums fizikas mācību procesā .....	87
4.3. Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas .....	89
4.4. Speciāli gatavotas darblapas jeb flipčārti .....	90
4.4.1. Attēlu izmantošana .....	90
4.4.1.1. Zvaigžņotās debess grozāmā karte fizikā, astronomijā un dabaszinībās vidusskolā .....	91
4.4.1.2. Garuma un laukuma mērīšana .....	94
4.4.2. Filmas fragmentu izmantošana .....	97
4.4.3. Interaktīvais materiāls pašmācībai fizikā 8. klasei .....	100
4.5. Interaktīvā tāfele kā multimediju centrs .....	101
4.5.1. Jautājumu/atbilžu sistēmas fizikas mācību procesā .....	101
4.5.2. Dokumentu jeb datu kamera .....	104
4.5.3. Bezvadu tāfelīte jeb grafiskā planšete .....	107
4.5.4. Interneta resursi .....	107
4.5.5. Sensori .....	111
4.6. Interaktīvā tāfele fizikas skolotāju profesionālajā pilnveidē .....	113
Secinājumi .....	116
Promocijas darba praktiskais devums .....	120
Informācijas avoti .....	121
Pielikumi .....	130
Nr. 1. Pētījumā izmantoto anketu paraugi un stundu vērošanas lapa .....	131
Nr. 2. Laboratorijas darbu un demonstrējumu apraksti fizikā vidusskolā .....	139
Nr. 3. Skolotāju sniegtie vērtējumi par demonstrējumu aprakstiem aprobācijas procesā .....	157
Nr. 4. Darba lapas fizikā pamatskolā skolēnu pētnieciskajiem darbiem ar sensoriem .....	159
Nr. 5. Demonstrējumi ar magnēta svārstu .....	169
Nr. 6. Profesionālās pilnveides nodarbību plāni fizikas skolotājiem par sensoriem, datu uzkrājējiem un interaktīvo tāfeli .....	173
Nr. 7. Pieejamie resursi fizikā interaktīvās tāfeles programmatūrā .....	181
Nr. 8. Darba lapu paraugi fizikā un tām atbilstošais interaktīvās tāfeles materiāls .....	183
Nr. 9. Demonstrējums ar datu kameru „Vai gaismas diodes spīd ūdenī?” .....	190
Pateicības .....	192

## PROMOCIJAS DARBĀ IEVIETOTO TABULU SARAKSTS

1.1. tabula	Profesionālās kompetences un interaktivitātes līmeņi .....	19
2.1. tabula	Laboratorijas darbu vērtēšanas kritēriji .....	22
2.2. tabula	Demonstrējumu vērtēšanas kritēriji .....	23
2.3. tabula	Kritēriji un rādītāji laboratorijas darbu, pētniecisko darbu un demonstrējumu aprakstu izvērtēšanai .....	24
2.4. tabula	Skolas administrācijas atbildes par skolēnu un skolotāju IKT prasmju izaugsmi dabaszinātņu mācību procesā 2009. – 2011. gadā .....	28
2.5. tabula	Dabaszinātņu skolotāju atbildes par skolēnu un savu IKT prasmju izaugsmi dabaszinātņu mācību procesā 2009. – 2011. gadā .....	29
2.6. tabula	Skolotāju sniegtie vērtējumi par laboratorijas darbu aprakstiem aprobācijas procesā .....	31
2.7. tabula	Ekspertu sniegtie vērtējumi par laboratorijas darbu un demonstrējumu aprakstiem .....	33
3.1. tabula	Sensori fizikas mācību procesā .....	38
3.2. tabula	Demonstrējumi un laboratorijas darbi, kuros pēta laikā mainīgus procesa raksturlielumus .....	41
3.3. tabula	Demonstrējumi un laboratorijas darbi, kuros pēta laikā mainīgus procesa raksturlielumus dažādos apstākļos .....	42
3.4. tabula	Relatīvie enerģijas zudumi $\xi$ magnēta svārsta svārstībās Zemes magnētiskajā laukā atkarībā no alumīnija folijas lokšņu biezuma $b$ .....	74
3.5. tabula	Relatīvie enerģijas zudumi $\xi$ magnēta svārsta svārstībās atkarībā no svārsta svārstību perioda $T$ ar nemainīgu alumīnija folijas lokšņu biezumu $b = 16b_0$ .....	75
3.6. tabula	Tālākizglītības kursu izvērtējums pilotskolu skolotājiem .....	85
4.1. tabula	Interaktīvās tāfeles un to programmatūra .....	86
4.2. tabula	Jā/nē uzdevums jautājumu/atbilžu sistēmai noslēguma darbā par gaismas viļņiem .....	103
4.3. tabula	Tālākizglītības kursu izvērtējums IV modulis .....	115

## PROMOCIJAS DARBĀ IEVIETOTO ATTĒLU SARAKSTS

1.1. att.	Sensori un interaktīvās tāfeles izglītībā .....	11
1.2. att.	IKT integrāciju ietekmējošie faktori skolā .....	13
1.3. att.	Dabaszinātņu skolotāju aptaujas rezultāti par IKT ierīču lietošanu pēc to pieejamības .....	14
1.4. att.	Interaktīvās tāfeles lietojuma ietekmes noteicošie faktori .....	17
2.1. att.	Skolēnu atbildes uz jautājumu par IKT lietojumu mācību stundās .....	25
2.2. att.	Dabaszinātņu skolotāju aptaujas rezultāti par IKT ierīču lietojumu projekta laikā 2010. gads .....	26
2.3. att.	Fizikas skolotāju aptaujas rezultāti par nepieciešamo palīdzību darbā ar interaktīvo tāfeli .....	27
3.1. att.	Sensoru darbības principa shematisks attēlojums no mērāmā lieluma līdz rezultātam .....	37
3.2. att.	Sensoru lietojuma iespējas, trūkumi un konteksti fizikas mācību procesā .....	40
3.3. att.	Atspere svārstos .....	43
3.4. att.	Statīvā iestiprināts spēka sensors un atspere ar atsvaru [91] .....	43
3.5. att.	Dažāda stinguma koeficienta atsperu svārstību grafiskais attēlojums [91] .....	43
3.6. att.	Ilustrācija no mācību grāmatas: atsperes svārstības ap līdzsvara stāvokli [114] .....	45
3.7. att.	Demonstrējums harmonisku svārstību kustības grafika iegūšanai .....	45
3.8. att.	Koordinātas un ātruma maiņa laikā svārstību kustībā .....	46
3.9. att.	Svārstību kustības matemātiskā modeļa ģenerēšana datu apstrādes programmatūrā .....	47
3.10. att.	Gaismas vārti eksperimentā vidējā ātruma un paātrinājuma noteikšanai [91] ..	48
3.11. att.	Gaismas vārti dažādu kustības veidu demonstrējumā ar ratiņiem uz sliedes [91] .....	48
3.12. att.	Dotās kustības koordinātas maiņa laikā (—) un eksperimentā iegūtie dati (—) .....	49
3.13. att.	Dotās kustības ātruma maiņa laikā (—) un eksperimentā iegūtie dati (—) .....	49
3.14. att.	Ilustrācija no mācību grāmatas: berzes spēka atkarība no vilcējspēka [114] ....	51
3.15. att.	Miera berzes spēka grafiks, iegūts ar spēka sensoru .....	51
3.16. att.	Virsmas apgaismojuma noteikšana atkarībā no attāluma [92] .....	53
3.17. att.	Apgrieztās proporcionalitātes pārbaude virsmas apgaismojuma atkarībai no attāluma .....	53
3.18. att.	Apgrieztās proporcionalitātes pārbaude virsmas apgaismojuma atkarībai no attāluma kvadrāta .....	54



3.19. att.	Ilustrācija no mācību grāmatas: skaņas viļņu summēšanās [2] .....	56
3.20. att.	Skaņas viļņu summēšanās: 256 Hz un 1000 Hz .....	56
3.21. att.	320 Hz toņdakšas radītais skaņas vilnis .....	56
3.22. att.	Interferences sitieni: 320 Hz un 384 Hz .....	57
3.23. att.	Skaņas viļņa spiediens rezonatora iekšpusē vidū (—) un pie aizmugurējās sieniņas (—) .....	58
3.24. att.	Magnētiskā lauka indukcijas līniju attēlojums ar dzelzs skaidiņām .....	59
3.25. att.	Demonstrējums magnētiskā lauka indukcijas noteikšanai .....	59
3.26. att.	Zīmējums magnētiskā lauka indukcijas lieluma salīdzinošai prognozei spoles apkārtņē [92].....	60
3.27. att.	Magnētiskā lauka indukcijas maiņa spolē atkarībā no strāvas stipruma spolē .....	60
3.28. att.	Cilindriska magnēta svārsts .....	61
3.29. att.	Magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas magnēta svārstību laikā Zemes magnētiskajā laukā .....	63
3.30. att.	Atsperes svārsts .....	63
3.31. att.	Mikrostrāvu dipola momenti magnētā .....	64
3.32. att.	Cilindriskā magnēta radītā magnētiskā lauka indukcijas līnijas magnēta tiešā tuvumā (a) un tālākā apkārtņē (b) .....	65
3.33. att.	Skaitliski aprēķinātais magnētiskā lauka indukcijas sadalījums gar cilindriskā magnēta simetrijas asi ar izvēlēto magnetizācijas vektora vērtību .....	66
3.34. att.	Magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas magnēta svārstību laikā Zemes magnētiskajā laukā (—) un pastāvīgā magnēta magnētiskajā laukā (—) .....	67
3.35. att.	Skaļruņa magnēta radītā magnētiskā lauka indukcijas līnijas magnēta tiešā tuvumā (a) un tālākā apkārtņē (b) .....	68
3.36. att.	Grafiks magnēta svārsta svārstību perioda noteikšanai atkarībā no magnētiskā lauka avota attāluma līdz svārstam .....	68
3.37. att.	Skaitliski aprēķinātais magnētiskā lauka indukcijas sadalījums gar skaļruņa magnēta simetrijas asi ar izvēlēto magnetizācijas vektora vērtību .....	69
3.38. att.	Eksperimenta ierīce svārstību rimšanas pētīšanai virpuļstrāvu dēļ .....	70
3.39. att.	Svārstību rimšana ZML ar 4 folijas kārtām zem magnēta svārsta .....	70
3.40. att.	Svārstību rimšana ZML ar 16 folijas kārtām zem magnēta svārsta .....	71
3.41. att.	Virpuļstrāvu rašanās alumīnija folijas loksne .....	71
3.42. att.	Skats no augšas: magnēta svārsta un magnētiskā lauka sensora savstarpējais novietojums .....	72

3.43. att.	Rimstošu svārstību grafiks svārstību amplitūdas noteikšanai ZML ar foliju skaitu $N = 4$ zem magnēta svārsta .....	73
3.44. att.	Rimstošu svārstību grafiks svārstību amplitūdas noteikšanai ZML ar foliju skaitu $N = 16$ zem magnēta svārsta .....	73
3.45. att.	Rimstošu svārstību grafiks svārstību amplitūdas noteikšanai papildus magnēta magnētiskajā laukā ar foliju skaitu $N = 16$ zem magnēta svārsta .....	74
3.46. att.	Relatīvo enerģijas zudumu $\xi$ atkarība no alumīnija folijas lokšņu skaita $n$ viena svārstību perioda laikā .....	76
3.47. att.	Relatīvo enerģijas zudumu $\xi$ atkarība no svārstību perioda $T$ ilguma viena svārstību perioda laikā .....	76
3.48. att.	Ūdens atdzišana dažāda materiāla traukos – eksperimenta dati .....	77
3.49. att.	Spiediena maiņa atkarībā no tilpuma .....	79
3.50. att.	Spiediena maiņa atkarībā no tilpuma apgrieztās vērtības .....	80
3.51. att.	Gāzes veiktais darbs izotermiskā procesā .....	81
3.52. att.	Eksperimenta ierīce Arhimēda spēka noteikšanai .....	82
3.53. att.	Kospēka vērtības dažādās vidēs eksperimentā par Arhimēda spēka noteikšanu .....	83
4.1. att.	Interaktīvās tāfeles komplektācija .....	86
4.2. att.	Interaktīvā tāfele fizikas mācību procesā .....	88
4.3. att.	Tukša darblapa jeb flipčārts ActivInspire vidē .....	90
4.4. att.	Zvaigžņotās debess grozāmās kartes pamatne .....	92
4.5. att.	Zvaigžņotās debess grozāmās kartes uzliekamais riņķis .....	93
4.6. att.	Zvaigžņotās debess grozāmā karte .....	94
4.7. att.	Liepājas Karostas kartes fragments ActivInspire vidē .....	95
4.8. att.	Burtnieku ezera karte bez un ar milimetru režģa fonu ActivInspire vidē .....	96
4.9. att.	Interaktīvās tāfeles materiāla „Garuma un laukuma mērīšana” aprobācija Jūrmalas Pumpuru vidusskolā .....	96
4.10. att.	Filmas kadri interaktīvās tāfeles vidē pētniecisko soļu apguvei fizikā pamatskolā .....	99
4.11. att.	Interaktīvais materiāls pašmācībai fizikā 8. klasei temats „Gaismas un krāsas” .....	100
4.12. att.	Objektu paškopēšanās īpašību lietojums interaktīvās tāfeles vidē kopsavilkumā par siltuma procesiem .....	102
4.13. att.	Jautājumu pārvaldnieks ActivInspire vidē .....	102
4.14. att.	Uzdevums interaktīvajā materiālā pašmācībai tematā „Novērojamais Visums” .....	102

4.15. att.	Secīgas kārtošanas uzdevums interaktīvajā materiālā pašmācībai fizikā 9. klasei tematā „Novērojamais Visums” .....	103
4.16. att.	Jautājums Likerta skalā skolēnu viedokļu noskaidrošanai par Visaginas AES .	104
4.17. att.	Diodes novietojums attiecībā pret elektrodiem demonstrējuma laikā .....	106
4.18. att.	Starpeņa izmantošana interaktīvās tāfeles programmatūrā, aplūkojot vienu no elementiem (a) vai termoelektrostacijas darbības principu kopumā (b) .....	108
4.19. att.	Aizslietņa izmantošana interaktīvās tāfeles programmatūrā .....	108
4.20. att.	Darbvirsmas anotēšana interaktīvās tāfeles vidē animācijai par bremzēšanas ceļa atkarību no ātruma un ceļa apstākļiem .....	109
4.21. att.	Saule dažādās evolūcijas stadijās – objekti interaktīvās tāfeles vidē .....	111
4.22. att.	Objekta caurspīdīguma maiņa ActivInspire vidē .....	111
4.23. att.	Dotās kustības koordinātas maiņa laikā un eksperimentā iegūtie dati .....	112
4.24. att.	Dotās kustības ātruma maiņa laikā un eksperimentā iegūtie dati .....	112
4.25. att.	Darbvirsmas anotēšanas rīks ActivInspire programmatūrā .....	113
4.26. att.	ActivInspire programmatūrā sagatavots grafiks darbam ar kustības sensoru ....	113

# LIETOTO JĒDZIENU, SAĪSINĀJUMU UN SIMBOLU SKAIDROJUMS

## Jēdzieni

---

Aprobācijas pētījums	pētījums, kurā zināšanas iegūst balstoties uz praksē veiktiem vērojumiem un eksperimentā iegūto pieredzi; praksē pārbauda materiālu piemērotību izvirzītajiem mērķiem.
Formatīvā vērtēšana	vērtēšana ar diagnosticējošu mērķi – visas aktivitātes, ko veic skolēni un skolotājs, lai iegūtu informāciju par mācīšanu un mācīšanos.
Informācijas komunikāciju tehnoloģijas (IKT)	tehnoloģijas, ar kuru palīdzību var radīt, piekļūt, uzkrāt, pārsūtīt un pārveidot informāciju (telekomunikācijas, datori, sensori, datu uzkrājēji, audio-vizuālās sistēmas, programmatūras).
Interaktīvs mācību materiāls	materiāls (animācijas, simulācijas, uzdevumi utml.), ar kuru darbojoties iegūst momentānu atgriezenisko saiti; lietojams uz datoriem un dažāda tipa interaktīvajām tāfelēm.
Profesionālās pilnveides materiāli	nodarbību apraksti skolotāju tālākizglītības kursiem, kuros kā pielikums ir arī skolotāju atbalsta materiāli.
Skolotāja atbalsta materiāli	laboratorijas darbu un demonstrējumu apraksti skolotājiem ar metodiskiem komentāriem, interaktīvās tāfeles materiāli ar skolēnu darba lapām.

## Saīsinājumi

---

B	bioloģija
CE	centralizētais eksāmens
CD	kompaktdisks
D	dienvidi
DD	demonstrējums
DL	darba lapa
DU	Daugavpils Universitāte
EDS	elektrodzinājums
EPEC/EPS	European Physical Society
ERAF	Eiropas Reģionālais attīstības fonds

ES	Eiropas Savienība
ESF	Eiropas struktūrfondi
EUN	European Schoolnet
F	Fizika
FEMM	Finite Element Method Magnetics
GIREP	Group International de Recherche sur l'Enseignement de la Physique
H–R diagramma	Hercšprunga – Rasela diagramma
ICPE	International Commission on Physics Education
ICT	Information and Communication Technology
IKT	informācijas komunikāciju tehnoloģijas
IOSTE	International Organization for Science and Technology Education
ISEC	Izglītības satura un eksaminācijas centrs
IT	informāciju tehnoloģijas
Ḳ	ķīmija
LatSTE	Latvijas i-Sabiedrības Tehnoloģiju Ekspozīcija
LD	laboratorijas darbs
LiepU	Liepājas Universitāte
LU	Latvijas Universitāte
M	matemātika
MBL	Microcomputer-Based Laboratory
MPTL	Multimedia in Physics Teaching and Learning
NARST	National Association for Research in Science Teaching
NSERC	Natural Science Education Research Centre
RMSE	Root Mean Square Error
VISC	Valsts izglītības satura centrs
Z	ziemeļi
ZML	Zemes magnētiskais lauks

## Simboli

---

$a$	paātrinājums
$A$	amplitūda
$b_o$	loksnes biezums
$B$	magnētiskā lauka indukcija
$B_{apr}$	teorētiski aprēķinātā magnētiskā lauka indukcija
$B_{exp}$	eksperimentāli noteiktā magnētiskā lauka indukcija
$const$	konstants, nemainīgs

$d$	diametrs
$d\omega/dt$	leņķiskais paātrinājums
$E$	apgaismojums
$F$	spēks
$g$	$\approx 9.81 \text{ m/s}^2$ , brīvās krišanas paātrinājums
$h$	augstums
$i$	kārtas skaitlis
$I$	gaismas avota stiprums
$I$	inerces moments; strāvas stiprums
$k$	atsperes stinguma koeficients
$K_0$	koeficients Steinharta – Harta vienādojumā, $K_0 = 1.02119 \times 10^{-3}$
$K_1$	koeficients Steinharta – Harta vienādojumā, $K_1 = 2.22468 \times 10^{-4}$
$K_2$	koeficients Steinharta – Harta vienādojumā, $K_2 = 1.33342 \times 10^{-7}$
$K_{max}$	maksimālā kinētiskā enerģija
$l$	garums
$m$	masa
$M$	magnetizācijas vektors
$M_{apr}$	aprēķinos pieņemtais magnetizācijas vektors
$M_{exp}$	eksperimentāli noteiktais magnetizācijas vektors
$\mu$	magnētiskā dipola moments
$\mu_{micro}$	mikrostrāvas kontūra magnētiskais dipola moments
$\mu_0$	$= 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ A/m}^2$ magnētiskā konstante
$n$	skaitis
$N$	skaitis
$\pi$	$\approx 3.14$ , konstante – riņķa līnijas garuma attiecība pret tās diametru
$r$	attālums
$R$	pretestība
$\rho_{Cu}$	vara īpatnējā pretestība
$s$	pārvietojums
$S$	šķērsriezuma laukums
$t$	laiks
$T$	periods; temperatūra
$\tau$	griezes moments
$U$	spriegums

$v$	ātrums
$v_o$	sākuma ātrums
$v_{vid}$	vidējais ātrums
$V$	tilpums
$\nu$	frekvence
$\omega$	leņķiskais ātrums
$W$	pilnā mehāniskā enerģija
$z$	koordināta
$x$	lineārais pagarinājums; novirze no līdzsvara stāvokļa
$\ddot{x}$	paātrinājums
$\xi$	relatīvais svārstību enerģijas zudums perioda laikā

## Mērvienības

---

A	ampērs
A/m <sup>2</sup>	ampērs uz kvadrātmetru
Am <sup>2</sup>	ampērs reiz kvadrātmetrs
cd	kandela
cm	centimetrs
cm <sup>2</sup>	kvadrātcentimetrs
g	grams
Hz	hercs
kg	kilograms
kgm <sup>2</sup>	kilograms reiz kvadrātmetrs
lx	lukss
m	metrs
m/s	metrs sekundē
m/s <sup>2</sup>	metrs uz sekundi kvadrātā
mm	milimetrs
mT	militesla
N/m	Ņūtons uz metru
s	sekunde
V	volts
$\Omega$	oms
$\Omega\text{m}$	oms reiz metrs

## IEVADS

Informācijas komunikāciju tehnoloģijas (IKT) nepārtraukti un strauji attīstās un praktiski nav tādas sabiedrības darbības jomas, kurās netiek izmantotas IKT, tajā skaitā arī izglītībā. Līdz ar to IKT lietošanas prasmju apgūšana ir neatņemama mācību procesa sastāvdaļa mūsdienu skolā. Izglītības eksperti šobrīd uzsvāru liek ne tikai uz IKT integrāciju mācību procesā, bet arī uz mācību procesa efektivitātes uzlabošanu gan skolotāju, gan skolēnu darbībā, ja mācību procesā tiek izmantotas informācijas komunikāciju tehnoloģijas [9, 52, 70, 79].

Latvijā pēdējos gados, sākot no 2005. gada, pateicoties Eiropas Savienības (ES) finansiālam atbalstam ir mainīti un pilnveidoti dabaszinātņu priekšmetu (tajā skaitā arī fizikas) standarti un programmas gan pamatzglītības pakāpē, gan vispārējās vidējās izglītības pakāpē. Akcenti tiek likti uz skolēnu praktiski pētniecisko darbību, prasmēm lietot skolā iegūtās zināšanas dzīves situācijās, kā arī uz IKT lietošanu mācību procesā. Lai varētu realizēt šos standartus un programmas ir nepieciešams profesionāli sagatavots skolotājs, kuram ir pieejams metodiskais atbalsts, mācību resursi un atbilstoša materiāli tehniskā bāze – aprīkojums demonstrējumu, laboratorijas darbu, pētniecisko darbu veikšanai, interneta piekļuve u.c.

Fizikas kā mācību priekšmeta mērķis vispārējās vidējās izglītības pakāpē ir „padziļināt izpratni par fizikālajiem procesiem dabā un tehnikā, pilnveidojot pētnieciskās darbības prasmes un veicinot skolēna līdzatbildīgu attieksmi sabiedrības ilgtspējīgas attīstības nodrošināšanai” [78]. Lai padziļinātu izpratni par fizikālajiem procesiem dabā un tehnikā, skolēnam ir jāredz šie procesi un jāspēj analizēt to izpausmes gan tieši novērojot procesus, gan pastarpināti analizējot šajos procesos iegūtos datus. Daudzus fizikālos procesus dabā un tehnikā fizikas stundās skolotājs demonstrē un skolēni pēta izmantojot dažādas „klasiskas” demonstrējumu iekārtas un ierīces. Izmantojot sensorus un datu uzkrājējus fizikas mācību procesā, ir iespējams demonstrēt un pētīt gan dažādus ātrus un neredzamus reālus procesus, piemēram, iegūt skaņas viļņa ierakstu ar mikroфона sensoru; nomērīt elektriskā lādiņa lielumu uz elektrizētu ķermeņu virsmas ar elektriskā lādiņa sensoru utt., gan veikt pētījumus bez cilvēka klātbūtnes, ierakstot procesu raksturojošos datus ilgākā laika periodā, piemēram, pētīt ar temperatūras sensoru palīdzību, kā atšķirīga materiāla traukos atdziest ūdens vai kā mainās gaisa mitrums telpā diennakts laikā ar gaisa mitruma sensora palīdzību. IKT un digitālo resursu izmantošanas iespējas fizikas mācību procesā bez jau minētajām ir ļoti plašas, tos var izmantot

- interaktīva mācību procesa organizēšanai (interaktīvā tāfele, balsošanas ierīces ar atbilstošu programmatūru, interaktīvais projektoris, bezvadu planšetes u.c.);
- fizikālo procesu pētīšanai dabā un tehnikā, šo procesu raksturlielumu izmaiņu reģistrēšanai un grafiskai attēlošanai (sensori un datu uzkrājēji);
- sīku eksperimenta ierīču demonstrēšanai visai auditorijai vienlaicīgi (datu kamera, web kamera);



- fizikālo procesu demonstrēšanai un simulēšanai (video, animācijas, simulācijas un virtuālās laboratorijas);
- plašu resursu pieejai (internets);
- datu apstrādei – gan aprēķinu veikšanai, gan rezultātu vizualizēšanai, gan procesu modelēšanai (MS Office, sensoru datu apstrādes programmatūra, interaktīvās tāfeles programmatūra, FEMM u.c.).

Pieņemot lēmumu, izmantot IKT fizikas mācību procesā, skolotājam jābūt pārliecinātam, ka tas ir efektīvākais līdzeklis atbilstošajā situācijā. Piemēram, mācoties par temperatūras mērierīču darbības principu, skolēnam vajadzētu pēc demonstrējuma secināt, kāds process ir mērierīces darbības pamatā. Skolotājam jāsaprot, kādā gadījumā skolēns izprātīs, kā darbojas mērierīce, veicot mērījumus ar šķidrums termometru vai ar temperatūras sensoru. Ienākot skolā modernajām tehnoloģijām, skolotājam lielākais izaicinājums ir apgūt kā ar tām tehniski darboties un kā tās visefektīvāk izmantot fizikas mācību procesā. Veicot dabaszinātņu skolotāju, tajā skaitā fizikas skolotāju aptauju, lai noskaidrotu, ko skolotājs grib apgūt savai profesionālai pilnveidei, vairumā gadījumu atbildes bija nebaidīties no jaunajām tehnoloģijām – apgūt, kā veikt demonstrējumus un laboratorijas darbus izmantojot sensorus un datu uzkrājējus, kā arī apgūt, kā strādāt ar interaktīvo tāfeli un veidot materiālus interaktīvās tāfeles vidē. Šāda tendence ir vērojama, pētot profesionālās pilnveides vajadzības jau desmit un vairāk gadus strādājošiem fizikas skolotājiem, tāpēc ka viņu studiju laikā šādas informāciju tehnoloģijas nebija pieejamas ne augstskolas studiju procesā, ne praksē skolā. Profesionālās pilnveidesursos ir iespējas apgūt IKT iespējas un vispārīgus principus kā IKT lietot mācību procesā. Aktuāls uzdevums ir šos vispārīgos principus piemērot konkrētam mācību priekšmetam, konkrētam satura jautājumam un noteiktai izglītības pakāpei.

Latvijā nav veikti daudz visaptveroši pētījumi, kuros ir novērtēta IKT lietošanas ietekme uz mācību procesu dabaszinātnēs. 2010. gadā SIA „Microsoft Latvija” un SIA „Analītisko pētījumu un stratēģiju laboratorija” veiktais pētījums „Inovātikas skolu sistēmas struktūras īstenošanas izaicinājumi un iespējas” rāda, ja IKT pielietotas mērķtiecīgi, tās rada plašas iespējas kā uzlabot mācību procesu un kā nodrošināt personificētu mācīšanos, kas stimulē ikviena procesa izaugsmi. Būtisks šķērslis IKT izmantošanai ir atbilstošo digitālo mācību materiālu trūkums latviešu valodā. Šādu materiālu sagatavošana pašiem skolotājiem prasa noteiktu kompetences līmeni un ievērojamu laika ieguldījumu [79]. Fizikas skolotājiem nav pietiekams metodiskais atbalsts un prakse IKT mērķtiecīgā lietošanā mācību procesā. Nereti tiek diskutēts jautājums par tehnoloģiju lietošanas biežumu un mērķtiecīgumu mācību procesā. Tas rada nepieciešamību pilnveidot un izstrādāt atbilstošus metodiskos materiālus fizikā, ņemot vērā praksē konstatētās problēmas.

Eiropā un arī pārējā pasaulē ir veikti daudz visaptveroši pētījumi par informāciju tehnoloģiju lietojumu mācību procesā. Viens no pēdējos gados veiktajiem pētījumiem: Tehnoloģijas skolās:

ko saka pētnieki (Technology in schools: What researchers says: An update, 2009) [70]. Šī pētījuma objekti bija pamatprasmes, augstākā līmeņa domāšanas prasmes, IKT lietošanas prasmes, sadarbības prasmes un skolēnu iesaistīšanās pakāpe mācību procesā, lietojot dažādas informāciju tehnoloģijas, tajā skaitā arī interaktīvo tāfeli. Viens no pētnieku secinājumiem: lai tehnoloģiju lietojums attīstītu nepieciešamās prasmes darba tirgū konkurētspējīgiem jauniešiem 21. gadsimtā, nepietiek tikai ar investīcijām tehnoloģiju iegādē, bet nepieciešamība lietot tehnoloģijas jāsaskaņo gan ar mācību priekšmeta saturu, gan tā pasniegšanas metodiku. Eiropas valstu izglītības ministriju sadarbības tīkls *European Schoolnet* ir apkopojis 17 pētījumu rezultātus, kas pēdējos gados veikti Eiropas valstīs, lai noskaidrotu kāda ir IKT ietekme mācību procesā uz skolēnu akadēmiskajiem sasniegumiem [120]. Diemžēl Latvijas Izglītības ministrija nav iesaistījies šajā Eiropas organizācijā līdz ar to pārskatā neatspoguļojas Latvijā veiktie pētījumi.

### **Tēmas aktualitāte**

No IKT pieejamības Latvijas skolu fizikas kabinetos izriet nepieciešamība izstrādāt un pilnveidot atbalsta materiālus un profesionālās pilnveides materiālus skolotājiem par mērķtiecīgu informācijas tehnoloģiju, it īpaši sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumu fizikas mācību procesā atbilstoši fizikas pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības standartam. Tajā pašā laikā ir nepieciešams noturēt līdzsvaru starp dabas un tehnikas procesu virtuālu aplūkošanu un reālu demonstrēšanu no skolotāja puses, kā arī praktisku eksperimentēšanu no skolēna puses. Tas ir kalpojis par pamatu promocijas darba tēmas izvēlei.

### **Promocijas darba mērķis**

Pamatojoties uz starptautisku pētījumu rezultātiem, dabaszinātņu skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēti un aprobācijas pētījuma rezultātiem, izstrādāt atbalsta materiālus un profesionālās pilnveides materiālus fizikas skolotājiem sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības pakāpē.

### **Promocijas darba uzdevumi**

1. Analizēt zinātnisko literatūru un starptautisku pētījumu rezultātus par IKT, tajā skaitā sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumu dabaszinātņu mācību procesā.
2. Analizēt esošo situāciju un attīstības tendences IKT mērķtiecīgam lietojumam fizikas mācību procesā Latvijas skolās, veicot skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēti.

3. Izstrādāt atbalsta materiālus un tiem atbilstošus profesionālās pilnveides materiālus fizikas skolotājiem sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības pakāpē, veicot materiālu aprobāciju.

4. Balstoties uz pētījuma rezultātiem, izstrādāt ieteikumus topošo fizikas skolotāju izglītošanai un strādājošo fizikas skolotāju profesionālai pilnveidei par sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā.

### **Promocijas darba struktūra**

Promocijas darbu veido ievads, 4 nodaļas, secinājumi, informācijas avotu saraksts un 9 pielikumi. Darba ievadā tiek apskatīta temata aktualitāte, pamatota zinātniskā novitāte, izvirzīts promocijas darba mērķis un uzdevumi. Pirmā nodaļa veltīta 1) Latvijā un pasaulē veikto pētījumu apskatam par IKT lomu mācību procesā un ietekmi uz skolēnu akadēmiskajiem sasniegumiem, tajā skaitā – sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumu fizikas mācību procesā; 2) zinātniskās literatūras apskatam. Otrajā nodaļā aprakstīta veiktā pētījuma metodoloģija un rezultāti. Trešajā nodaļā „Sensoru lietojums fizikas mācību procesā” ir apskatītas sensoru un datu uzkrājēju lietojuma priekšrocības dažādu fizikālo procesu raksturlielumu pētīšanai un raksturlielumu maiņas demonstrēšanai fizikas mācību procesā, salīdzinot ar līdz šim piedāvātiem demonstrējumu un laboratorijas darbu aprakstiem fizikas mācību līdzekļos, kā arī izstrādāti ieteikumi skolotāju profesionālajai pilnveidei par sensoru un datu uzkrājēju mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā. Ceturtajā nodaļā „Interaktīvās tāfeles lietojums fizikas mācību procesā” ir raksturotas interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas, apskatītas interaktīvās tāfeles lietojuma priekšrocības fizikas mācību procesā, salīdzinot ar tradicionālu mācību procesa organizāciju, ilustrējot priekšrocības ar piemēriem – interaktīvās tāfeles flipčārtiem jeb darblapām, metodiskajiem komentāriem skolotājiem un darba lapām skolēniem, kā arī izstrādāti ieteikumi skolotāju profesionālajai pilnveidei par interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā. Darba noslēgumā sniegti promocijas darba izstrādes gaitā izdarītie secinājumi, ieteikumi turpmākiem pētījumu virzieniem un aprakstīts promocijas darba rezultātu praktiskais pielietojums.

Promocijas darbs uzrakstīts uz 129 lapām, ieskaitot 86 zīmējumus, 17 tabulas. Informācijas avotu sarakstā norādīti darba veikšanā izmantotie informācijas avoti: zinātniskā literatūra, mācību literatūra un interneta avoti, kopā 135 nosaukumi. Promocijas darbā pievienotajos pielikumos ir iekļauti pētījumā izmantotie datu vākšanas instrumenti, izveidotie demonstrējumu un laboratorijas darbu apraksti, profesionālās pilnveides nodarbības fizikas skolotājiem.

## Zinātniskā novitāte

- Izstrādāti atbalsta materiāli sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā atbilstoši Latvijas valsts vispārējās vidējās izglītības un pamatizglītības fizikas priekšmeta jaunajiem standartiem, veikts šo atbalsta materiālu aprobācijas pētījums 64 Latvijas skolās pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības pakāpē, balstoties uz kura rezultātiem materiāli pilnveidoti.

- Veikta Latvijas dabaszinātņu skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēte darbā ar IKT, balstoties uz kuras rezultātiem izstrādāti un aprobēti profesionālās pilnveides nodarbību materiāli par sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumu fizikas mācību procesā.

- Pamatotas sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojuma iespējas fizikas mācību procesā atbilstoši Latvijas valsts vispārējās vidējās izglītības un pamatizglītības fizikas priekšmeta jaunajiem standartiem.

## Pētījuma metodes

Veicot skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēti, izmantotās metodes ir aptaujas, stundu ārējā novērošana un fokusgrupu diskusijas. Veicot atbalsta materiālu izstrādi, izmantotās metodes ir zinātniskās un mācību literatūras izpēte. Atbalsta materiālu aprobācijas pētījumā izmantotās metodes ir materiālu aprobācija mācību procesā un profesionālās pilnveides nodarbībās, skolotāju vērtējums pēc vienotas metodikas, ekspertu vērtējums, stundu ārējā novērošana.

## Promocijas darba izstrādes posmi

**1. posms** (2006 – 2007): esošās situācijas un IKT lietošanas attīstības tendenču analīze mācību procesā fizikā, problēmu apzināšana, pētījuma idejas, promocijas darba mērķu un uzdevumu izvirzīšana, zinātniskās literatūras analīze, pētījuma teorētiskā pamatojuma izstrāde.

**2. posms** (2007 – 2009): pētījuma īstenošana vidusskolas posmā – skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēte, atbalsta materiālu izstrāde un rezultātu aprobācija mērķtiecīgam sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā; profesionālās pilnveides nodarbību izveide un aprobācija tālākizglītībasursos vidusskolas fizikas skolotājiem par sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā.

**3. posms** (2009 – 2011): pētījuma īstenošana un rezultātu aprobācija pamatskolas posmā – atbalsta materiālu izstrāde un aprobācija mērķtiecīgam sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā; profesionālās pilnveides nodarbību izveide un aprobācija tālākizglītībasursos pamatskolas fizikas skolotājiem par sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā.

**4. posms** (no 2012. gada janvāra līdz 2012. gada augustam): promocijas darba pilnveide un noformēšana.

### **Pētījuma robežas un autores ieguldījums**

Pētījums ir veikts Valsts izglītības satura centra (VISC) realizēto ESF projektu „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” (2005 – 2008) un „Dabaszinātnes un matemātika” (2008 – 2011) ietvaros. Šajos projektos aprobācijas pētījuma mērķis [3] bija novērtēt visu dabaszinātnēs un matemātikā izveidoto atbalsta un metodisko materiālu kompleksu ieguldījumu mācību saturā ietvertu mūsdienu prasībām atbilstošo didaktikas pamatnostādņu ieviešanā mācību procesā, kur viens no izveidoto materiālu mērķiem ir attīstīt skolēnu prasmes lietot iegūtās zināšanas reālās dzīves situācijās un mūsdienīgas tehnoloģijas izziņas procesā.

Autore strādāja šajos abos projektos un ir saņēmusi atļauju no VISC, izmantot minēto projektu laikā iegūtās intelektuālās vērtības, kurās ir autores ieguldījums: 1) aprobācijas pētījuma datus; 2) demonstrējumu un laboratorijas darbu aprakstus vidusskolas un pamatskolas kursam fizikā, kā arī tiem atbilstošos metodiskos komentārus; 3) profesionālās pilnveides nodarbības vidusskolas un pamatskolas fizikas skolotājiem par IKT un digitālo resursu mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā.

### **Tēzes aizstāvēšanai**

1. Sensoru un datu uzkrājēju mērķtiecīga lietošana fizikas mācību procesā:

- dod principiāli jaunu iespēju parādīt fizikālo procesu norisi reālā laikā un procesu raksturlielumu sadalījumu telpā;
- attīsta skolēnu pētnieciskās darbības prasmes, veicot fizikālo lielumu mērījumus, iegūto lielu datu masīvu apstrādi un interpretāciju.

2. Interaktīvās tāfeles mērķtiecīga lietošana fizikas mācību procesā:

- nodrošina fizikālo procesu funkcionālo sakarību, eksperimentu norises, datu apstrādes uzskatāmu t.sk. grafisku attēlojumu vienlaicīgi visai klasei;
- paplašina fizikas priekšmeta satura interaktīvas pasniegšanas iespējas un nodrošina interaktīvu mācību materiālu izveidi mācību stundas laikā.

3. Izstrādātie un aprobētie atbalsta materiāli sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā atbilst fizikas skolotāju profesionālās pilnveides vajadzībām un ikdienas darbam skolā atbilstoši Latvijas valsts vispārējās vidējās izglītības un pamatizglītības fizikas priekšmeta jaunajiem standartiem.

## Promocijas darba rezultātu aprobācija

### 1) Publikācijas žurnālos un konferenču materiālos:

1. **Dudareva, I.**, Bruņeniece, A. (2012) Aktīva mācīšanās fizikas stundās, izmantojot sensorus un interaktīvo tāfeli. *In Proceeding of the LatSTE 2012 Conference*. Rīga, LU, 2012. – pp. 55 – 60

2. Muiznieks, A., **Dudareva, I.** (2012) Quantitative analysis of the damping of magnet oscillations by eddy currents in aluminum foil. *Am. J. Phys.* **80** (9) – pp.804 – 809

3. **Dudareva, I.**, Brangule, A., Nikolajenko, A., Logins, J., Namsonē, D. (2011) The Development and Implementation of Meaningful ICT Usage in Science Teaching and Learning Process in Latvia. *Scientific Papers University of Latvia. 2011. Vol. 778 Chemistry*. Rīga, LU Akadēmiskais apgāds, 2011 – pp. 72 – 81

4. **Dudareva, I.**, Bruņeniece, A. (2011) Informācijas tehnoloģijas skolā. *In Proceeding of the LatSTE 2011 Conference*. Rīga, LU, 2011 – pp. 20 – 26

5. **Dudareva, I.**, Bruneniece, A. (2010) Effective Use of Interactive Whiteboard in the Teaching/Learning Process of Physics. *In Proceeding of 3rd World Conference on Science and Technology Education ICASE 2010: Innovation in Science and Technology Education: Research, Policy, Practice*, Tartu, University of Tartu – pp. 69 – 71

6. **Dudareva, I.**, Bruņeniece, A., Brangule, A., Muceniece, I., Nikolajenko, A. (2010) Kā ESF projekta „Dabaszinātnes un matemātika” elektroniskie resursi skolotāju un skolēnu atbalstam var mainīt mācību procesu Latvijas skolās. *In Proceeding of the LatSTE 2010 Conference*. Rīga, LU, 2010 – pp. 41 – 49

7. **Dudareva, I.**, Bruņeniece, A. (2009) Kā lietojam interaktīvo tāfeli stundās? *In Proceeding of the LatSTE 2009 Conference*. Rīga, LU, 2009 – pp. 86 – 91

8. **Dudareva, I.**, Bruneniece, A. (2008) Some Aspects of Using ICT in Physics Teaching /Learning Process. *In Proceeding International Scientific Practical Conference: Information & Communication Technology in Natural Sciences Education – 2008*. NSERC, Šiauliai, 2008 – pp. 42 – 47

### 2) Starptautisku zinātnisku konferenču tēzes:

1. **Dudareva, I.**, Paulins, P., Bruneniece, A., Salszirnīs, A. (2012) How can it be? Teaching/learning physics by interactive demonstrations. *The World Conference on Physics Education „The Role of Context, Culture and Representations in Physics Teaching and Learning” in Istanbul, Turkey, July 1 – 6, 2012*. Bahçeşehir Üniversitesi, Istanbul, pp. 27. *Workshop*.

2. Bruneniece, A., **Dudareva, I.** (2011) Interactive teaching/learning process in physics: educational games, films and self-learning CD. *GIREP – EPEC 2011 International Conference:*

„Physics Alive” in Jyväskylä, Finland, August 1 – 5, 2011. University of Jyväskylä, Jyväskylä, 2011 – pp. 124. *Workshop*.

3. **Dudareva, I.** The Young Physicists School at University of Latvia: Informal educational experiences. *GIREP – EPEC 2011 International Conference: „Physics Alive” in Jyväskylä, Finland, August 1 – 5, 2011*. University of Jyväskylä, Jyväskylä, 2011 – pp. 117. *Poster*.

4. **Dudareva, I.** Using a pendulum made out of simple materials to teach electrodynamics: examples of experiments. *GIREP – ICPE – MPLT 2010 International Conference „Teaching and Learning Physics Today: Challenges? Benefits?” in Reims, France, August 22 – 27, 2010*. University de Reims Champagne Ardenne, Reims, 2010 – pp. 278. *Poster*.

5. **Dudareva, I.** Cinite, I. Several Usages of ICT in Learning of Nature Sciences. *GIREP – EPEC Conference „Frontiers of Physics Education” in Opatija, Croatia, August 26 – 31, 2007*. University of Rijeka, Opatija, 2007 – pp. 163. *Poster*.

6. Cinite, **I. Dudareva, I.** Several Usages of ICT in Learning of Nature Sciences in Secondary Schools in Latvia. *GIREP – EPEC Conference „Frontiers of Physics Education” in Opatija, Croatia, August 26 – 31, 2007*. University of Rijeka, Opatija, 2007 – pp. 163. *Poster*.

### 3) Dalība starptautiskās konferencēs:

1. Pasaules fizikas izglītības konference „The Role of Context, Culture and Representations in Physics Teaching and Learning”, Stambulā, Turcijā 2012. gada 1. – 6. jūlijs.

2. GIREP (Starptautiskā fizikas izglītības pētnieku grupa) – EPEC (Eiropas Fizikas biedrība) konference „Physics Alive”, Jyväskylä, Somijā 2011. gada 1. – 5. augusts.

3. VIII Centrālās un Austrumeiropas IOSTE (Starptautiskā dabaszinātņu un tehnoloģiju izglītības organizācija) simpozījs, Rīgā, Latvijā 2011. gada 30. novembris – 3. decembris.

4. GIREP (Starptautiskās fizikas izglītības pētnieku grupa) – ICPE (Fizikas izglītības starptautiskā komisija) – MPLT (Organizācija „Multimediji fizikas izglītībā mācību procesā”) konference „Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?”, Reimsā, Francijā 2010. gada 22. – 27. augusts.

5. Trešā pasaules dabaszinātņu un tehnoloģiju izglītības konference ICASE (Dabaszinātņu izglītības asociāciju starptautiskā padome) 2010 konference „Innovation in Science and Technology Education”, Tartu, Igaunijā 2010. gada 28. jūnijs – 2. jūlijs.

6. Starptautiskā zinātniski – praktiskā konference „Information & Communication Technology in Natural Science Education”, Šauļos, Lietuvā 2008. gada 27. – 30. novembris.

7. GIREP (Starptautiskā fizikas izglītības pētnieku grupa) – EPEC (Eiropas Fizikas biedrība) konference „Frontiers of Physics Education”, Opātijā, Horvātijā 2007. gada 26. – 31. augusts.

#### **4) Dalība vietējās konferencēs:**

1. Dudareva, I. Interaktīvās tāfeles mērķtiecīgs lietojums fizikas mācību procesā. *Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference Dabaszinātņu didaktikas sekcija*, Rīgā, 2012. gada 1. februārī.
2. Bruņeniece, A., Dudareva, I. Sensori pētnieciskajos darbos fizikā. *LatSTE 2011*, Ventspilī, 2011. gada 27. – 28. oktobrī. *Darbnīcas vadīšana*.
3. Dudareva, I. Informācijas komunikāciju tehnoloģijas fizikas mācību procesā. *Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference Fizikas didaktikas sekcija*, Rīgā, 2011. gada 4. februārī.
4. Dudareva, I. Informācijas komunikāciju tehnoloģijas dabaszinātnēs pēdējos piecos gados Latvijā. *Latvijas Universitātes 69. zinātniskā konference Dabaszinātņu didaktikas sekcija*, Rīgā, 2011. gada 3. februārī.
5. Bruņeniece, A., Dudareva, I. Sensoru un datu uzkrājēju izmantošana fizikas stundās. *LatSTE 2010 „I-tehnoloģijas skolā”*, Aucē, 2010. gada 28. – 29. oktobrī. *Darbnīcas vadīšana*.
6. Dudareva, I., Bruņeniece, A. Promethean tāfeles darblapu lietojums fizikas stundās. *LatSTE 2010 „I-tehnoloģijas skolā”*, Aucē, 2010. gada 28. – 29. oktobrī. *Darbnīcas vadīšana*.
7. Dudareva, I. Sensori un interaktīvā tāfele elektrodinamikā: problēmas nostādne. *Latvijas Universitātes 68. zinātniskā konference Fizikas didaktikas sekcija*, Rīgā, 2010. gada 5. februārī.
8. Dudareva, I., Bruņeniece, A. Interaktīvā tāfele fizikas/astronomijas stundās. *LatSTE 2009 „Sadarbība rītdienas skolai”*, Smiltēnē, 2009. gada 29. – 30. oktobrī. *Darbnīcas vadīšana*.
9. Bruņeniece, A., Dudareva, I. Interaktīvā tāfele astronomijas/fizikas stundās. *LZA konference „Astronomija Latvijā” sesijā „Astronomija skolā un augstskolā”*, Rīgā, 2009. gada 9. oktobrī.
10. Dudareva, I. Elektroniskās tāfeles mūsdienu izglītības vidē: problēmas nostādne. *Latvijas Universitātes 67. zinātniskā konference Fizikas didaktikas sekcija*, Rīgā, 2009. gada 26. februārī.
11. Dudareva, I., Bruņeniece, A. Stundas fragmentu modelēšana, izmantojot interaktīvo tāfeli fizikā pamatskolā. *LatSTE 2008 „Latvijas skolotājs – mūsdienīga mācību procesa organizētājs”*, Ogrē, 2008. gada 30. – 31. oktobrī. *Darbnīcas vadīšana*.
12. Dudareva, I., Bruņeniece, A. Stundas modelēšana, izmantojot sensorus fizikā pamatskolā. *LatSTE 2008 „Latvijas skolotājs – mūsdienīga mācību procesa organizētājs”*, Ogrē, 2008. gada 30. – 31. oktobrī. *Darbnīcas vadīšana*.

#### **5) Tradicionālā un elektroniskā formā izdoti mācību un metodiskie līdzekļi**

1. VISC ESF projekts „Dabaszinātnes un matemātika” mācību un metodisko līdzekļu komplekts fizikā 8. – 9. klasei. Autoru kolektīvs.
  - 1.1. Skolotāju atbalsta materiāli fizikā 8. klasei. – VISC, Rīga, 2011. – 132 lpp.
  - 1.2. Skolotāju atbalsta materiāli fizikā 9. klasei. – VISC, Rīga, 2011. – 136 lpp.



- 1.3. Rokasgrāmata dabaszinātņu un matemātikas skolotājam. 1. daļa. Fizika. Ķīmija. Bioloģija. Matemātika. – VISC, Rīga, 2011. – 88 lpp.
- 1.4. Rokasgrāmata dabaszinātņu un matemātikas skolotājam. 2. daļa. Fizika. – VISC, Rīga, 2011. – 96 lpp.
- 1.5. Vizuālie materiāli. CD Fizika 8. klasei. CD Fizika 9. klasei. – VISC, Rīga, 2011.
- 1.6. Interaktīvs kurss skolēniem pašmācībai. CD Fizika 8. klasei. CD Fizika 9. klasei. – VISC, Rīga, 2011
2. ISEC ESF projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos” mācību un metodisko līdzekļu komplekts fizikā 10. – 12. klasei. Autoru kolektīvs. – ISEC, Rīga, 2008
  - 2.1. Vizuālie materiāli. CD Fizika 10. klasei. CD Fizika 11. klasei. CD Fizika 12. klasei. – ISEC, Rīga, 2008
  - 2.2. Interaktīvs kurss skolēniem pašmācībai. CD Fizika 10. klasei. CD Fizika 11. klasei. CD Fizika 12. klasei. – ISEC, Rīga, 2008
  - 2.3. Pētnieciskā darbība. Fizika 10. klasei. – ISEC, Rīga, 2008 – 66 lpp.
  - 2.4. Demonstrējumi un laboratorijas darbi. Fizika 10. klasei. – ISEC, Rīga, 2008 – 54 lpp.
  - 2.5. Pētnieciskā darbība. Fizika 11. klasei. – ISEC, Rīga, 2008 – 50 lpp.
  - 2.6. Demonstrējumi un laboratorijas darbi. Fizika 11. klasei. – ISEC, Rīga, 2008 – 42 lpp.
  - 2.7. Pētnieciskā darbība. Fizika 12. klasei. – ISEC, Rīga, 2008 – 46 lpp.
  - 2.8. Darba lapas skolēniem. Fizika 12. klase. – ISEC, Rīga, 42 lpp.

## 1. IKT DABASZINĀTŅU MĀCĪBU PROCESĀ

Runājot par IKT izmantošanu mācību procesā, jāaplūko pēdējie 30 gadi, kad tika izgudroti un ieviesti personālie datori (skat. att. 1.1.) [69, 126].



1.1. att. Sensori un interaktīvās tāfeles izglītībā.

Literatūrā [1], apskatot datoru lietošanu mācību procesā, izdala divas jomas: 1) datorzināšanu un datorprasmju apguvi, t.i., kad skolēnus māca par dažādām programmatūrām un māca ar tām strādāt – skolā informātikas mācību priekšmetā; 2) mācību priekšmeta apguvi, izmantojot IKT – dažādos mācību priekšmetos, tajā skaitā fizikā. Ar promocijas darba mērķiem sasaucas otrā minētā joma – informāciju komunikāciju tehnoloģijas kā rīks fizikas mācību procesā.

Datoru lietošana dabaszinātņu mācību procesā paver daudzveidīgas iespējas, kas mācību vielas apgūšanu padara vienkāršāku, uzskatāmāku, mazāk laikietilpīgu u.c. To realizē ar atbilstošu programmatūru palīdzību:

- vizualizē procesus (attēli un animācijas – piem., *Flash* animācijas);
- veic aprēķinus (elektroniskās tabulas – piem., *MS Excel* u.c.);
- veido prezentācijas (prezentāciju programmas – piem., *MS PowerPoint, Prezi*);
- modelē procesus (virtuālās laboratorijas, simulācijas – piem., *FEMM*, Java vidē veidotas simulācijas);
- analizē objektu uzbūvi un kustību (datu apstrādes programmas darbam ar attēliem un videofilmām – piem., *LoggerPro, Tracker*);
- meklē un apstrādā informāciju (interneta pārlūkprogrammas – piem., *Mozilla Firefox*, teksta apstrādes programmas – piem., *MS Word, Wordle* u.c.);

kā arī pieslēdzot klāt datoram dažādas digitālās ierīces:

- videoprojektoru – datora ekrāna attēla projicēšanai uz ekrāna;
- drukas iekārtu – sagatavoto materiālu pavairošanai;
- sensorus – datu iegūšanai procesa norises laikā;
- interaktīvo tāfeli – interaktīva mācību procesa organizēšanai;
- balsošanas ierīces – jautājumu/atbilžu sistēmas lietošanai;

- datu kameru – eksperimentu, dokumentu, grāmatu attēlu u.c. projicēšanai uz ekrāna.

IKT ieviešana skolā prasa lielus finansu resursus un tāpēc arī tiek veikti pētījumi, lai konstatētu, cik lielā mērā šie resursi atmaksājas, kā IKT tehnoloģijas ietekmē mācību procesu un skolēnu sasniegumus, kādas prasmes nepieciešamas skolotājiem, kas jāpiedāvā skolotāju izglītības programmās utml. Plašākie pētījumi pēdējos desmit gados pasaulē tika veikti 2006. gadā, ko realizēja Eiropas 30 valstu Izglītības ministriju sadarbības tīkls European Schoolnet (EUN) un 2009. gadā Cisco (ASV) – pasaulē vadošais informācijas komunikāciju tehnoloģiju uzņēmums, kas nodarbojas ar sakaru, saziņas un sadarbības tehnoloģijām.

European Schoolnet tīkls tika dibināts, lai informētu par inovācijām mācību procesā, tajā skaitā par IKT ieviešanu izglītībā, dalībvalstu izglītības ministrijas, skolas, skolotājus un pētniekus. 2006. gadā sastādītais pārskats The ICT Impact Report [120] apkopo 17 starptautiski veikto pētījumu rezultātus par IKT lietojumu mācību procesā un tā ietekmi uz skolēnu mācību sasniegumiem. Apvienotajā karalistē veiktajos pētījumos mēģināja noskaidrot, kā IKT lietojums mācību procesā ietekmē mācīšanās sasniegumus valsts pārbaudījumos, savukārt, Skandināvijā veiktajos pētījumos secinājumi tika izdarīti no skolotāju un skolēnu sniegtajām atbildēm. Būtiskākie secinājumi no šiem pētījumiem, kas attiecas uz dabaszinātņu jomu:

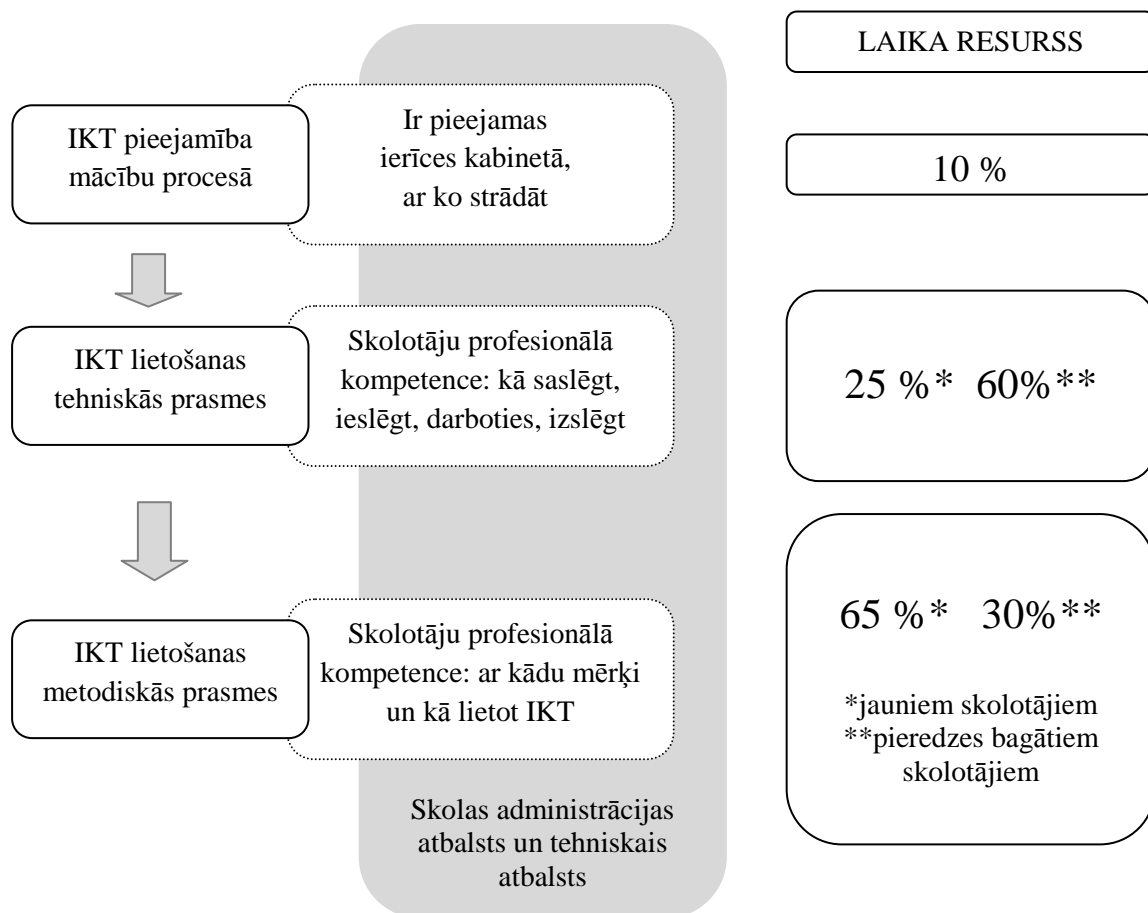
1) Viens faktors, kas kavē pilnvērtīgi izmantot IKT mācību procesā ir valsts izglītības sistēma, kurā nav radīti visi priekšnosacījumi IKT integrēšanai mācību procesā – tehnoloģiju un mācību resursu pieejamība un skolotāju profesionālās kompetences attīstīšana [120, 130].

2) IKT lietojums mācību procesā palielina skolēnu motivāciju iesaistīties mācību procesā, attīsta digitālās prasmes, nodrošina patstāvīgu mācīšanos un veicina savstarpējo sadarbību. Skolēni uzņemas lielāku atbildību par mācīšanos, jo izmantojot IKT, viņi var mācīties savā tempā, atbilstoši viņu vēlmēm un vajadzībām [97]. Skolotājiem ir vieglāk diferencēt mācību procesu, strādājot gan ar talantīgiem skolēniem, gan skolēniem ar mācīšanās grūtībām, kā arī ar skolēniem ar speciālām vajadzībām [28].

3) IKT lietojums mācību procesā uzlabo skolēnu akadēmiskos sasniegumus dabaszinātņu mācību priekšmetos [4, 28, 56, 96]. To veicina arī dažādas elektroniskās vides, kurās ir pieejami plaši resursi mācību priekšmetā – simulācijas, animācijas, filmu fragmenti, specializētās programmas mācību priekšmetā, mācību vielas skaidrojums u.c. [73]. Multimediju materiāli palīdz skolēnam radīt saikni starp simboliem, objektiem un procesiem dabaszinātnēs, taču internetā pieejamiem materiāliem ir jāpieiet kritiski, jo reizēm tie ir pārāk vienkāršoti un arī kļūdaini [38, 76].

4) Lai IKT lietojums sāktu reāli ietekmēt skolēnu sasniegumus, nepieciešams laiks: no IKT ieviešanas skolā, skolotāju profesionālās kompetences paaugstināšanas līdz reālai ietekmei uz skolēnu sasniegumiem [19, 96, 120].

Vērojamā tendence izglītībā: fokuss tiek koncentrēts ne vairs uz to kā apgūt IKT lietošanas tehniskās prasmes, bet gan uz IKT lietošanas metodiskajām prasmēm, kas prasa gan skolas administrācijas nepārtrauktu atbalstu, gan ievērojamu laika ieguldījumu tieši skolotāja profesionālās kompetences attīstīšanai (skat. 1.2. att.), kuru, savukārt, var realizēt ar atbilstošiem mācību resursiem.

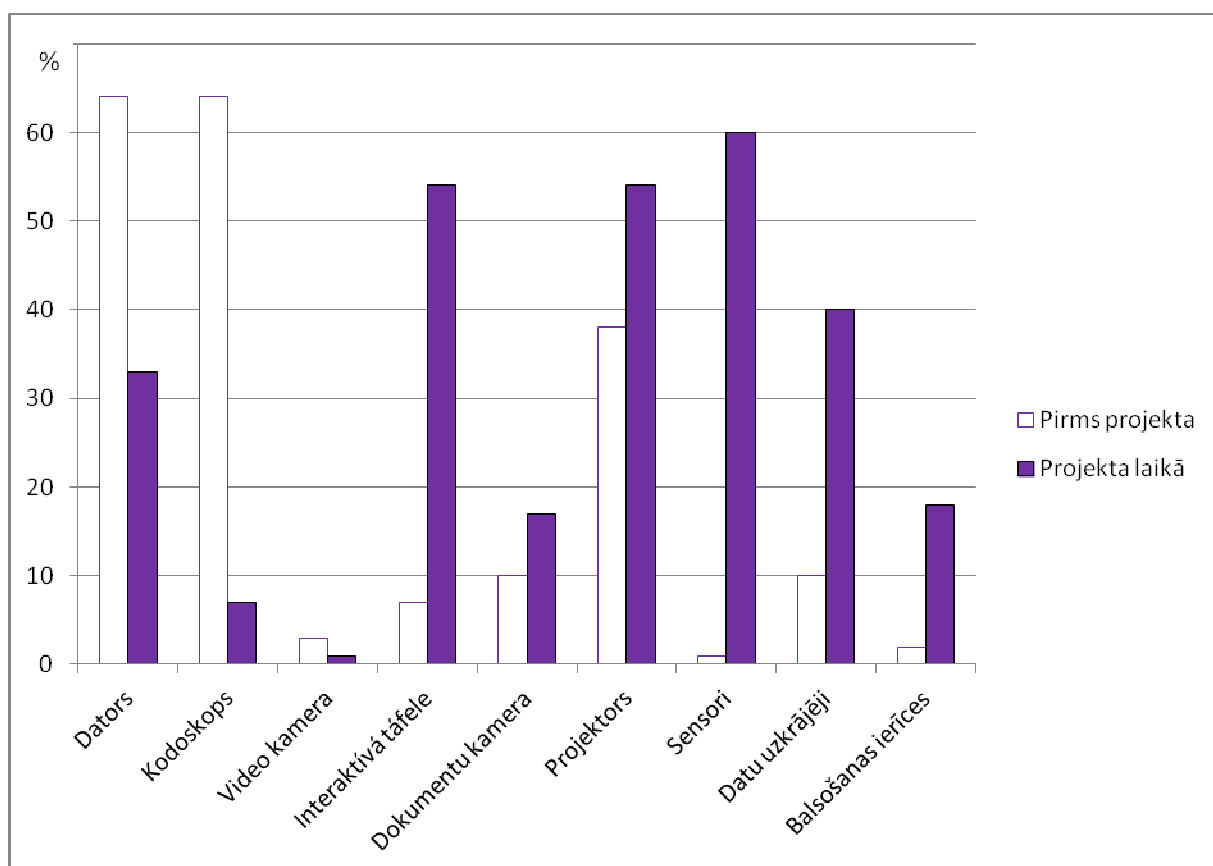


1.2. att. IKT integrāciju ietekmējošie faktori skolā.

Arī vienā no pēdējos gados veiktajiem pētījumiem par tehnoloģijām skolās (Lemke, Coughlin, Reifsneider, 2009) [70] tika pētītas pamatprasmes, augstākā līmeņa domāšanas prasmes, IKT lietošanas prasmes, sadarbības prasmes un skolēnu iesaistīšanās pakāpe mācību procesā, lietojot dažādas IKT, tajā skaitā interaktīvo tāfeli. Lai tehnoloģiju lietojums attīstītu nepieciešamās prasmes darba tirgū konkurētspējīgiem jauniešiem nepietiek tikai ar investīcijām tehnoloģiju iegādē, bet nepieciešamība lietot tehnoloģijas jāaskaņo gan ar mācību priekšmeta satura specifiskajiem jautājumiem, gan ar tā pasniegšanas metodiku un jāņem vērā, ka to integrācijai mācību procesā ir nepieciešams laiks – lai skolotājs apgūtu tehnoloģijas piedāvātās iespējas gan tehniski, gan metodiski. Šis laiks gan atšķirsies gados jauniem skolotājiem, kas paši jau ir auguši tehnoloģiju laikmetā – viņiem vajadzēs mazāk laika, lai apgūtu programmatūru, un pieredzējušiem skolotājiem, kuriem tam vajadzēs ieguldīt vairāk laika. Izmantojot IKT, skolotājam jāorganizē aktīvs mācību process, fizikā. Aktīvā mācību procesā skolēnu mācību sasniegumi ir daudz nozīmīgāki nekā tradicionālā mācību procesā [30].

Latvijā nav veikti visaptveroši pētījumi, kuros ir novērtēta IKT lietošanas ietekme uz mācību procesu dabaszinātnēs. 2010. gadā veiktais pētījums „Inovātīvas skolu sistēmas struktūras īstenošanas izaicinājumi un iespējas” (Analītisko pētījumu un stratēģiju laboratorija, 2010) [57] rāda, ja IKT pielietotas mērķtiecīgi, tās rada plašas iespējas kā uzlabot mācību procesu un kā nodrošināt personalizētu mācīšanos, kas stimulē ikviena procesa izaugsmi. Šie rezultāti sakrīt ar Eiropā veikto pētījumu [120] rezultātiem. Būtisks šķērslis IKT izmantošanai ir atbilstošs digitālo mācību materiālu trūkums latviešu valodā. Šādu materiālu sagatavošana pašiem skolotājiem prasa noteiktu kompetences līmeni un ievērojamu laika ieguldījumu. Fizikas skolotājiem nav pietiekams metodiskais atbalsts un prakse IKT mērķtiecīgā lietošanā mācību procesā. Nereti tiek diskutēts par tehnoloģiju lietošanas biežumu un mērķtiecīgumu mācību procesā.

No pēdējos gados pieejamajām IKT ierīcēm skolā dabaszinātņu kabinetos, visvairāk skolotāji sākuši lietot sensorus, datu uzkrājējus un interaktīvo tāfeles (skat. 1.3. att.), tāpēc īpaša uzmanība pievērsta šīm divām tehnoloģijām fizikas mācību procesā.



1.3. att. Dabaszinātņu skolotāju aptaujas rezultāti par IKT ierīču lietošanu pēc to pieejamības.

### 1.1. Sensori un datu uzkrājēji fizikas mācību procesā

Pētījumi pasaulē par sensoru lietojuma ietekmi uz skolēnu izpratnes padziļināšanu dabaszinātņu mācību procesā un skolēnu mācību sasniegumiem tiek veikti no divdesmitā gadsimta astoņdesmitajiem un deviņdesmitajiem gadiem, kad datu uzkrājēji un sensori tika ieviesti mācību procesā. Latvijā šis jautājums ir aktualizējies pēdējos piecos gados, jo Latvijas

skolās, pateicoties ESF un ERAF finansējumam, ir iespējas strādāt ar sensoriem un datu uzkrājējiem lielā daļā Latvijas skolu.

Sensori un datu uzkrājēji fizikas mācību procesā rada iespēju automatizēti reģistrēt un uzkrāt dažādos procesos iegūtos mērījumu datus, kā arī, lietojot sensoriem atbilstošo programmatūru, datus apstrādāt un analizēt. Sensoru un datu uzkrājēju lietošanu kopā ar datoru mācību procesā izglītības pētnieki sauc par MBL (*microcomputer-based laboratory*) [63, 101] jeb sensoru datorlaboratoriju. Mērķtiecīgi strādājot sensoru datorlaboratorijā, skolēni veido un padziļina izpratni par fizikas jēdzieniem un procesiem, tiešsaistē, iegūstot informāciju par procesa raksturlielumiem un to maiņu – gan skaitliskos datus, gan grafisku raksturlielumu maiņas attēlojumu [82, 101], skolēni arī iegūst pieredzi kā notiek pētnieciskais darbs, kā strādā zinātnieki.

Tā kā datu reģistrēšana notiek automātiski, mācību procesā parādās papildus laiks, kurā skolēni var uzdot jautājumus, prognozēt procesa norisi un rezultātus dažādos apstākļos, analizēt procesā iegūtos datus, izdarīt secinājumus un uzdot jaunus jautājumus. Šādi darbojoties tiek attīstītas un pilnveidotas problēmu risināšanas prasmes, kā arī grafiku veidošanas un analīzes prasmes [14, 64, 74, 87]. Piemēram, izmantojot kustības sensoru, skolēni iegūst kustīga objekta koordinātas maiņas grafiku un ātruma maiņas grafiku tiešsaistē, vērojot kā kustas objekts vai izanalizējot dotos grafikus, pašam atkārtojot kustību, kas attēlota grafikā. Tieši sensoru programmatūras iespējas grafiski attēlot pētāmā procesa raksturlielumu maiņu tiešsaistē tiek minēts kā būtiskākais ieguvums mācību procesā salīdzinājumā ar darbu veikšanu tradicionāli [14, 63]. Skolēni, veicot darbu sensoru datorlaboratorijā, var paralēli sekot notiekošam procesam un tā raksturlielumu maiņas grafiskam attēlojumam, tādējādi uzskatāmi sasaistot realitāti ar procesa matemātisko aprakstu. Sensoru ātrdarbība, iespēja veikt mērījumus un reģistrēt datus vienlaicīgi ar vairākiem sensoriem, savukārt, nodrošina skolēniem iespēju veikt vairāk mērījumu vienā mācību stundā, pārbaudot savas hipotēzes praktiski, kā arī mainot eksperimenta apstākļus, iegūt raksturlielumu maiņu jaunajos apstākļos. Jo vairāk skolēni izvirza pieņēmumus, kurus pārbauda eksperimentāli, jo dziļāka izpratne par aplūkojamo procesu skolēniem rodas [31, 98, 99, 121]. Paralēli priekšrocībām fizikas satura apgūvē, pētījumi liecina, ka darbs ar IKT rada iespēju skolēniem strādāt patstāvīgāk un neatkarīgāk [90].

Protams, sensorus un datu uzkrājējus skolotājs izmanto, lai demonstrētu fizikālos procesus stundā, bet būtiskāk ir skolēnam dot iespēju gūt nepastarpinātu pieredzi, darbojoties pašam ar sensoriem un datu uzkrājējiem [20, 21, 131]. Ja skolēns tikai vēro demonstrējumus, tad viņš iegūst virspusēju priekšstatu par apskatāmo fizikālo procesu. Saskaņā ar konstruktīvisma teoriju, cilvēks caur praktisku darbošanos gūst nepastarpinātu pieredzi un tādējādi veido savas zināšanas pats. Tas mācību procesā prasa laiku, bet tikai, piedāvājot laiku praktiski pārbaudīt savus

pieņēmumus skolēniem var attīstīt dziļāku izpratni par fizikas jēdzieniem un fizikāliem procesiem dabā un tehnikā.

Sensori un datu uzkrājēji ir tikai digitālas ierīces un, lai gan pētnieki norāda, kāda ir to mērķtiecīgas lietošanas ietekme uz skolēnu mācību sasniegumiem, tomēr, vai šī ietekme būs vai nē ir atkarīgs no rūpīgas mācību procesa organizācijas no skolotāja puses: vai ir organizēts mācību process, kas veicina jaunu ideju pārbaudi, iepriekšējo zināšanu pārstrukturizāciju un to sasaisti ar jauno pieredzi [63, 87]. Sensoru un datu uzkrājēju pieejamība klasē pati par sevi rezultātus negarantē. Daudz arī nosaka skolotāja uzkrātā pieredze darbā ar IKT, tajā skaitā ar sensoriem, datu uzkrājējiem un to programmatūru, un pārlicība par to, ko mācību procesā var iegūt skolēni darbojoties ar sensoriem un datu uzkrājējiem. Ja skolotājs pats nav pārliecināts, tad viņš vai nu nepiedāvās skolēnam strādāt ar sensoriem, vai neiedos pārlicību, ka arī ar IKT var pētīt fizikālos procesus. Tādējādi rodas priekšstats, ka ar sensoriem stundā tikai paspēlējas.

Līdz ar to būtiskākā loma sensoru un datu uzkrājēju mērķtiecīgā ieviešanā fizikas mācību procesā ir skolotājam, kuram jāpārzina un jāprot piedāvāt skolēniem izmantot sensoru un datu uzkrājēju priekšrocības. Tas jāņem vērā, veidojot studiju kursus skolotāju sagatavošanas programmā topošajiem skolotājiem, kā arī nodarbības profesionālās pilnveidesursos pieredzējušiem skolotājiem.

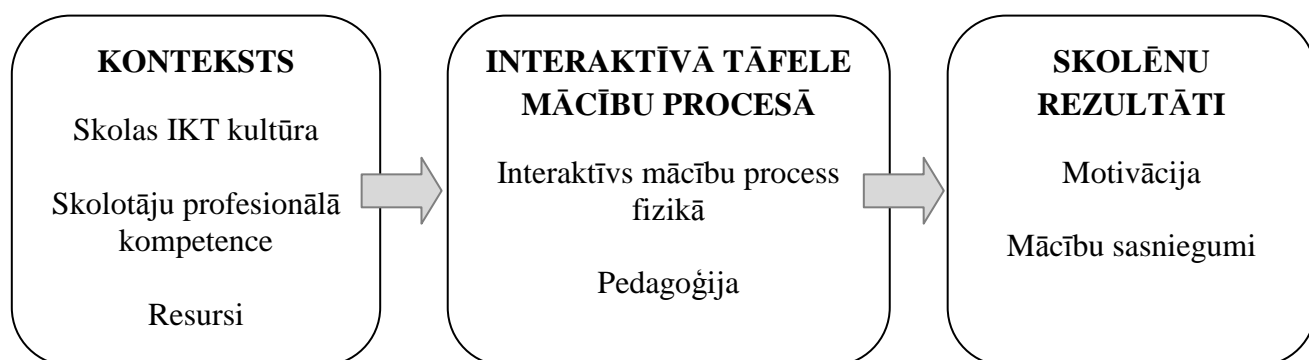
## **1.2. Interaktīvā tāfele mācību procesā**

Interaktīvā tāfele – viens no IKT rīkiem, kas pēdējos 15 – 20 gados ir ienācis gan pasaules, gan Latvijas skolu kabinetos. Šajā laikā pasaulē ir veikti dažādi pētījumi, kuru mērķis ir noskaidrot interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas mācību procesā, nozīmi skolotāju sagatavošanas procesā, ietekmi uz skolēnu mācību rezultātiem.

Interaktīvo tāfeļu pieejamība skolās ir atkarīga no valsts finansiāla atbalsta. Piemēram, Lielbritānijā laikā no 2002. līdz 2005. gadam 80 % pamatskolu bija iegādātas 4 vai vairāk interaktīvās tāfeles katrā skolā, bet 90 % vidusskolu vidēji – 11 interaktīvās tāfeles katrā skolā [9], savukārt, līdz 2015. gadam ir atvēlēti valdības līdzekļi, lai katrā skola būtu interaktīvās tāfeles [29]. Latvijā no 2005. gada līdz 2011. gadam ar ESF projektu atbalstu 50 % Latvijas skolu ir vismaz viena interaktīvā tāfele. Latvijā tāpat kā citās pasaules valstīs, vispirms skolas tika apgādātas ar informāciju tehnoloģijām, pēc tam sāk domāt, kā tās mērķtiecīgi lietot mācību procesā, ar kādiem materiāliem strādāt un kā apmācīt skolotājus.

Lai spriestu par interaktīvās tāfeles lietošanas ietekmi mācību procesā, jāņem vērā daudzi savstarpēji saistīti faktori (skat. 1.4. att.) [29]. Konteksts jeb tas kādi apstākļi tiek radīti mācību procesa nodrošināšanai ietekmē to, kā lieto interaktīvo tāfeli mācību procesā, kas, savukārt, ietekmē to, kādi būs skolēnu sasniegumi. Skolās, kurām ir IKT lietošanas kultūra, tiek nodrošināta interaktīvās tāfeles pieejamība fizikas kabinetā nevis kādā citā klasē skolā. Tāda

klase ir atbilstoši iekārtota [55, 108], tajā ir pietiekams aptumšojums, ir pieejams tehniskais atbalsts no skolas informātikas speciālista [47, 48, 103]; skolotājs ir apguvis programmatūras iespējas, mācījies metodiski mērķtiecīgi lietot interaktīvo tāfeli skolotāju sagatavošanas programmā vai profesionālās pilnveidesursos [5, 47, 48, 49, 71, 103, 106, 108, 132], skolotājam ir pietiekama prakse un pieejami atbilstoši resursi mācību stundām, Latvijas apstākļos tas nozīmētu, pieejami interaktīvās tāfeles materiāli fizikā latviski. Skolotāju profesionālai pilnveidei ir jābūt nepārtrauktai. Nereti skolu vadība nolemj, ka skolotājam pietiek ar vienu apmācību tūlīt pēc tāfeles uzstādīšanas skolā [71, 103], tas būtu tas pats, kas likt braukt jaunajam autovadītājam patstāvīgi pēc vienas apmācību nodarbības.



1.4. att. Interaktīvās tāfeles lietojuma ietekmes noteicošie faktori.

Ja viss iepriekš minētais ir pieejams, tad skolotājs var noorganizēt interaktīvu mācību procesu – ne tikai darbojoties interaktīvi ar mācību materiālu, bet arī mijiedarbojoties ar skolēniem un veicinot skolēnu savstarpējo mijiedarbību. Tas nozīmē, ka ir jābūt strukturētam stundas plānam, kurā ietverta uz sasniedzamo rezultātu vērsta izziņas aktivitāšu virkne. Tikai tādā gadījumā var runāt par interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu, kas arī iesaista skolēnus mācību procesā un uzlabo skolēnu mācību sasniegumus.

Pirmie pētījumi līdz 2004. gadam bija lokāli un tos veica praktiķi – skolotāji, pētot skolēnu un skolotāju uztveri, izmantojot interaktīvo tāfeli mācību procesā un tie pamatā tika veikti sākumskolas klasēs [18, 61]. Pēc tam pētījumus jau sāka pasūtīt valsts aģentūras, pievēršot uzmanību tam, kā interaktīvo tāfeli lieto klasē un kā, izmantojot interaktīvo tāfeli, varētu uzlabot mācību procesu. Īpaši aktīvi šādus pētījumus [7, 8, 9] veica Lielbritānijā laikā no 2003. līdz 2006. gadam, pateicoties tam, ka Lielbritānijā atrodas viena no lielākajām interaktīvo tāfeļu ražotāju firmām: Promethean [93]. Uzmanība tiek pievērsta arī jautājumam, kā, izmantojot interaktīvo tāfeli, iesaistīt mācību procesā visu klasi vienlaikus. Atbildi uz šo jautājumu skolotāji parasti atrod praktiski darbojoties, kā organizēt mācību procesu, lai vienam vai diviem skolēniem atrodotos pie interaktīvās tāfeles, pārējie skolēni nebūtu tikai pasīva vērotāja lomā. Viens no risinājumiem ir piedāvāt sagatavotam interaktīvās tāfeles materiālam skolēnu darba lapas un uz



tāfeles salīdzināt iegūtos rezultātus vai organizēt virzīto mācīšanos, kad skolēni apgūst jaunu saturu kopā ar skolotāju.

Ar 2007. gadu zinātniskajā literatūrā parādās raksti, kuros tiek publicēti pētījumi par interaktīvās tāfeles lietošanu mācību procesā: ko nozīmē mērķtiecīgs interaktīvās tāfeles lietojums mācību procesā; kādi faktori ietekmē interaktīvās tāfeles nākotni klasē [100]. No vienas puses pētījumi liecina, ka, lietojot interaktīvo tāfeli mācību procesā, šo procesu var padarīt kvalitatīvāku, paplašināt mācīšanas un mācīšanās iespējas, veikt uzskatāmi dažādu jēdzienu skaidrojumus, modelēt dažādas situācijas, piesaistīt un fokusēt skolēnu uzmanību, radīt iespēju skolēniem 'sajust' izglītības vidi [62]. No otras puses – lietojot interaktīvo tāfeli skolotāja kontrole pār procesu tiek decentralizēta [25]. Taču jāatzīst, ka pētījumu rezultāti nav viennozīmīgi salīdzināmi, tāpēc, ka lielākajā daļā pētījumu netika ņemts vērā konteksts – cik liela ir skolotāju pieredze darbā ar interaktīvo tāfeli, kādi ir pieejamie resursi [29, 103] līdz ar to grūti nodalīt tiešo un netiešo ietekmi.

Interaktīvās tāfeles klātbūtne klasē rada skolotājam iespēju mērķtiecīgi to izmantot mācību procesā, taču nenodrošina to automātiski. Būtisks faktors ir resursu pieejamība mācību priekšmetā dzimtajā valodā, t.i. resursi interaktīvai tāfelei fizikā latviešu valodā. Līdz ar to, ja mērķis ir organizēt interaktīvu mācību procesu, iesaistīt skolēnus, uzlabot viņu mācību sasniegumus, būtiski ir atbilstoši sagatavot skolotājus gan studiju laikā, gan tālākizglītības procesā, atbalstīt skolotājus ar gataviem materiāliem un radīt iespēju dalīties ar labās prakses piemēriem [71, 103]. Tā, kā interaktīvās tāfeles programmatūra rada iespēju skolotājam veidot mācību materiālu stundas laikā, tad ir būtiski, ka materiālus un metodiskus ieteikumus veido skolotāji – praktiķi.

Glovers un Millers [50], veicot pētījumus par interaktīvās tāfeles lietojumu klasē, iedalīja skolotājus trīs grupās: 1) „misionāri” – skolotāji, kas ir pārliecināti par interaktīvās tehnoloģijas potenciālu un to lieto; 2) „izmēģinātāji” – skolotāji, kas ir gatavi pieņemt izmaiņas un izmēģināt darboties jaunajos apstākļos; 3) „inertie” – skolotāji, kas aizbaidinoties ar dažādiem apstākļiem, atsakās lietot IKT. Protams, interaktīvās tāfeles lietošana stundā prasa no skolotāja papildus zināšanas, kā lietot programmatūru un tīri tehniskas prasmes: jāprot nokalibrēt tāfeli, ja tā tiek pārvietota no vienas telpas uz otru vai ja peles kursora vairs neatbilst rakstāmrīka pieskaršanās vietai tāfelei; jā rūpējas, lai telpā būtu pietiekams aptumšojums, lai nekristu tieši saules stari uz ekrāna; jāpielāgo tāfeles augstums skolēna augumam, ja interaktīvā tāfele ir nostiprināta uz statīva. Ja interaktīvā tāfele atrodas vairākās klasēs un skolotājam nav speciāli jādodas uz citu kabinetu, lai strādātu ar tāfeli, tad skolotājs pakāpeniski pilnveido šīs tehniskās prasmes un viņam nerodas nedrošība, katru reizi uzsākot strādāt ar tāfeli [80]. Neskatoties uz to, ka materiālu sagatavošana interaktīvās tāfeles programmatūrā ir diezgan laikietilpīga, iespēja saglabāt stundas

komentārus un atvērt tos jebkurā laikā ir viena no programmatūras iespējām, ko novērtē skolotāji [13, 17, 39].

Vairums augstākminēto pētījumu par interaktīvās tāfeles lietojuma ietekmi mācību procesā ir veikti sākumskolas un pamatskolas posmā, tikai daži pētījumi veikti vidusskolas posmā [102], līdz ar to nav veikti konkrēti pētījumi par interaktīvās tāfeles lietojuma ietekmi fizikas mācību procesā. Tas saistīts ar to, ka vidusskolā salīdzinoši reti sauc skolēnus pie tāfeles [108], bet te risinājums būtu bezvadu tāfelītes izmantošana, lai skolēns var strādāt ar interaktīvās tāfeles materiālu arī no savas vietas. Pētnieku secinājumi par ietekmi uz skolēnu uztveri un mācību sasniegumiem arī nav viennozīmīgi. Skolēni interaktīvo tāfeli līdzīgi kā citas digitālās tehnoloģijas uztver pozitīvi [5,48, 103, 108], tāpēc ka šo rīku ir viegli lietot, mācību materiālu var attēlot vizuāli uzskatāmi, ar materiālu var darboties interaktīvi līdzīgi kā ar citām digitālām ierīcēm, kuras skolēni lieto ārpus skolas – mobilo telefonu, planšetdatoru u.c. Jautājums ir tikai vai tas nav jauna tehnoloģiju rīka efekts un kas notiks tajā brīdī, kad interaktīvās tāfeles skolā būs jau ilgāku laiku [48, 49]. Skolēnu motivācija iesaistīties mācību procesā palielinās īslaicīgi, ja skolotājs interaktīvo tāfeli nelieto priekšmeta specifiskā kontekstā, bet tikai kā rīku uz kura vizualizē mācību materiālus [75], kaut gan vizuāla uzskatāmība ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ilustrē stāstījumu un stimulē mācīšanos [47, 53]. Lai varētu organizēt interaktīvu mācību procesu, jābūt atbilstoši sagatavotiem materiāliem.

1.1. tabula

### Profesionālās kompetences un interaktivitātes līmeņi

Nr.	Profesionālās kompetence	Interaktivitāte
1.	Lietojot interaktīvo tāfeli, skolotājs realizē ierastas lietas ierastā veidā <b>līdzīgi kā uz parastās tāfeles</b> .	<b>Vizualizēšanas stadija:</b> demonstrē attēlus un materiālus kā vizuālu atbalstu.
2.	Skolotājs ierastas lietas realizē jaunā veidā, <b>izmantojot tāfeles programmatūras iespējas</b> .	<b>Interaktīvā stadija:</b> materiālu lieto, lai ilustrētu, attīstītu un pārbaudītu jēdzienus un koncepcijas; interaktīvā tāfele skolēnu uzmanības centrā.
3.	Skolotājs lieto interaktīvo tāfeli <b>kā multimediju centru:</b> kopā ar interaktīvo tāfeli izmanto citas IKT (sensorus, balsošanas ierīces, dokumentu kameru); lieto <b>speciāli gatavotus materiālus</b> jeb flipčārtus, tādējādi skolotājs realizē jaunas lietas jaunā veidā.	<b>Uzlabotās interaktivitātes stadija:</b> materiālā integrēti jēdzieni un koncepcijas; notiek diskusijas, procesu skaidrojums, hipotēžu attīstīšana pilnvērtīgi izmantojot interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas; rūpīgi sagatavotas stundas, iekļaujot aktivitātes, kas atbalsta dažādus mācīšanās stilus.

Skolotāja profesionālās kompetences palielināšana prasa laiku, tā notiek pakāpeniski. Austrālijas izglītības pētnieki C. Betcher un M. Lee (2009), vērojot mācību stundas, kurās skolotāji lieto interaktīvo tāfeli, nonākuši pie secinājumiem, ka skolotājs, attīstot savu profesionālo kompetenci, iziet cauri trīs profesionālās kompetences attīstības fāzēm [10]. Šīs fāzes sasaucās ar Lielbritānijas pētnieku D. Glover, D. Miller, D. Averis un V. Doors interaktīvās tāfeles lietojuma interaktivitātes stadijām [47, 49] (skat. 1.1. tabulu).

Lai interaktīvās tāfeles lietojums būtu mērķtiecīgs un ietekmētu skolēnu mācību sasniegumus, skolotājam būtu jāasniedz 1.1. tabulā minētais augstākais profesionālās kompetences un interaktivitātes līmenis. Lai to varētu panākt ir jābūt atbilstoši skolotāju sagatavošanai gan augstskolā, gan tālākizglītībasursos. Runājot par dabaszinātnēm, skolotāju sagatavošanas programmās, jādomā kā lietot interaktīvo tāfeli, lai iesaistītu un motivētu skolēnus atklāt zinātnes lomu, lai saprastu kā zinātne izzina apkārtējo pasauli un saprastu zinātnē lietotos jēdzienus [85]. Skolotājiem ir jāmacās veidot vai atlasīt un izmantot materiālus, kas nodrošina efektīvu dabaszinātņu mācīšanu: 1) materiāli, kas saistīti ar skolēnu pieredzi, sadzīves un sabiedrības kontekstu; 2) materiāli, kas nodrošina aktīvu iesaistīšanos mācību procesā; 3) materiāli, kas veicina skolēnu pētniecisko darbību, veidoti, lai realizētu sasniedzamos rezultātus, kas padziļina dabaszinātnisko izpratību [54]. Fizikas kontekstā tas nozīmē, ka skolotājam būtu nepieciešami interaktīvās tāfeles materiāli fizikā latviešu valodā, metodiskie materiāli – stundu plāni, stratēģijas kā darboties interaktīvās tāfeles programmatūrā, lai radītu interaktīvu materiālu mācību stundas laikā. Profesionālās pilnveidesursos un skolotāju sagatavošanas programmās uzsvars jāliek ne tikai uz tehniskām prasmēm lietot programmatūru, bet vairāk uz metodiku – ar kādu mērķi, kā un kāpēc lietot interaktīvo tāfeli fizikas stundā.

## 2. PĒTĪJUMS PAR IKT LIETOJUMU MĀCĪBU PROCESĀ DABASZINĀTNĒS

### 2.1. Pētījuma metodoloģija

Aprobācijas pētījumā par IKT lietojumu mācību procesā, pārbaudot izveidotos materiālus praksē skolās, izmantotās metodes ir atbalsta materiālu aprobācija mācību procesā un profesionālās pilnveides nodarbībās, skolotāju vērtējums pēc vienotas metodikas, ekspertu vērtējums, stundu ārējā novērošana.

Skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpētē izmantotās metodes ir aptaujas, stundu ārējā novērošana un fokusgrupu diskusijas.

**Pētījuma bāze:** pētījums ir veikts VISC realizēto ESF projektu

1) „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” (2005 – 2008) 50 projekta izmēģinājuma jeb pilotskolās (21 vidusskola, 28 ģimnāzijas, 1 tehnikums; respondenti 49 skolu administrācijas pārstāvji, 202 dabaszinātņu un matemātikas skolotāji, tajā skaitā 48 fizikas skolotāji un 2664 skolēni).

2) „Dabaszinātnes un matemātika” (2008 – 2011) 26 projekta izmēģinājuma jeb pilotskolās (12 pamatskolas, 6 vidusskolas, 8 ģimnāzijas), no kurām 12 skolas ir tās pašas, kas bija augstāk minētā projekta pilotskolas (respondenti – 26 skolu administrācijas pārstāvji, 98 dabaszinātņu un matemātikas skolotāji, tajā skaitā 26 fizikas skolotāji un 599 skolēni).

3) Fizikas skolotāji – tālākizglītības kursu „Pārmaiņas fizikas mācību procesā 8. – 9. klasē atbilstoši dabaszinātņu un matemātikas satura attīstības koncepcijai vispārējā izglītībā” (3 grupas, 69 skolotāji) un „Pārmaiņas fizikas mācību procesā 8. – 12. klasē atbilstoši dabaszinātņu un matemātikas satura attīstības koncepcijai vispārējā izglītībā” grupās (3 grupas, 71 skolotājs).

**Datu vākšanas metodes:**

1) skolēnu, skolotāju un skolas administrācijas aptaujas ar mērķi noskaidrot esošo situāciju un veikt IKT lietošanas attīstības tendenču analīzi fizikas mācību procesā; (2005., 2007., 2009., 2011);

2) skolotāju un ekspertu vērtējums pēc vienotas metodikas par izveidotajiem atbalsta un metodiskajiem materiāliem (2006 – 2011);

3) stundu ārējā novērošana ar mērķi konstatēt, kā lieto IKT mācību procesā un kāda metodiskā palīdzība ir nepieciešama skolotājam (2006 – 2011);

4) fokusgrupu diskusijas ar mērķi iegūt salīdzināmu informāciju no pilotskolu skolotājiem, un administrācijas par IKT ietekmi uz mācību procesu, skolotāju profesionālo izaugsmi un nepieciešamajām papildus zināšanām (2009, 2011).

## Empīrisko datu analīze

1) Veicot skolēnu un skolotāju aptaujas, tika iegūti dati, kas atspoguļo: kā mainās IKT lietojums dabaszinātņu mācību procesā laika posmā no 2005. gada līdz 2011. gadam; kāda metodiskā palīdzība nepieciešama fizikas mācību procesā, lietojot sensorus, datu uzkrājējus un interaktīvo tāfeli. Veicot elektroniski skolotāju un skolas administrācijas aptaujas, tika uzdoti vieni un tie paši jautājumi ar mērķi noskaidrot, kā ir mainījušās IKT lietošanas tendences pēdējo gadu laikā skolā. Aptaujā tika izmantota Likerta skala, kur ar 1 atzīmē apgalvojumus, kuriem pilnībā nepiekrīt, bet ar 4 – pilnībā piekrīt. Pēc katra jautājuma respondentiem tika lūgts arī uzrakstīt savus komentārus. Aptaujas dati tika apkopoti datu bāzē, verificēti un apstrādāti.

2) Izveidotie atbalsta materiāli – demonstrējumu un laboratorijas darbu apraksti un metodiskie komentāri aprobācijas gaitā tika vērtēti no skolotāju un ekspertu puses, izvērtējot tos pēc noteiktiem kritērijiem. Pēc katra temata apguves skolotāji saziņas vidē elektroniski novērtēja atbalsta materiālus pēc noteiktiem kritērijiem: laboratorijas darba vērtēšanas kritēriji redzami tabulā 2.1. un demonstrējumu vērtēšanas kritēriji attēloti tabulā 2.2.

2.1. tabula

### Laboratorijas darbu vērtēšanas kritēriji

Nr.	Rādītājs	Vērtējums	
1.	LD mācību procesā skolēni	LD izpilda ar interesi, veiksmīgi	2
		Ir problēmas LD izpildē	1
		LD nevar veikt	0
2.	Skolēni apgūst pētnieciskās (izziņas) prasmes	Pilnībā atbilst plānotajam	2
		Daļēji	1
		Nespēj apgūt	0
3.	Skolēni apgūst eksperimentālā darba prasmes	Pilnībā atbilst plānotajam	2
		Daļēji	1
		Nespēj apgūt	0
4.	Izmantotais aprīkojums (ierīces, vielas)	Lietojams atbilstoši plānotajam	2
		Ir problēmas	1
		Nevar izmantot	0
5.	LD formulējumi	Skaidri, saprotami, atbilstoši	2
		Nepieciešami labojumi	1
		Jāmaina	0
6.	LD izpildes laiks	Pietiekošs	2
		Ar grūtībām var iekļauties	1
		Nevar izpildīt	0
7.	LD noformējums	Skaidri, saprotami, atbilstoši	2
		Nepieciešami labojumi	1
		Jāmaina	0
8.	LD vērtēšanas kritēriji	Atbilstoši	2
		Nepieciešami precizējumi	1
		Neatbilst	0

**Demonstrējumu vērtēšanas kritēriji**

Nr.	Rādītājs	Vērtējums	
1.	DD mācību procesā	Vēro un izpilda ar interesi, veiksmīgi	2
		Ir problēmas DD izpildē	1
		Nav iespējams veikt	0
2.	Izmantotais aprīkojums (ierīces, vielas)	Lietojams atbilstoši plānotajam	2
		Ir problēmas	1
		Nevar izmantot	0
3.	DD izpildes laiks	Pietiekošs	2
		Ar grūtībām var iekļauties	1
		Nevar izpildīt	0
4.	DD apraksta noformējums	Skaidri, saprotami, atbilstoši	2
		Nepieciešami labojumi	1
		Jāmaina	0
5.	DD apraksta formulējumi	Skaidri, saprotami, atbilstoši	2
		Nepieciešami labojumi	1
		Jāmaina	0
6.	Skolēna darba lapas noformējums	Skaidri, saprotami, atbilstoši	2
		Nepieciešami labojumi	1
		Jāmaina	0
7.	Skolēna darba lapas formulējumi	Skaidri, saprotami, atbilstoši	2
		Nepieciešami labojumi	1
		Jāmaina	0

Pēc katra materiāla izvērtējuma skolotāji ievadīja elektroniskā vidē komentārus par saskatītajām problēmām; kādi uzlabojumi materiālā nepieciešami; kādi precizējumi nepieciešami formulējumos. Izveidoto atbalsta materiālu pilnveidei nozīmīgākā sadaļa ir tieši komentāri, jo šajās sadaļās skolotāji norādīja konkrēti kurās vietās aprakstos ir nepieciešami uzlabojumi.

Eksperti pirmo reizi lasīja izveidotos atbalsta materiālus pirms aprobācijas procesa un izvērtēja tos atbilstoši norādītajiem kritērijiem (skat. 2.3. tabulu). Otro reizi eksperti izvērtēja materiālus pēc aprobācijas procesa, kad materiāli bija pilnveidoti, ņemot vērā skolotāju ieteikumus pēc aprobācijas mācību procesā un ekspertu sākotnējos ieteikumus.

**Kritēriji un rādītāji laboratorijas darbu, pētniecisko darbu un demonstrējuma aprakstu  
izvērtēšanai**

<b>Kritēriji</b>	<b>Rādītāji (pierādījumi)</b>
Skolēnam mācību procesā veidojas izpratne par procesiem, parādībām dabā, matemātiskajiem modeļiem.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darba veikšana palīdz izprast apgūstamo likumsakarību, procesu, parādību būtību.</li> </ul>
Skolēnam mācību procesā veidojas pētnieciskās prasmes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darba veikšana palīdz apgūt (pilnveidot) konkrētas pētnieciskā darba prasmes.</li> </ul>
Skolēnam mācību procesā veidojas saikne ar dzīvi, interese.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iekļautais situācijas apraksts ir reāls, mūsdienīgs, skolēnam saistošs, atbilst skolēnu pieredzei.</li> </ul>
Darbs ir metodiski pārdomāts.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atbilst konkrētā materiāla izveides mērķim.</li> <li>• Darba atsevišķas daļas ir savstarpēji atbilstošas.</li> <li>• Darbs ir drošs skolēnu veselībai un videi nekaitīgs, tajā norādīti drošības pasākumi, kas jāievēro.</li> <li>• Darbā piedāvātais aprīkojums atbilst mūsdienīgam mācību procesam, ir pieejams, ekonomisks.</li> </ul>
Darbu kopums ir metodiski pārdomāts, sistēmiski, korekti veidots.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iestrādāta pakāpeniska un pēctecīga pētniecisko prasmju apguve.</li> <li>• Atsegtas vērtēšanas iespējas.</li> <li>• Iekļautie metodiskie komentāri atsedz būtisko, ir skaidra procedūra.</li> <li>• Uzdevumu u.c. formulējumi skaidri, nepārprotami, skolēnam viegli uztverami.</li> <li>• Ir ievērota akadēmisko un pedagoģisko terminu lietojuma pareizība.</li> </ul>
Darbu kopuma tehniskā kvalitāte.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materiāls ir strukturēts, labi pārskatāms.</li> <li>• Iekļautās informācijas apjoms un izvietojums atbilstošs, ekonomisks.</li> </ul>
Tiek ievērotas un veicinātas vienlīdzīgas iespējas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ievērota dzimumu līdztiesība.</li> <li>• Netiek pieļauta diskriminācija pēc dzimuma, rases, etniskās izcelsmes, invaliditātes, reliģijas u.c.</li> <li>• Ir iespējas mācību saturu apgūt arī skolēniem ar īpašām vajadzībām.</li> </ul>

Aprobācijas dati tika apkopoti datu bāzē, verificēti un apstrādāti.

3) Stundu ārējā novērošana tika veikta projekta izmēģinājuma skolās izmantojot speciāli sagatavotu stundu vērošanas lapu (skat. pielikumu Nr. 1.3), kurā tika atzīmētas skolotāja atbildes uz jautājumiem pirms stundas, pēc stundas, kā arī vērotāja fiksētie fakti un komentāri. Runājot par IKT lietojumu, vērotājam jāatzīmē: skolēna darbība stundā, tajā skaitā vai tiek izmantotas IKT; skolotāja izmantotie mācību līdzekļi un resursi, tajā skaitā sensori un/vai interaktīvā tāfele.

Pēc vērošanas lapām tika aizpildīta secinājumu lapa, kur vērotājām jāpamato, kas liecina par to, ka stundā tika mērķtiecīgi izmantotas mūsdienu tehnoloģijas. Izmantojot stundu ārējā novērošanā iegūtos datus, tika izdarīti secinājumi par skolotājam nepieciešamo metodisko atbalstu un palīdzību, kas tika ņemti vērā veidojot skolotāju profesionālās pilnveides nodarbības par IKT mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā. Datu apstrādei un analīzei tika izmantota kvalitatīvo datu analīzes programmatūra NVivo.

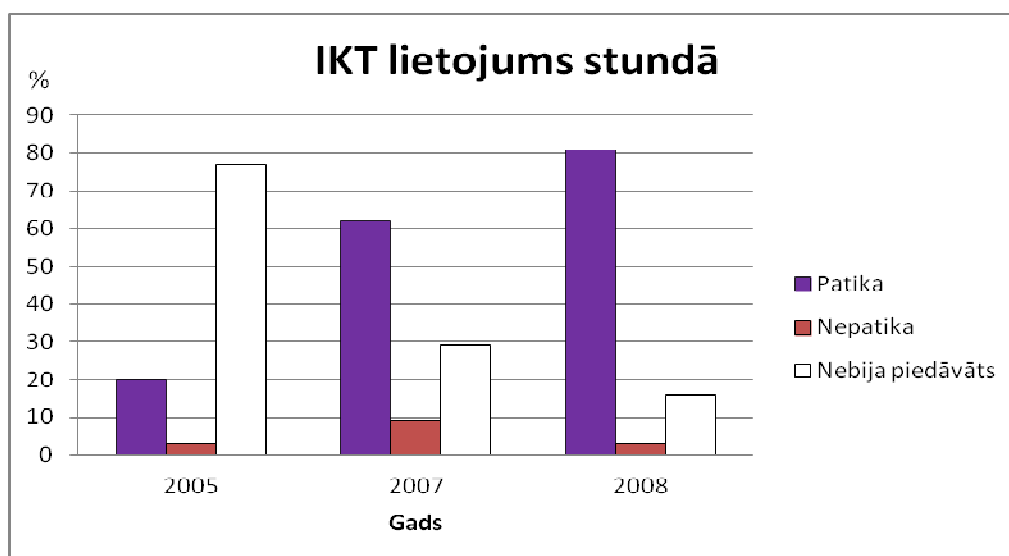
4) Fokusgrupu diskusijās (2009, 2011) ar respondentiem izmēģinājuma projekta skolās izmantoja pusstrukturēto interviju protokolu, kuros ietvertie jautājumi ir sagrupējami vairākos tematos. Apskatāmā pētījuma ietvaros aktuāli ir divi jautājumu loki: 1) tehnoloģiju ietekme uz mācību procesu; 2) skolotāju vērtējums par personīgo profesionālo izaugsmi un nepieciešamajām papildus zināšanām. Fokusgrupu intervijas tika ierakstītas diktofonā, datu analīzei tika izmantoti atšifrētie fokusgrupu interviju teksti.

Veicot fokusgrupu intervijās iegūto kvalitatīvo datu apstrādi, vispirms tika veikta datu atvārtā kodēšana, kuras gaitā dati tika sadalīti blokos, izvērtēti un katrai kategorijai piešķirts kods [11, 111]. Pēc atvārtās kodēšanas sekoja fokusētā datu kodēšana, kuras laikā tika atvasinātas arī kategorijas šī pētījuma kontekstā: skolēna pētniecisko un tehnoloģiju lietošanas prasmju pilnveidošanās, tehnoloģiju lietojums mācību procesā, skolotāju pētnieciskās un tehnoloģiju izmantošanas prasmes. Empīrisko datu analīzes rezultātā iegūtie secinājumi ir analītiski vispārināmi.

## 2.2. Pētījuma rezultāti

### 2.2.1. Aptaujas par IKT lietošanas tendencēm mācību procesā un skolotājiem nepieciešamo atbalstu

IKT (tajā skaitā sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles) lietojums mācību procesā ar katru gadu palielinās un to pozitīvi novērtē skolēni (skat. 2.1. att.).

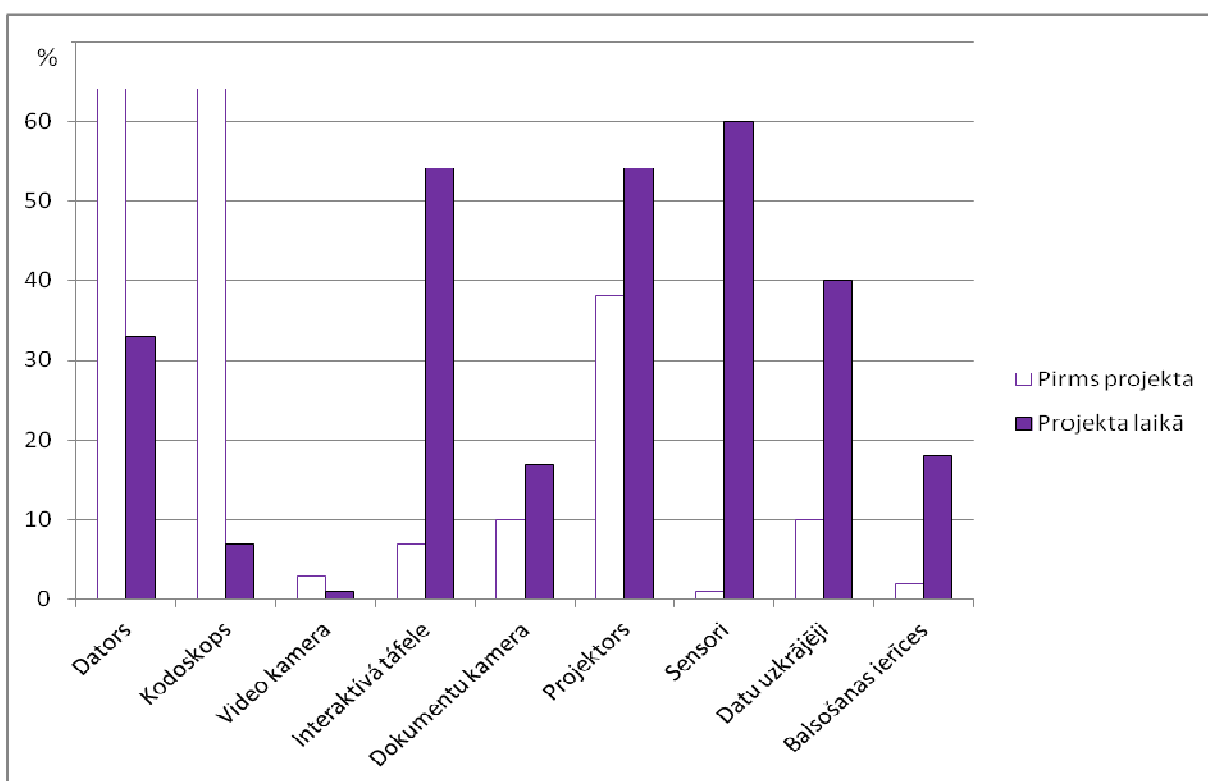


2.1. att. Skolēnu atbildes uz jautājumu par IKT lietojumu mācību stundās.



Aptauja veikta laika posmā no 2005. līdz 2008. gadam ESF projekta pilotskolās (2664 aizpildītas skolēnu anketas par dabaszinātņu un matemātikas stundām, tajā skaitā – 716 skolēnu anketas par fizikas stundām).

No pēdējos gados pieejamajām IKT ierīcēm skolā dabaszinātņu kabinetos, visvairāk skolotāji sākuši lietot sensorus, datu uzkrājējus un interaktīvo tāfeli (skat. 2.2. att.). Aptauja veikta 2010. gadā projekta 50 pilotskolu 157 dabaszinātņu un matemātikas skolotājiem (skat. pielikumu Nr. 1.1.). Aptaujas dati tika apkopoti datu bāzē un apstrādāti ar MS Excel programmu. Kā biežākās problēmas, kas rodas lietojot IKT stundā skolotāji atzīmē, tehniska rakstura problēmas, ar kurām paši nemāk tikt galā un aicina palīgā informātikas skolotāju vai skolēnus, jo pašiem ne vienmēr ir pietiekamas prasmes.



2.2. att. Dabaszinātņu skolotāju aptaujas rezultāti par IKT ierīču lietošanu projekta laikā 2010. gads.

Skolotāji arī norāda, ka ir nepieciešams laiks, lai apgūtu skolā pieejamās ierīces un saplānotu stundu, kā visefektīvāk IKT lietot stundā:

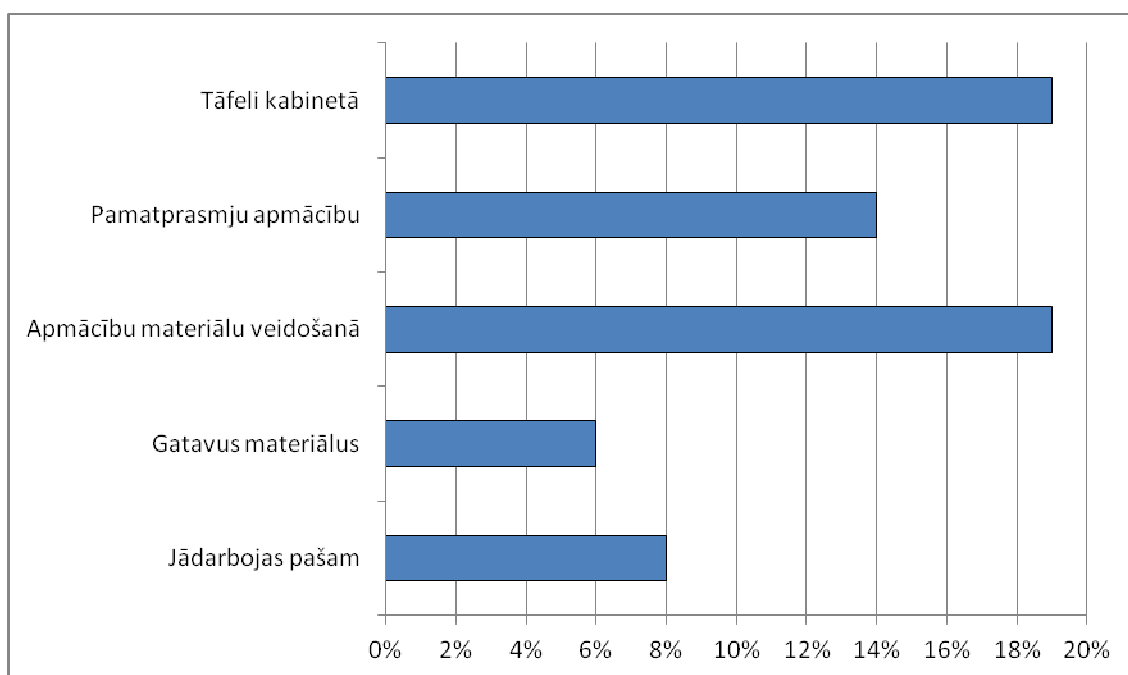
- *Lai efektīvi lietotu tehnoloģijas mācību procesā, ir nepieciešams pārdomāt stundas metodiku, sagatavot skolēnu darba lapu. Galvenā problēma – pietrūkst laika.*
- *Tāfeles flipčārtu un kvalitatīvu prezentāciju veidošana aizņem daudz laika – 1 līdz 2 x mēnesī uztaisu ko jaunu, izmantoju no iepriekšējiem gadiem vai arī lūdzu skolēniem palīdzēt atrast vai uztaisīt. Viņi to dara labprāt.*

Uz jautājumu, kāda palīdzība būtu nepieciešama, lai efektīvi varētu lietot pieejamās informāciju tehnoloģijas mācību procesā – visbiežāk tiek minēts: vairāk materiālu interaktīvajai tāfeli, metodiskais atbalsts nepieciešamības gadījumā, profesionālās pilnveides nodarbības:

- *Ļoti noderētu kursi par materiālu sagatavošanu interaktīvajai tāfeli. Šobrīd ir vairākas reizes bijusi apmācība par vispārīgu tāfeles lietošanu, bet vajadzētu konkrēti mācību priekšmetā ar praktisku materiālu sagatavošanu. Vēl ļoti noderētu arī jau gatavi speciālistu vai kolēģu veidoti materiāli, kurus nedaudz pārveidojot, varētu izmantot stundā (regulāra materiālu veidošana prasa ļoti daudz laika).*

- *Kvalificēti izstrādāti materiāli interaktīvai tāfeli.*
- *Kursi par tehnoloģiju lietošanu mācību procesā.*
- *Metodiski gudri izstrādāti materiāli (interaktīvai tāfeli ar lietošanas pamācību, video un audiofragmenti ar darba lapu vai lietošanas pamācību – kā lietot mācību procesā utt.).*

Veicot aptauju (skat. pielikumu Nr. 1.2.) tālākizglītības kursu dalībniekiem – fizikas skolotājiem (6 grupas 140 respondenti, 2010. – 2011. gads), kas nav pilotskolu skolotāji, iegūtās atbildes sakrīt ar pilotskolu skolotājiem par to, kāda palīdzība ir nepieciešama skolotājam darbā ar interaktīvo tāfeli (skat. 2.3. att.).



2.3. att. Fizikas skolotāju aptaujas rezultāti par nepieciešamo palīdzību darbā ar interaktīvo tāfeli.

Tabulās 2.4. un 2.5. ir apkopoti elektroniski veiktās pilotskolu skolotāju un skolas administrācijas aptaujas rezultāti.

Komentāros skolas administrācija norāda, ka skolēniem veiksmīgi izdodas informāciju tehnoloģiju izmantošana, kā arī palielinās skolēnu motivācija:

- *Skolēni prasmīgi izmanto informāciju tehnoloģijas stundās un veicot mājasdarbus.*
- *Jaunais aprīkojums sagādā vēlēšanos darboties un bieži vien tas palīdz izprast mācību satura nozīmību.*

Skolēni bieži vien ir tie, kas palīdz skolotājam apgūt modernās informāciju tehnoloģijas:

- ... *darboties ar aprīkojumu – skolēni ir tie, kas palīdz skolotājam apgūt interaktīvo tāfeli. Tāpat, strādājot ar sensoriem, skolēniem ir viss skaidrs.*

Skolotāji apgūst IKT prasmes daudz lēnāk, taču tās ar katru gadu pieaug:

- ... *par interaktīvo tāfeli ieliku tikai 3 punktus, jo diemžēl mūsu skolā ir tikai 5 skolotāji, kas strādā ar interaktīvo tāfeli, kaut gan citi skolotāji IT izmanto, lai papildinātu informāciju. 4 punktus ieliku par skolotāju prasmēm strādāt ar IT, jo divus gadus atpakaļ mūsu skolā visos mācību kabinetos, visiem skolotājiem iegādājās datorus, pieslēdzāmies e-klasei. Kopš tā laika skolotāji ar IT vairs nav uz Jūs.*

Skolu administrācijas pārstāvji atzīmē, ka ļoti būtisks skolotāju izaugsmes iemesls ir iespējas profesionāli pilnveidoties un izmantot atbalsta materiālus:

- *Piedāvātie atbalsta materiāli prasa efektīvi izmantot IT un pilnveidoties skolotājam. ... Tas rada skolotājos nepieciešamību mūsdienīgot mācību procesu un iemācīties strādāt ar IT. Skolotāji ļoti daudzas lietas apgūst gan kursus, gan pašmācības ceļā.*

2.4. tabula

**Skolas administrācijas atbildes par skolēnu un skolotāju IKT prasmju izaugsmi dabaszinātņu mācību procesā 2009. – 2011. gadā**

	<b>1</b> Pilnībā nepiekrītu	<b>2</b> Daļēji nepiekrītu	<b>3</b> Daļēji piekrītu	<b>4</b> Pilnībā piekrītu
Skolēniem labi veicas pašiem izmantot IKT un darboties ar aprīkojumu.	0 %	0 %	46.2 %	53.8 %
Skolotāji stundās mērķtiecīgi lieto digitālos resursus – animācijas, prezentācijas u.c.	0 %	0 %	30.8 %	69.2 %
Skolotāji stundās mērķtiecīgi lieto IKT aprīkojumu – datoru, sensorus, interaktīvo tāfeli u.c.	0 %	0 %	61.5 %	38.5 %
Pēdējo divu gadu laikā ir pilnveidojušās skolotāju prasmes informāciju tehnoloģiju izmantošanā	0 %	0 %	23.1 %	76.9 %

Arī skolotāji atzīmē skolēnu prasmes izmantot IKT, taču neslēpj arī problēmu, ka palielinoties iespējām meklēt informāciju internetā, samazinās prasme lasīt grāmatas.

- *Skolēni ļoti veiksmīgi izmanto informāciju tehnoloģijas, tās pielieto gatavojoties stundām, prezentācijām, ieskaitēm, diskusijām, pētniecībai u.c.*

- *Mūsdienu modernajā tehnoloģiju laikmetā skolēni ļoti labi atrod informāciju datorā, vairāk problēmu ir ar informācijas atrašanu grāmatās, cits to izdara ātri, citam vajag ilgāku laiku, bet salīdzinot ar to kā skolēni informāciju meklēja projekta sākumā, tad varu teikt, ka viņi to dara daudz labāk.*

Lielākā daļa skolotāju atzīmē, ka viņiem nesagādā grūtības stundā izmantot animācijas, prezentācijas un video, taču daļai problēmas sagādā darbs ar interaktīvo tāfeli. Strādājot ar IKT, nepārtraukti uzlabojas skolotāju prasmes lietot šīs tehnoloģijas.

- *Interaktīvās tāfeles izmantošana ir ierobežota, jo nav pašas tāfeles [kabinetā], tādēļ materiālus var izmantot vairāk prezentācijas režīmā, vai arī skolēniem pa vienam jānāk pie datora. Iespējams bezvadu pele būtu risinājums.*

- *Pēdējo divu gadu laikā ir pilnveidojušās manas prasmes informāciju tehnoloģiju izmantošanā, jo projekts piedāvā ļoti plašu interaktīvo materiālu klāstu.*

- *Domāju, ka mūsdienīga stunda bez IT, tā nav stunda. Pēdējo divu gadu laikā ir pilnveidojušās manas prasmes informāciju tehnoloģiju izmantošanā, jo mācību semināros tiek pilnveidotas prasmes, strādājot ar tiem.*

2.5. tabula

**Dabaszinātņu skolotāju atbildes par skolēnu un savu IKT prasmju izaugsmi dabaszinātņu mācību procesā 2009. – 2011. gadā**

	<b>1</b> Pilnībā nepiekrītu	<b>2</b> Daļēji nepiekrītu	<b>3</b> Daļēji piekrītu	<b>4</b> Pilnībā piekrītu
Skolēniem labi veicas pašiem izmantot IKT un darboties ar aprīkojumu.	0 %	0 %	39.1 %	60.9 %
Es stundās mērķtiecīgi lietoju digitālos resursus – animācijas, prezentācijas u.c.	0 %	0 %	4.3 %	95.7 %
Es stundās mērķtiecīgi lietoju IKT aprīkojumu – datoru, sensorus, interaktīvo tāfeli u.c.	0 %	8.7 %	26.1 %	65.2 %
Pēdējo divu gadu laikā ir pilnveidojušās manas prasmes informāciju tehnoloģiju izmantošanā.	0 %	0 %	17.4 %	82.6 %

Salīdzinot skolu administrācijas pārstāvju atbildes un skolotāju atbildes, redzams, ka skolotāji augstu novērtē digitālo resursu lietojuma mērķtiecīgumu mācību stundās – 95.7 %, bet administrācijas pārstāvju vērtējums atšķiras – 69.2 %. Atšķirību var skaidrot ar to, ka skolotāji jūtās pārliecināti par mērķiem, kādiem viņi stundā lieto digitālos resursus. Savukārt, skolotāji arī

uzskata, ka viņi mērķtiecīgi lieto IKT aprīkojumu – tāfeli, sensorus u.c. (65.2 %), kamēr administrācijas pārstāvji vērtē, ka IKT aprīkojuma lietojums ir mērķtiecīgs mazākā skaitā gadījumu (38.5 %). Šie rezultāti liecina par atšķirīgu skolotāju un skolas administrācijas pārstāvju izpratni, ko nozīmē mērķtiecīgs informācijas tehnoloģiju lietojums mācību procesā.

### 2.2.2. Atbalsta materiālu aprobācija

Izvērtējot skolotāju sniegtos vērtējumus aprobācijas procesā (skat. 2.6. tabulu) par sagatavotajiem laboratorijas darbu aprakstiem (skat. pielikumu Nr. 2), var secināt, ka kopumā izveidotos laboratorijas darbus skolotāji aprobācijas procesā novērtējuši ļoti atzinīgi – laboratorijas darbus caurmērā 80 % skolēnu izpilda ar interesi, veiksmīgi. Kā problēmas skolotāji min, ka skolēni neprot plānot savu darbu un laiku, līdz ar to nepaspējot pabeigt darbu, skolēns zaudē interesi par to. Laboratorijas darbi piedāvā iespēju skolēniem apgūt gan pētnieciskās (izziņas) prasmes, gan eksperimentālās prasmes.

Sensori un datu uzkrājēji laboratorijas darbos gan skolotājiem, gan skolēniem ir jaunas ierīces, kas atspoguļojas, izvērtējot laboratorijas darbos – vai darba veikšanai piedāvātās ierīces atbilst plānotajam mērķim vai rodas problēmas to lietošanā. Skolotāji komentāros norāda, ka nepieciešams „laboratorijas darba apraksts, kurā ir aprakstīta sensora lietošana” un „sensora lietošanas instrukcija valsts valodā”. Tā kā sensorus ražo dažādi ražotāji, tad universālu lietošanas instrukciju sensoriem un datu uzkrājējiem nevar uzrakstīt. Šāds atbalsts skolotājam tiek sniegts profesionālās pilnveides kursu nodarbībās, kurās skolotājiem ir iespēja strādāt ar dažādu ražotāju sensoriem un datu uzkrājējiem, piem., DataHarvest vai Vernier ražotajiem sensoriem un datu uzkrājējiem.

Skolotāji aprobācijas procesā novērtēja – vai laboratorijas darbam ieplānotais laiks ir pietiekams darba veikšanai, līdz ar to pilnveidojot laboratorijas darbu aprakstus, tas tika ņemts vērā un laboratorijas darbu aprakstu gala versijās, tas jau ir ņemts vērā. Būtiski arī aprobācijas procesā bija skolotāju komentāri par piedāvātā materiāla noformējumu un uzdevumu formulējumiem. Piemēram, izvērtējot darbu par paātrinājuma noteikšanu, skolotāji ierosināja:

- *Iesaku hipotēzi noformulēt savādāk, proti: mainot lodītes noieta ceļu, mainās tās paātrinājums. Izvērtēšanā iekļaut vēl vienu jautājumu: Kāpēc tomēr eksperimentos paātrinājuma vērtības atšķirās?*
- *Šis ir tas darbs, kurš būtu strādājams ar sensoriem. Ar hronometriem iegūto rezultātu amplitūda ir milzīga. Nekādu hipotēzi nevar pārbaudīt.*
- *Tabulā nav paredzēta vieta, lai reģistrētu datus, kuri iegūti ar sensoriem.*

Līdzīgi skolotāji aprobācijas procesā izvērtēja arī izstrādātos demonstrējumu aprakstus (skat. pielikumu Nr. 3).

**Skolotāju sniegtie vērtējumi par laboratorijas darbu aprakstiem aprobācijas procesā**

Nr.	Rādītājs	Vērtējums	Vidējā ātruma noteikšana (31)				Paātrinājuma noteikšana (26)				Atsperes stinguma koeficienta noteikšana (21)			
			Vid.	0	1	2	Vid.	0	1	2	Vid.	0	1	2
1.	LD mācību procesā skolēni	2 – izpilda ar interesi, veiksmīgi	2.00	0.00 %	0.00 %	100 %	1.81	0.00 %	19.23 %	80.77 %	1.76	0.00 %	25.53 %	76.47 %
		1 – ir problēmas												
		0 – nevar veikt												
2.	Skolēni apgūst pētnieciskās (izziņas) prasmes	2 – pilnībā atbilst plānotajam	1.74	0.00 %	25.93 %	74.07 %	1.65	0.00 %	34.62 %	65.38 %	1.59	0.00 %	41.18 %	58.82 %
		1 – daļēji												
		0 – nespēj apgūt												
3.	Skolēni apgūst eksperimentālā darba prasmes	2 – pilnībā atbilst plānotajam	1.89	0.00 %	11.11 %	88.89 %	1.73	0.00 %	26.92 %	73.08 %	1.76	0.00 %	25.53 %	76.47 %
		1 – daļēji												
		0 – nespēj apgūt												
4.	Izmantotais aprīkojums (ierīces, vielas)	2 – lietojums atbilst plānotajam	1.67	0.00 %	33.33 %	66.67 %	1.62	0.00 %	38.46 %	61.54 %	1.47	0.00 %	52.94 %	47.06 %
		1 – ir problēmas												
		0 – nevar izmantot												
5.	LD izpildes laiks	2 – pietiekošs	1.96	0.00 %	3.70 %	96.30 %	1.88	0.00 %	11.54 %	88.46 %	1.53	0.00 %	47.06 %	52.94 %
		1 – ar grūtībām var iekļauties												
		0 – nevar izpildīt												
6.	LD formulējumi	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.74	3.70 %	18.52 %	77.78 %	1.85	0.00 %	15.38 %	84.62 %	1.59	0.00 %	41.18 %	51.52 %
		1 – nepieciešami labojumi												
		0 – jāmaina												
7.	LD noformējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.70	0.00 %	29.63 %	70.37 %	1.81	0.00 %	19.23 %	80.77 %	1.53	5.88 %	35.29 %	58.82 %
		1 – nepieciešami labojumi												
		0 – jāmaina												
8.	LD vērtēšanas kritēriji	2 – atbilstoši	1.59	3.70 %	33.33 %	62.96 %	1.46	7.69 %	38.46 %	53.85 %	1.82	0.00 %	17.65 %	82.35 %
		1 – nepieciešami precizējumi												
		0 – neatbilst												

## 2.6. tabulas turpinājums

Nr.	Rādītājs	Vērtējums	Zemūdens sports un gāzu likumi (12)				Apgaismojuma likumi (16)			
			Vid.	0	1	2	Vid.	0	1	2
1.	LD mācību procesā skolēni	2 – izpilda ar interesi, veiksmīgi	1.90	0.00 %	10.00 %	90.00 %	1.67	0.00 %	33.33 %	66.67 %
		1 – ir problēmas								
		0 – nevar veikt								
2.	Skolēni apgūst pētnieciskās (izziņas) prasmes	2 – pilnībā atbilst plānotajam	1.80	0.00 %	20.00 %	80.00 %	1.75	0.00 %	25.00 %	75.00 %
		1 – daļēji								
		0 – nespēj apgūt								
3.	Skolēni apgūst eksperimentālā darba prasmes	2 – pilnībā atbilst plānotajam	2.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %	1.75	0.00 %	25.00 %	75.00 %
		1 – daļēji								
		0 – nespēj apgūt								
4.	Izmantotais aprīkojums (ierīces, vielas)	2 – lietojums atbilst plānotajam	1.60	0.00 %	40.00 %	60.00 %	1.25	8.33 %	58.33 %	33.33 %
		1 – ir problēmas								
		0 – nevar izmantot								
5.	LD izpildes laiks	2 – pietiekošs	1.70	10.00 %	10.00 %	80.00 %	1.75	0.00 %	25.00 %	75.00 %
		1 – ar grūtībām var iekļauties								
		0 – nevar izpildīt								
6.	LD formulējumi	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.80	0.00 %	20.00 %	80.00 %	1.58	8.33 %	25.00 %	66.67 %
		1 – nepieciešami labojumi								
		0 – jāmaina								
7.	LD noformējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.70	0.00 %	30.00 %	70.00 %	1.50	8.33 %	33.33 %	58.33 %
		1 – nepieciešami labojumi								
		0 – jāmaina								
8.	LD vērtēšanas kritēriji	2 – atbilstoši	1.70	0.00 %	30.00 %	70.00 %	1.75	0.00 %	25.00 %	75.00 %
		1 – nepieciešami precizējumi								
		0 – neatbilst								

Skatoties laboratorijas un demonstrējumu aprakstu noformējuma izvērtējumu, var redzēt, ka vidējais vērtējums ir zemāks nekā pārējiem kritērijiem. Tas ir skaidrojams ar to, ka aprobācijas procesā darbu aprakstos nebija oriģinālzīmējumi, tikai aptuvenas skices, kas ne vienmēr bija precīzas. Izmantojot aprobācijas procesā iegūtos datus, izveidotie atbalsta materiāli tika pilnveidoti, publicēti un šobrīd ir pieejami visās Latvijas skolās.

Izveidotos atbalsta materiālus izvērtēja arī 3 eksperti – viens augstskolas pārstāvis un divi skolotāji praktiķi. Eksperti materiālus izvērtēja pirms aprobācijas un pēc aprobācijas norises, kad materiāls tika pilnveidots, daži ekspertu komentāru piemēri atspoguļoti 2.7. tabulā.

2.7. tabula

### Ekspertu sniegtie vērtējumi par laboratorijas darbu un demonstrējumu aprakstiem

LD un DD	Pirms aprobācijas	Pēc aprobācijas
10. klase	<p><b>LD Vidējā ātruma noteikšana</b></p> <p>- pētnieciskajiem darbiem doti vērtēšanas kritēriji punktos, bet nav dota vērtēšanas skala.</p> <p><b>LD Paātrinājuma noteikšana</b></p> <p>- Hipotēzes pamatojums drīzāk varētu saukties Hipotēzes pārbaude. Tas būtu precīzāk gan no tā viedokļa, kas šajā sadaļā tiek darīts, gan arī no zinātniskās izziņas metodes viedokļa. Hipotēzes pārbauda, un tās vai nu apstiprinās (kļūst par teorijām), vai arī tiek noraidītas. Tādēļ jau tās ir hipotēzes.</p>	<p>- pētnieciskajā laboratorijas darbā piedāvātais situāciju apraksts reālistisks. Piedāvātā laboratorijas darba precīza izpilde dod iespēju efektīvi sasniegt izvirzītos darba mērķus un plānoto rezultātu.</p> <p>- Laboratorijas darbos nav nepieciešams izvirzīt hipotēzi, bet pētnieciskajos darbos tā nav nepieciešama visās tēmās.</p>
11. klase	<p><b>LD Zemūdens sports un gāzu likumi</b></p> <p>– Gāzu likumi – sakārtot grafikus.</p> <p>- <i>Tādejādi zem ūdens cilvēka plaušas ir noslēgta sistēma.</i> Šāds apgalvojums nav pareizs, ja runa ir par niršanu lielā dziļumā.</p> <p>- Darba gaitas 3. un 4. punktā formulētie uzdevumi nav līdz galam saprotami.</p> <p><b>DD Spoles radītais magnētiskais lauks</b></p> <p>- jāpapildina teksts ar skaidrojumu par sistemātisko kļūdu, ko rada Zemes magnētiskais lauks. Paskaidrot kā rodas mīnuss zīmes.</p>	<p>Darbi ir pārdomāti, izstrādāti korektā saturiskā izpildījumā.</p>
12. klase	<p><b>LD Apgaismojuma likumi</b></p> <p>Pētnieciskajā darbā „apgaisojuma likumi” matemātiskais apraksts ir pārāk sarežģīts.</p>	<p>10. punktā dotais uzdevums uzrakstīt apgaismojuma likumsakarību ir pārāk grūts.</p>



Kopumā skolotāji un eksperti izstrādātos atbalsta materiālus – laboratorijas darbu un demonstrējumu aprakstus vērtē ļoti labi, to uzsverot gan fokusgrupu diskusijās un semināros, gan arī pierādot ar ievadītajiem vērtējumiem, apliecinot, ka izstrādātie skolotāju atbalsta materiāli sekmē mācību priekšmeta programmas īstenošanu, tiem ir mūsdienīgs, aktuāls saturs. Izveidotie atbalsta materiāli aprobēti arī skolotāju tālākizglītības nodarbībās (skat. nodaļas 3.7. un 4.6.).

### **2.2.3. Stundu ārējā novērošana**

Stundu ārējā novērošana tika veikta 64 Latvijas skolās. Projektu laikā (2006 – 2011) pavisam tika vērotas 664 dabaszinātņu mācību stundas tajā skaitā 154 fizikas mācību stundas, no kurām 42 fizikas stundas vidusskolas posmā, 63 fizikas stundas pamatskolas posmā un 49 fizikas stundas gan vidusskolas, gan pamatskolas posmā ar padziļinātu stundas norises analīzi skolotāju semināros. Autore ir piedalījies 38 stundu vērojumos klātienē, bet pētījumam ir pieejami visu vēroto stundu dati.

Dati no stundu vērojumu lapām tika apkopoti, sargrupēti un ievadīti MS Excel tabulā. Datu apstrādei un analīzei tika izmantota kvalitatīvo datu analīzes programmatūra NVivo. Promocijas darba pētījuma ietvaros aktuāli bija vērotāju izvērtējumā pēc stundas atspoguļotā sadaļa – kas liecina par to, ka stundā ir mērķtiecīgi izmantotas IKT. Izmantojot stundu novērošanā iegūtos datus, tika izdarīti secinājumi par 1) IKT lietojumu fizikas mācību stundās; 2) skolotājam nepieciešamo metodisko atbalstu un palīdzību, kas tika ņemts vērā, veidojot skolotāju profesionālās pilnveides nodarbības par IKT mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā.

Stundu vērojumos iegūtie dati liecina, ka skolotāja profesionālā pilnveide notiek nepārtraukti un arī plānojot mācību stundās mērķtiecīgi lietot IKT. Jo lielāka ir skolotāja veiksmīgā pieredze darbā ar sensoriem, datu uzkrājējiem un/vai interaktīvo tāfeli, jo:

- 1) mazāk laika tiek patērēts tehnisku problēmu risināšanai – kā ieslēgt atbilstošo ierīci, kā iestatīt nepieciešamo darbības režīmu;
- 2) vairāk skolēni paši darbojas ar sensoriem, nevis tiek rādīti demonstrējumi no skolotāja puses;
- 3) pilnvērtīgāk skolotājs izvērtē pieejamos resursus un materiālus, kurus lietot stundā, lai izmantotu dotās IKT priekšrocības, demonstrējot un pētīt fizikālos procesus;
- 4) vairāk piedāvā savus veidotos un sagatavotos materiālus.

Skolotājs jūtas droši stundās, strādājot ar sensoriem, datu uzkrājējiem un interaktīvo tāfeli, ja viņš pats ir iepriekš šo darbu izstrādājis arī profesionālās pilnveides nodarbībās. To apliecina citāti no skolotāju atbildēm pēc novadītām stundām, izmantojot IKT:

- *IT materiālus izmantoju gandrīz katrā stundā, mēģinu atbilstoši sameklēt. Arī [fizikālo procesu] demonstrējumu grafikus labāk var izprast uz lielā ekrāna.*

- *Sakarā ar projekta radītajām iespējām (kursi, iekārtas), manas prasmes ir ļoti lielā mērā uzlabojušās.*
- *IT materiālus izmantoju pēc nepieciešamības, proti, iespēju robežās. Izmantoju sensorus, datu uzkrājējus, CD un DVD, retāk datorprogrammas.*
- *Prasmes ir pilnveidojušās, paldies par kursiem projekta ietvaros.*
- *Savas prasmes IT lietošanā ļoti daudz papildināju, apmeklējot fizikas skolotāju kursus. Tas mani vairāk arī iedrošināja.*

Ja, sākot lietot sensorus un interaktīvo tāfeli, skolotājam ir pieejams metodiskais atbalsts: detalizēti apraksti, kā lietot vienu vai otru IKT, atbilstošs demonstrējuma, laboratorijas darba apraksts vai interaktīvās tāfeles materiāls ar skolēnu darba lapu, kā arī iespējas dalīties un gūt pieredzi no kolēģiem, jo īsāks laiks ir nepieciešams, lai skolotājs iegūtu drošības sajūtu darboties ar jaunām ierīcēm. Vērojumi mācību stundās Latvijas skolās par interaktīvās tāfeles lietošanu sakrīt ar Austrālijas izglītības pētnieku Betcher un Lee (2009) profesionālās kompetences attīstības fāzēm [10], kā arī Lielbritānijas pētnieku Glover, Miller, Averis un Doors interaktīvās tāfeles lietojuma interaktivitātes stadijām [47, 49] (skat. 1.1. tabulu).

#### **2.2.4. Fokusgrupu diskusijas**

Fokusgrupu diskusiju laikā iegūtās skolotāju atbildes, liecina, ka digitālo resursu pieejamība palielina skolēnu interesi mācību priekšmetā un lielākais ieguvums ir iespēja skolēniem strādāt ar sensoriem un datu uzkrājējiem, kā arī skolotājam ar interaktīvo tāfeli. Skolotāji atzinīgi vērtē informāciju tehnoloģiju lietojuma ietekmi uz mācību procesu:

- *Informāciju tehnoloģijas ļauj dažādēt darbu, ekonomēt laiku, arī skolēnu acīs mēs tiekam uzverti kā līdzīgi. Bērniem nepatīk lasīt, viņi grib aktīvu darbību stundās.*
- *Bērni [interaktīvo] tāfeli izmanto kā tādu interaktīvu līdzekli, vizualizējot informāciju. Interaktīvā tāfele dod skolēniem papildus stimulu.*
- *Skolēni pieraduši pie citādām darba formām un skolēnu prasības liek mainīties arī citu priekšmetu skolotājiem ... Bija skolotāji, kuri datoru nepārzina, bet šī lieta ir aizgājusi un viss notiek.*
- *Vairāk izmantojam tehnoloģijas, vairāk skolēni [darbus] pilda patstāvīgi, paši vada stundu, es konsultēju. ... Pieredze ir laba.*
- *Savādāk paskatījos uz stundu, stundas struktūru. Ar mūsdienu informācijas tehnoloģijām var veikt pētījumus fizikā. Stunda vairs nav viena aktiera teātris, kur pēc iespējas vairāk teoriju un uzdevumu.*
- *IT pielietojums fizikas stundās, dažāda darba formas, kas pašam nemanot iemāca fiziku.*

Kā būtisku ieguvumu skolotāji atzīmē iespēju nepārtraukti pilnveidot savas prasmes darbā ar IKT profesionālās pilnveides nodarbībās, kā arī savstarpēji sadarbojoties ar kolēģiem skolā:

- *Man bija paniskas bailes [darboties ar tehnoloģijām], tagad tas ir vienkārši.*
- *IKT – dators, interaktīvā tāfele, sensori, man vairāk nav bailes ar tiem strādāt.*
- *Es tiešām daudz labāk strādāju ar informācijas tehnoloģijām. Agrāk jau nebija pieredzes, bet tagad tas jau iet kā pats par sevi saprotams.*

- *Vēl joprojām trūkst zināšanas šajās jomās, ... vēl nākotnē veicams milzīgs darbs.*
- *Lielākais ieguvums – darbošanās ar aprīkojumu, var izrādīt [pētāmos procesus] pa īsto.*
- *No semināriem pārņemam pieredzi kā organizēt laboratorijas darbus [ar sensoriem].*
- *Derētu tādi kursi, kur rāda kādu laboratorijas darbu, kur skolotājs var iet un mācīties ... līdz ko pats esi izdarījis, arī otram ir vieglāk parādīt.*

Vēl kā nozīmīgu faktoru mērķtiecīgam IKT lietojumam mācību procesā, skolotāji atzīmē – atbilstošu atbalsta materiālu pieejamību fizikā latviešu valodā, jo pašiem sagatavot materiālu prasa ļoti daudz laika un arī cita veida prasmes, kas sasaucās arī ar iepriekš minēto aptauju rezultātiem.

- *Saņemtie materiāli liek skolotājam strādāt radoši.*
- *Skolēni nelielu pētniecisko darbu ietvaros dažus materiālus ir izveidojuši paši.*
- *Vajag daudz laika, lai sagatavotu jaunus materiālus.*

No skolotāju teiktā izriet, ka

1) tālākizglītības semināri kalpo diviem mērķiem – iegūt jaunas zināšanas un prasmes strādāt ar aprīkojumu, kā arī nodrošina iespēju dalīties pieredzē ar kolēģiem un rast motivāciju turpināt mācību procesa pilnveidošanu;

2) skolēni ir aktīvi un motivēti darboties praktiski, izmantojot IKT aprīkojumu;

3) mērķtiecīgu IKT lietojumu mācību procesā nodrošina skolotāja atbalsta materiāli.

### **2.2.5. Secinājumi**

Kopumā pētījuma rezultāti parāda, ka

1) IKT lietojums dabaszinātņu mācību stundās ir palielinājies pēdējos piecos gados;

2) skolēniem palielinās motivācija iesaistīties mācību procesā, kurā ir iespēja izmantot IKT;

3) skolotāji pēdējo piecu gadu laikā kopš ir pieejams IKT aprīkojums daudzās skolās ir ievērojami vairāk sākuši lietot sensorus, datu uzkrājējus un interaktīvo tāfeli;

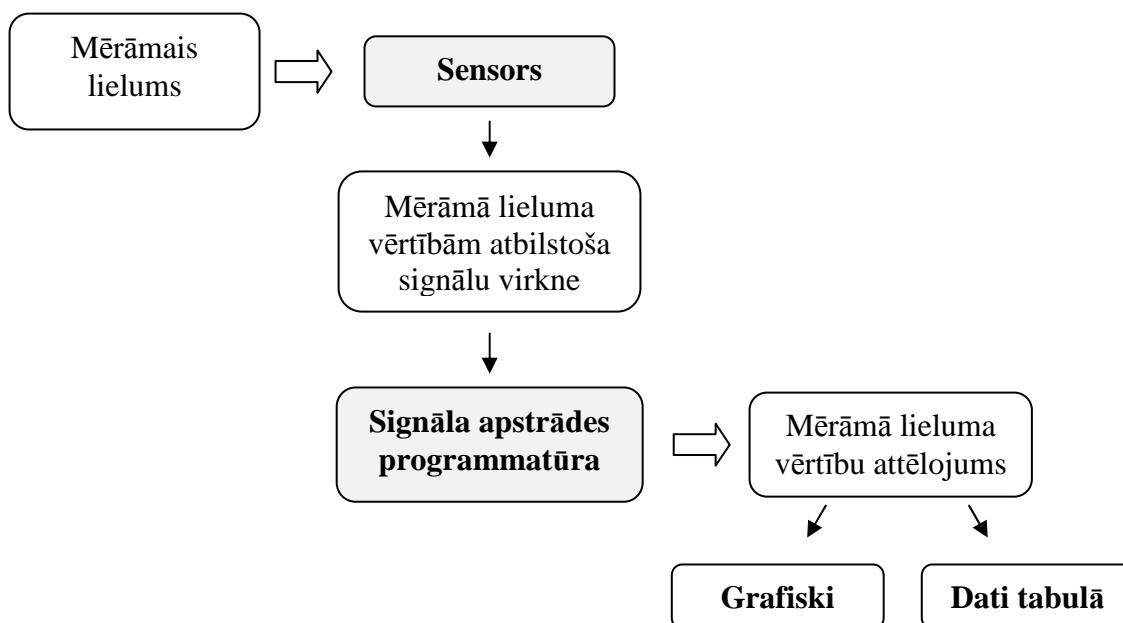
4) izveidotie skolotāja atbalsta materiāli sekmē mācību priekšmeta programmas īstenošanu, tiem ir mūsdienīgs, aktuāls saturs;

5) skolotājiem pilnvērtīgai profesionālai pilnveidei nepieciešami atbalsta materiāli darbam ar IKT aprīkojumu (sensoriem, datu uzkrājējiem un interaktīvo tāfeli), atbilstošā IKT aprīkojuma atrašanās klasē, skolas administrācijas atbalsts, iespēja mācīties mērķtiecīgu IKT lietojumu gan no kolēģu pieredzes, gan kursu un semināru nodarbībās, fokusējoties ne tikai uz tehnisko prasmju apgūšanu, bet arī uz to, kā organizēt mācību procesu.

### 3. SENSORU LIETOJUMS FIZIKAS MĀCĪBU PROCESĀ

#### 3.1. Sensori un to darbības princips

Sensors jeb *sensus* – tulkojumā no latīņu valodas: jūtas, sajūta. Tā ir ierīce, kas tieši uztver mērāmo lielumu (spiedienu, temperatūru, deformāciju, spriegumu, strāvas stiprumu, magnētiskā lauka izmaiņas u.c.), veido tā vērtībām atbilstošu signālu virkni un novada to uz uztvertā signāla apstrādes programmatūru [133]. Sensorus lieto kopā ar datu uzkrājēju, kurā tiek uzkrāti mērījumos iegūtie dati un/vai datoru, kurā atrodas datu apstrādes programmatūra.



3.1. att. Sensoru darbības principa shematisks attēlojums no mērāmā lieluma līdz rezultātam.

Kā piemēru aplūkosim temperatūras sensoru. Ar to mēra apkārtējās vides temperatūras vērtību. Temperatūras sensorā atrodas pasīvais devējs – termistors, kurš reaģē uz neelektriska fizikāla parametra – temperatūras izmaiņām, mainot savus elektriskos parametrus – pretestību [60]. Termistora pretestība samazinās nelineāri, palielinoties apkārtējās vides temperatūrai. Datu apstrādes programmatūra, piemēram, *Vernier LoggerPro* mēra termistora pretestības vērtību noteiktā temperatūrā un aprēķina atbilstošās temperatūras vērtības, izmantojot Steinharta – Harta vienādojumu [125]:

$$T = [K_0 - K_1(\ln 1000R) - K_2(\ln 1000R)^3]^{-1} - 273.15, \quad (3.1)$$

kur  $T$  – temperatūra ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $R$  – nomērītā pretestība ( $\text{k}\Omega$ ), koeficienti  $K_0 = 1.02119 \times 10^{-3}$ ,  $K_1 = 2.22468 \times 10^{-4}$  un  $K_2 = 1.33342 \times 10^{-7}$ . Iegūtās temperatūras vērtības programmatūra attēlo tabulā un grafiski. Līdzīgi darbojas citi sensori, tajā esošais devējs reaģē uz neelektriska vai elektriska fizikālā parametra izmaiņām, mainot savus elektriskos parametrus. Iegūtā signālu virkne tiek apstrādāta programmatūrā un mērāmā fizikālā lieluma vērtības tiek attēlotas tabulā un grafiski.

Sensorus lieto, pētot dažādus fizikālos procesus, visās fizikas jomās (skat. 3.1. tabulu). Ar visiem sensoriem ir iespējams pētāmajā procesā iegūt fizikālo lielumu skaitliskās vērtības un grafiski attēlot fizikālo procesu raksturlielumu maiņu.

3.1. tabula

### Sensori fizikas mācību procesā

Nr.	Temats	Sensori
1.	Mehānika	Gaismas vārtu sensors, kustības sensors, mikroфона sensors, skaņas skaļuma sensors, spēka sensors.
2.	Molekulārfizika	Gaisa mitruma sensors, infrasarkanā starojuma sensors, spiediena sensors, siltuma plūsmas sensors, temperatūras sensors.
3.	Elektromagnētisms	Elektriskā lādiņa sensors, magnētiskā lauka sensors, sprieguma sensors, strāvas stipruma sensors.
5.	Optika	Apgaismojuma sensors.
6.	Atomfizika	Radiācijas sensors.

Izmantojot sensorus un datu uzkrājējus mācību procesā, skolēni iegūst iespēju padziļināt izpratni par fizikāliem procesiem dabā un tehnikā, iegūstot aplūkojamo procesu fizikālo raksturlielumu vērtības, grafisko attēlojumu raksturlielumu maiņai procesa laikā, kā arī padziļināt priekšstatu par moderno tehnoloģiju izmantošanas iespējām zinātnē un tehnikā.

### 3.2. Sensoru un datu uzkrājēju lietojums fizikas mācību procesā

Cilvēks pasauli uztver kompleksi – ar visiem maņu orgāniem vienlaikus. Aplūkojot jebkuru procesu, viņš var spriest par to, kā notiek process tīri subjektīvi. Piemēram, pētot, kā notiek ūdens vārīšanās, var spriest par to – vai process ir sācies, vai šķidruma tilpumā un uz virsmas ir redzami gaisa burbulīši, vai no trauka paceļas tvaiks, var sajust siltumu, kas izplatās trauka tuvumā, var saklausīt vārīšanās procesam raksturīgo skaņu. Lai spriestu objektīvi par procesa virzību, nepieciešams iegūt fizikālo lielumu vērtības vai to maiņas tendences, kas raksturo konkrēto procesu. Izvēloties, kuru procesa raksturlielumu grib pētīt, izvēlas atbilstošu mērierīci – piem., temperatūras sensoru un var pētīt, pie kādas temperatūras konkrētos apstākļos sākās vārīšanās process; vai ūdens vienmēr vārās pie 100 °C temperatūras. Ar sensora palīdzību var pētīt viena konkrēta fizikālā raksturlieluma maiņu un analizējot iegūtos datus spriest par procesa kvalitatīvajām un/vai kvantitatīvajām sakarībām.

Fizikā pēta gan procesus, kuros raksturlieluma izmaiņas cilvēks ar aci spēj konstatēt, lai varētu spriest par procesa virzību, gan procesus, kuros raksturlielumu izmaiņas cilvēkam ir neredzamas. Piemēram, ja aplūko skaņas svārstību summēšanos, tad skolēns var dzirdēt, kā

mainās skaņa, kad vienlaikus skan vairāk kā viena atšķirīgas frekvences tonāks, taču kā summējas skaņas amplitūda un kā mainās skaņas frekvence, to var vizualizēt ar mikrofona sensora palīdzību atbilstošā datu apstrādes programmatūrā. Tātad sensorus var lietot, lai reģistrētu un attēlotu aplūkojamo procesu raksturlielumu izmaiņas gadījumos, kad ar cilvēka maņu orgāniem vien nepietiek, lai spriestu par procesa virzību, iegūtu procesu raksturojošu lielumu skaitliskās vērtības un grafisko attēlojumu.

Katrs process norisinās ar noteiktu ātrumu, līdz ar to procesus nosacīti var iedalīt straujos procesos un ilgos procesos. Strauji procesi – tādi procesi, kuros raksturlielumu maiņa notiek ar gaismas vai skaņas ātrumu, piemēram, magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas, skaņas viļņu summēšanās, skaņas viļņu izplatīšanās, gaismas izplatīšanās u.c. Ilgi procesi – tādi procesi, kuros raksturlielumu maiņa notiek daudzas reizes lēnāk nekā ar gaismas vai skaņas ātrumu, piemēram, ķermeņu vienmērīga vai paātrināta kustība, svārstību kustība, vielas atdzišana utml. Izmantojot sensorus ar atbilstošu izšķirtspēju var pētīt gan straujos procesus, gan ilgos procesus. Sensors atšķirībā no cilvēka maņu orgāniem spēj izšķirt, reģistrēt un attēlot procesa raksturlielumus ļoti straujos procesos. Savukārt, ja process norisinās ļoti ilgi, tad, lai iegūtu procesu raksturojošos datus, nav nepieciešama cilvēka klātbūtne.

Izmantojot procesa pētīšanā vairākus sensorus vienlaicīgi, var spriest par vairāku procesa raksturlielumu maiņu vienlaicīgi vai viena raksturlieluma maiņu dažādos apstākļos. Piemēram, izmantojot vairākus temperatūras sensorus, var pētīt, kā atdziest ūdens atšķirīga materiāla traukos vai, izmantojot vairākus gaismas vārtu sensorus, var pētīt, kā ķermeņa kustībā mainās koordināta, ātrums un paātrinājums.

Tādējādi nosacīti visus apskatāmos procesus – straujos vai ilgos, kā arī redzamos vai neredzamos procesus, var iedalīt:

- 1) **procesos**, kuros mainās viens vai vairāki raksturlielumi **laikā**;
- 2) **procesos**, kuros mainās viens raksturlielums laikā **dažādos apstākļos**.

Sensoru lietojuma iespējas, trūkumi un konteksti fizikas mācību procesā ir attēloti 3.2. attēlā.



#### IESPĒJAS MĀCĪBU PROCESĀ:

- iegūt procesu raksturlielumu maiņas grafisko attēlojumu procesa laikā;
- veikt fizikālo lielumu mērījumus;
- veikt datu masīvu apstrādi;
- iegūt procesu kvalitatīvas un kvantitatīvas likumsakarības;
- iegūt procesu kvantitatīvas likumsakarības;
- mazināt cilvēka reakcijas radītās kļūdas datu ieguvē.

#### TRŪKUMI:

- nav uzskatāmi redzams pašas ierīces darbības princips;
- tehniskās nepilnības (nepietiekama izšķirtspēja, neatbilstoša kalibrācija).

#### KONTEKSTS:

- pētnieciskā darba metodes;
- apkārtējās vides pētījumi;
- dabaszinātniskās izpratības veidošanās.
- dažādu objektu un procesu pētījumi praktiskiem pielietojumiem;
- ikdienā sadzīvē, tehnikā un zinātnē lietojami instrumenti;

3.2. att. Sensoru lietojuma iespējas, trūkumi un konteksti fizikas mācību procesā.

Izveidotās darba lapas fizikā skolēnam un metodiskie komentāri skolotājam, ilustrē sensoru lietošanas priekšrocības demonstrējumos (DD) un laboratorijas darbos (LD) fizikas mācību procesā dažādās fizikas tēmās. Darbu nosaukumi un darbā pētāmā procesa raksturojums apkopoti tabulās 3.2. un 3.3. Darbi ir aprobēti mācību procesā skolā un fizikas skolotāju profesionālās pilnveides nodarbībās.

3.2. tabula

**Demonstrējumi un laboratorijas darbi, kuros pēta laikā mainīgus procesa raksturlielumus**

Demonstrējums vai laboratorijas darbs	Sensors	Procesa straujums		Procesa raksturlielumu maiņa	
		Strauji	Ilgi	Redzama	Neredzama
<b>PROCESI, KUROS MAINĀS VIENS RAKSTURLIELUMS LAIKĀ</b>					
LD Skaņas pētīšana (8. klase)	Skaņas skaļuma sensors	x			x
DD Skaņas frekvence (8. klase)	Mikrofona sensors	x			x
DD Siltumstarojums (8.klase)	Infrasarkanā starojuma sensors	x			x
DD Matemātiskā svārsta periods (10. klase)	Gaismas vārtu sensors		x	x	
DD Svārstību kustības raksturlielumi (10. klase)	Spēka sensors		x	x	
DD Harmoniskas svārstības* (10. klase)	Kustības sensors		x	x	
DD Magnēta svārsts* (11. klase, augstskola)	Magnētiskā lauka sensors	x			x
<b>PROCESI, KUROS MAINĀS VAIRĀKI RAKSTURLIELUMI LAIKĀ</b>					
DD Skaņas svārstību summēšanās* (8. klase un 10. klase)	Mikrofona sensors	x			x
DD Oma likums (9. klase)	Strāvas stipruma sensors, sprieguma sensors	x		x	
DD Ķermeņu kustība* (10. klase)	Gaismas vārtu sensors		x	x	
DD Kustības grafiki* (8. un 10. klase)	Kustības sensors		x	x	

Lai ilustrētu datu uzkrājēju un sensoru lietošanas priekšrocības fizikā, izlases kārtībā detalizētāk tiks apskatīti tabulā minētie darbi, kas apzīmēti ar \*. Pilni darbu apraksti ir atrodami pielikumos Nr. 2 un Nr. 4.



**Demonstrējumi un laboratorijas darbi, kuros pēta laikā mainīgus  
procesa raksturlielumus dažādos apstākļos**

Demonstrējums vai laboratorijas darbs	Sensors	Procesa straujums		Procesa raksturlielumu maiņa	
		Strauji	Ilgi	Redzama	Neredzama
<b>PROCESI, KUROS MAINĀS VIENS RAKSTURLIELUMS DAŽĀDOS APSTĀKĻOS</b>					
DD Siltuma vadīšana* (8. klase)	Temperatūras sensors		x		x
LD Arhimēda cēlējspēks* (8. klase)	Spēka sensors		x	x	
LD Vidējā ātruma noteikšana* (10. klase)	Gaismas vārtu sensors		x	x	
LD Lodītes paātrinājuma noteikšana* (10.klase)	Gaismas vārtu sensors		x	x	
DD Miera berze* (10. klase)	Spēka sensors	x		x	
LD Atsperes stinguma koeficienta noteikšana* (10. klase)	Spēka sensors		x	x	
LD Zemūdens sports un gāzu likumi* (11. klase)	Spiediena sensors		x		x
DD Spoles radītais magnētiskais lauks* (11. klase)	Magnētiskā lauka sensors	x			x
LD Apgaismojuma likumi* (12. klase)	Apgaismojuma sensors	x		x	
LD Apgaismojuma mērīšana* (8. klase)	Apgaismojuma sensors	x		x	

Lai ilustrētu datu uzkrājēju un sensoru lietošanas priekšrocības fizikā detalizētāk tiks apskatīti tabulā minētie darbi, kas apzīmēti ar \*. Pilni darbu apraksti ir atrodami pielikumos Nr. 2 un Nr. 4.

### **3.3. Ilgu procesu redzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija**

Ar sensoru palīdzību var uzskatāmi vizualizēt dažādu procesu raksturlielumu maiņu, kuru ārējās izpausmes varam novērot eksperimentos. Apskatīsim procesus, kas norisinās ilgi un kuru raksturlielumu maiņu varam redzēt ar neapbruņotu aci, bet sensorus izmantojam, lai attēlotu šo procesu raksturlielumu maiņu un izmantotu datu uzkrājējā uzkrātos datus pētāmā procesa kvalitatīvam un kvantitatīvam aprakstam.

### 3.3.1. Atsperes stinguma koeficienta noteikšana svārstību kustībā

Fizikas standartā [42] vispārējās vidējās izglītības pakāpē mehānikas sadaļā pamatprasība nr. 9.16. mācību priekšmeta apguvei prasa skolēnam izskaidrot sakarību starp svārstību periodu, atsperes stinguma koeficientu, masu un brīvās krišanas paātrinājumu. Tradicionāli fizikas mācību grāmatās [46, 371. lpp.; 114, 181. lpp.] un praktisko darbu krājumos [6, 146. lpp.; 44, 116. lpp.; 45, 159. lpp.; 66, 58. lpp.; 94, 20. lpp, 23. lpp.] vidusskolas kursā tiek piedāvāts darbs par atsperes svārstu, kurā skolēnam praktiski ir jāizpēta atsperes svārsta svārstību perioda atkarība no stinguma koeficienta un no atsperei piekārtā ķermeņa masas.

Lai to veiktu, atsperi nostiprina statīvā un līdzās tai nostiprina mērlīniju (skat. 3.3. att.). Tad atsperei piekar zināmas masas atsvaru un izmēra pagarinājumu  $x$ . No iegūtajiem datiem, izrēķina atsperes stinguma koeficientu

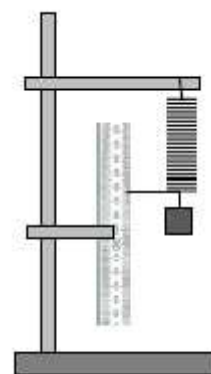
$$k = mg / x \quad (3.2)$$

Tad atsperi iesvārsta un nomēra laiku  $t$ , kādā svārsts izdara  $n$  svārstības un aprēķina svārsta svārstību periodu  $T$ :

$$T = t / n \quad (3.3)$$

Piekarot atsperai vēl vairākus dažādas masas atsvarus un atkārtojot iepriekšējo eksperimentu un aprēķinus, iegūst datus, kurus izmantojot skolēnam jāsalīdzina svārsta svārstību perioda maiņa atkarībā no  $\sqrt{m}$ .

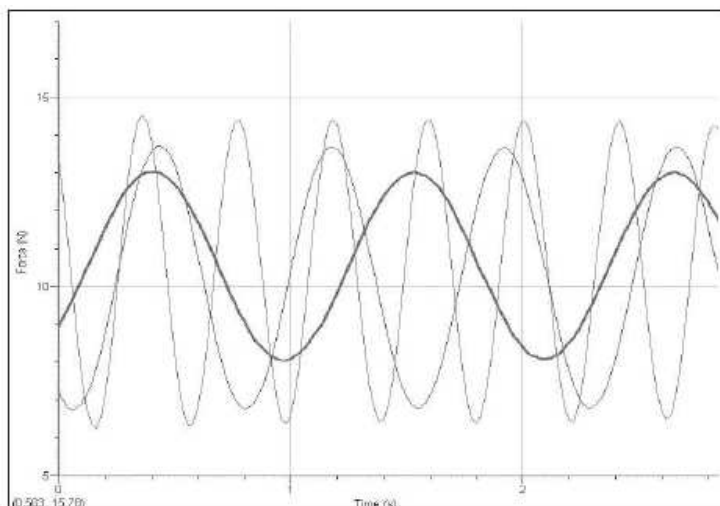
Ja izvēlas dažādas atsperes un nemaina atsperei piekārtu ķermeni, tad var noskaidrot svārstību perioda atkarību no atsperes stinguma koeficienta. Izmantojot iegūtos datus, var salīdzināt svārsta svārstību perioda maiņa atkarībā no  $\sqrt{k}$ . Rezultātā var pārbaudīt, vai ir spēkā sakarība  $T \sim \sqrt{\frac{m}{k}}$ .



3.3. att. Atsperes svārsts.



3.4. att. Statīvā iestiprināts spēka sensors un atsperē ar atsvaru.



3.5. att. Dažāda stinguma koeficienta atsperu svārstību grafiskais attēlojums.

Ja šī paša darba veikšanai izmanto spēka sensoru (skat. 3.4. att.), tad svārstību laikā iegūst svārstību kustības grafisko attēlojumu (skat. 3.5. att.).

Lai pētāmo situāciju sasaistītu ar dzīvi, skolēnam laboratorijas darbos piedāvā situāciju, kurā parādās pētāmā problēma:

*„Automobilis jāsagatavo rallijam Parīze – Dakara. Tuksnesīgajai trasei ir raksturīgas samērā lēzenas, bet tomēr dziļas bedres. Jāizraugās automobilim vispiemērotākās atsperes bez amortizatoriem, lai, braucot ar lielu ātrumu, tās „nesistu cauri”. Taču, ja izmēģinājuma braucienos rallija automobilim uzliek dažādas atsperes bez amortizatoriem, tad automobilis šūpojas ar dažādām frekvencēm, pēc kurām var spriest par atsperu stinguma koeficientu un spēju, traucoties trasē ar atbilstīgu ātrumu, „reagēt” uz bedrēm un pauguriem.”[27].*

Skolēni pēta, kā mainās svārstību frekvence, ja palielina stinguma koeficientu. Izmantojot sakarību, kas saista frekvenci ar atsperes stinguma koeficientu:

$$v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3.4)$$

skolēni prognozē, kā mainīsies svārstību frekvence, ja izmantos atsperi ar lielāku stinguma koeficientu.

Lai iegūtu rezultātu, līdzīgi kā iepriekš, jāizvēlas atsperes ar atšķirīgu stinguma koeficientu un, nemainot piekārtā atsvara masu un iesvārstot atsperi, katrā no situācijām iegūst svārstību grafisko attēlojumu vienā un tajā pašā grafikā (skat. 3.5. att.). No iegūtajiem grafikiem nosaka svārstību frekvenci katrai atsperei un salīdzina iegūto rezultātu ar savu sākotnējo pieņēmumu, tādējādi pārbauda savu hipotēzi bez aprēķinu veikšanas un izdara secinājumus, kādi amortizatori jāizvēlas, ja trase ir grumbuļaina ar daudz maziem nelīdzenumiem vai ja trasē ir nedaudz, bet lielas bedres (pilnu darba aprakstu skatīt pielikumā Nr. 2. LD1). Izmantojot iegūtos datus, aprēķina katras atsperes stinguma koeficienta skaitlisko vērtību, tādējādi pamatojot, ka ir spēkā sakarība  $v \sim \sqrt{k}$ .

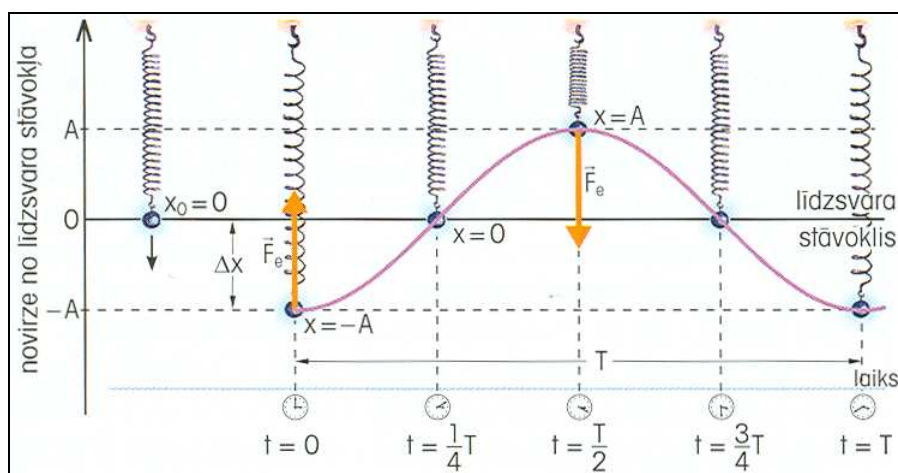
Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot šajā laboratorijas darbā spēka sensoru? 1) Iegūst svārstību kustības grafisko attēlojumu svārstību laikā. 2) Izmantojot sensoram atbilstošo programmatūru pārklājuma režīmā, atšķirīgās situācijas attēlo vienā grafikā, tādējādi var salīdzināt gan svārstību norisi, gan svārstības raksturojošos lielumus – periodu un frekvenci; var novērot, ka svārstību process ir periodisks process. 3) Izmantojot iegūtos grafikus, var izdarīt secinājumus neveicot aprēķinus.

### 3.3.2. Harmonisku svārstību demonstrēšana

Tradicionāli runājot par harmoniskajām svārstībām fizikas kursā, svārstības demonstrē, izmantojot atsperes svārstu vai matemātisko svārstu. Nodemonstrēt praktiski, kāds izskatās

harmonisko svārstību kustības grafiskais attēlojums jau ir sarežģītāk. Viens variants: matemātisko svārstu izveido diegā vertikāli piestiprinot zīmuli un zem tā noliek lapu, tā, lai zīmuļa gals skar lapu. Tad svārstu atvirza no līdzsvara stāvokļa un ļauj tam svārstīties, paralēli velkot lapu uz priekšu, tādējādi uz lapas veidojas grafiks, kas attēlo kā mainās zīmuļa atrašanās vieta laikā. Otrs variants: aiz atsperes svārsta novieto lapu, svārstu iesvārsta un skatās, kā mainās atsperē iekārtā ķermeņa ēnas atrašanās vieta svārstību laikā [46, 372. lpp.]. Tad skolēniem jāmēģina izsecināt, kāds varētu būt svārstību grafiks. Šajos un līdzīgos eksperimentos skolēniem zināmā abstrakcijas pakāpē jāizdara secinājumi, lai iegūtu svārstību likumu un tā grafisko attēlojumu.

Mācību grāmatās harmonisko svārstību grafisko attēlojumu, iegūst veicot domu eksperimentu un izsekojot atsperes svārsta kustībām ap līdzsvara stāvokli [95, 92. – 93. lpp.; 114, 167. lpp.] (skat. 3.6. attēlu).

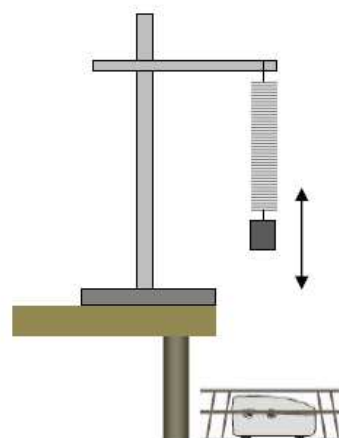


3.6. attēls. Ilustrācija no mācību grāmatas [114]: atsperes svārsta svārstības ap līdzsvara stāvokli.

Harmonisku svārstību attēlošanu ar sensoru palīdzību realizē divējādi: 1) ar kustības sensoru, atsperes svārstu un tajā iekārtu ķermeni; 2) ar kustības sensoru un atstarojošu virsmu.

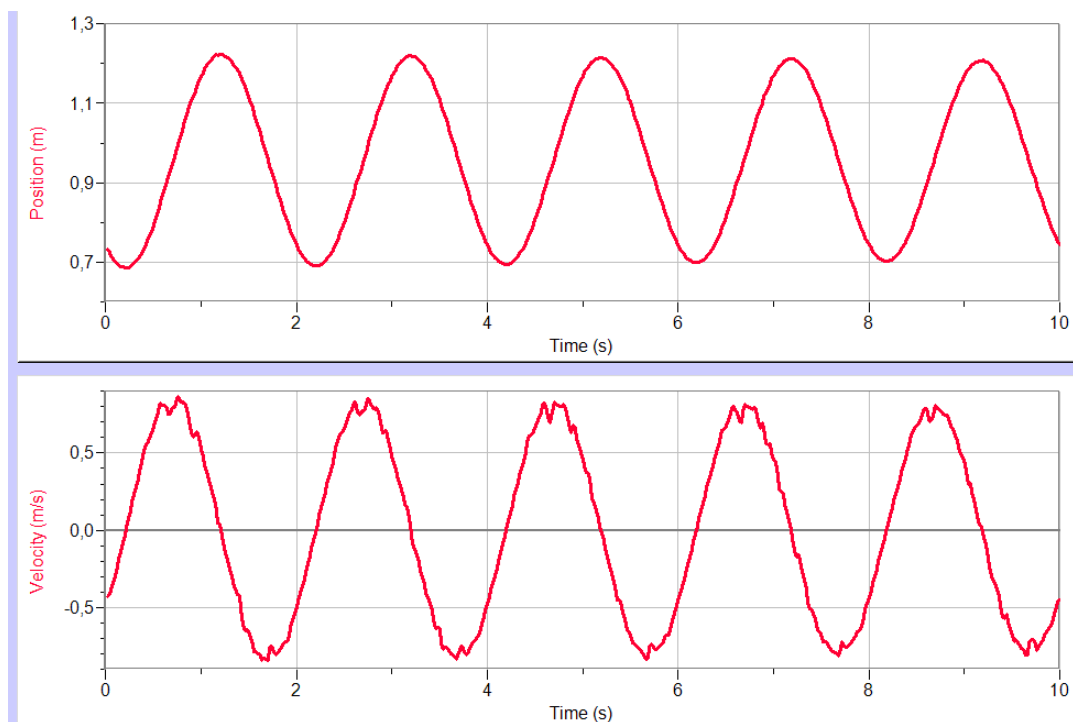
Kustības sensors izstaro ultraskaņas impulsus un uztver tos, pēc tam, kad šie impulsi ir atstarojušies no objekta, kas atrodas ultraskaņas impulsu ceļā. Reģistrējot laiku, kāds nepieciešams, lai augstas frekvences impulss nonāktu līdz objektam un atpakaļ, kā arī zinot ultraskaņas impulsa ātrumu, tiek aprēķināts attālums līdz objektam.

Lai iegūtu harmonisku svārstību kustības grafisko attēlojumu, atsperē iekar ķermeni ar



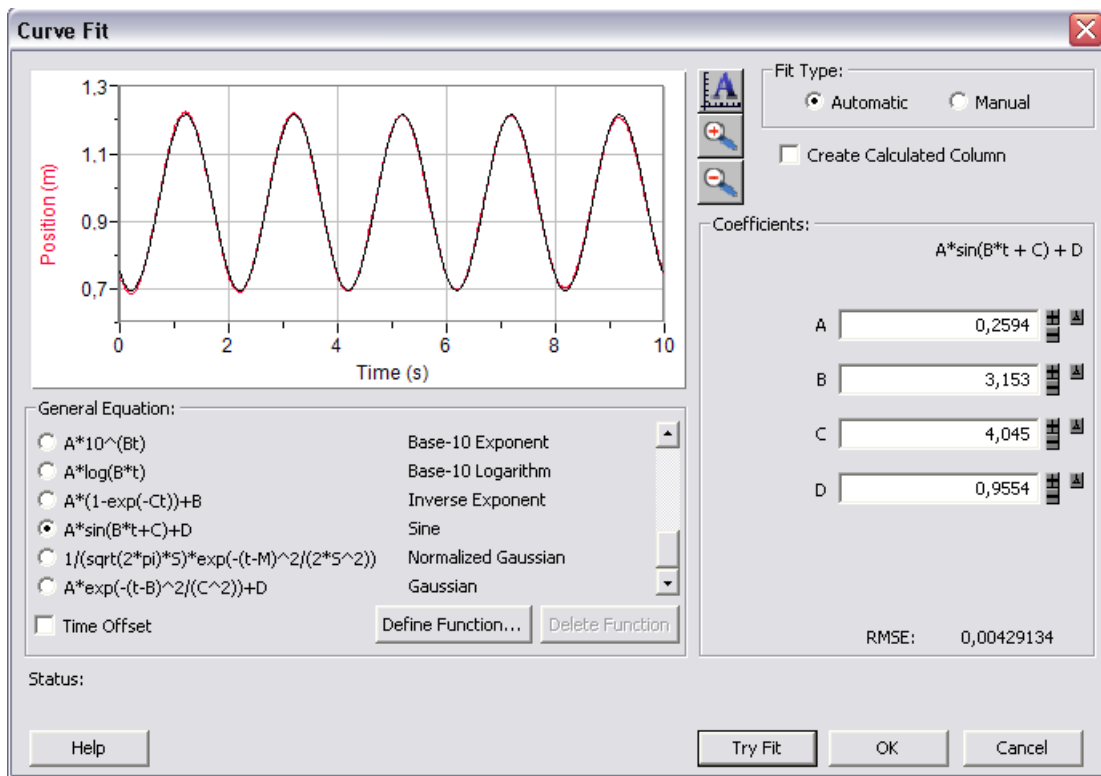
3.7. att. Demonstrējums harmonisku svārstību kustības grafika iegūšanai.

pietiekami lielu atstarojošas virsmas laukumu, atspēri nostiprina statīvā un zem ķermeņa novieto kustības sensoru (skat. 3.7. att.). Ķermeni atvelk no līdzsvara stāvokļa un ļauj tam svārstīties, vienlaikus startējot sensora datu apstrādes programmatūru, kas reģistrē ķermeņa koordinātu attiecībā pret līdzsvara stāvokli. Līdz ar to skolēniem ir iespēja ieraudzīt kā svārstību laikā periodiski mainās ķermeņa koordināta attiecībā pret līdzsvara stāvokli un ķermeņa ātrums (skat. 3.8. att.).



3.8. att. Koordinātas un ātruma maiņa laikā svārstību kustībā.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot šajā darbā kustības sensoru? 1) Iegūst svārstību kustības grafisko attēlojumu reālā svārstību laikā. 2) No grafika nosaka svārstību amplitūdu, periodu, frekvenci, maksimālo kustības ātrumu reālajām svārstībām. 3) Salīdzinot iegūtos koordinātas un ātruma grafikus, var noteikt, ka maksimālais ātrums svārstību brīdī ir tad, kad ķermenis iet caur līdzsvara stāvokli, bet minimālais ātrums brīdī, kad ķermenis ir maksimāli novirzījies no līdzsvara stāvokļa. 4) Harmonisku svārstību gadījumā svārsta novirze no līdzsvara stāvokļa mainās periodiski; matemātiski šo kustību apraksta sinusa vai kosinusa funkcija. Datu apstrādes programmatūrā, izmantojot analīzes rīku, var piemeklēt iegūtajam grafikam matemātisko modeli – funkciju, kas apraksta aplūkotās svārstības (skat. 3.9. att.). Norādot atbilstošo funkciju, programmatūra aprēķina atbilstošos koeficientus, un attēlā var redzēt, cik precīzi uzģenerētā funkcija sakrīt ar reālo svārstību kustības grafiku. 5) Otrs paņēmieni, kā skolēni var izprast koordinātu maiņu laikā harmoniskajās svārstībās, izmantojot kustības sensoru un kādu gludu atstarojošu virsmu, ko skolēns tur rokā. Raidot signālu no kustības sensora virzienā uz skolēnu, skolēna uzdevums ir pašam pārvietoties uz priekšu un atpakaļ, lai iegūtu harmonisku svārstību grafisko attēlojumu, tādējādi izjūtot nepastarpināti caur personisko pieredzi, kā objektam ir jākustas, lai kustības varētu uzskatīt par harmoniskām svārstībām.



3.9. att. Svārstību kustības matemātiskā modeļa ģenerēšana datu apstrādes programmatūrā.

Šos demonstrējumus ir iespējams rādīt fizikas kursā 10. klasē tematā „Mehāniskās svārstības un viļņi”, lai realizētu spēkā esošās vispārējās vidējās izglītības fizikas paraugprogrammā [78, 17. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus:

1. Izskaidro svārstību kustību, izmantojot matemātiskā un atsperes svārstu modeļus.
2. Lieto IT mehānisko svārstību kustības izpētē.
3. Grafiski attēlo un analizē mehānisko svārstību funkcionālās sakarības, arī izmantojot IT.
4. Apraksta svārstību kustību, izmantojot harmonisko svārstību vienādojumus.
5. Lieto svārstību kustības likumsakarību matemātisko pierakstu.

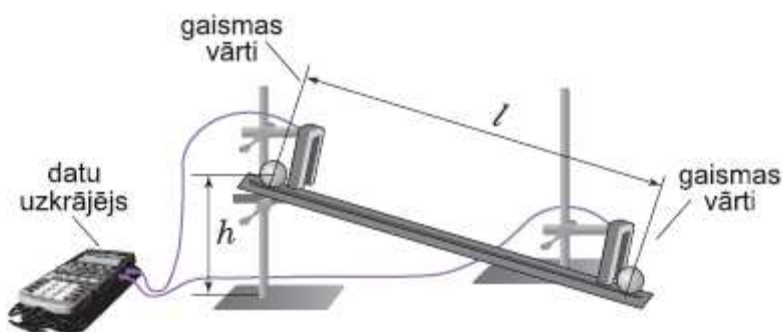
### 3.3.3. Ķermeņu kustības raksturošana ar gaismas vārtu sensoriem

Fizikas standartā vispārējās vidējās izglītības pakāpē mehānikā ir vairākas pamatprasības, kuras ir jārealizē fizikas kursā, aplūkojot kustību: jāatšķir mehāniskās kustības veidi pēc to rakstura [42, 9.3], eksperimentāli jānosaka [42, 9.4], jāaprēķina [42, 9.5] un grafiski jāattēlo [42, 9.7] ceļš, ātrums un paātrinājums vienmērīgā un vienmērīgi paātrinātā taisnlīnijas kustībā un iegūtie dati jāizmanto kustības raksturošanai. Mācību grāmatās vidusskolas fizikas kursā [65, 38. lpp.; 114, 20. lpp.] kustības grafikus – ceļa, ātruma un paātrinājuma atkarību no laika iegūst, izmantojot kustības likumus.

Fizikas praktisko darbu krājumos skolēniem tiek piedāvāts praktiski noteikt vidējo ātrumu un paātrinājumu, ja lodīte ripo lejup pa slīpu renīti [44, 38. lpp., 66, 15 – 16. lpp., 28 – 32. lpp., 86,

82 – 86. lpp.]. Lai to veiktu, statīvā slīpi iestiprina renīti un ripina pa to leju lodīti. Uzņemot ar hronometru laiku un zinot renītes garumu, aprēķina gan kustības vidējo ātrumu, gan kustības paātrinājumu. Mainot renītes slīpumu vai garumu, pēta kā mainās kustības vidējais ātrums un paātrinājums.

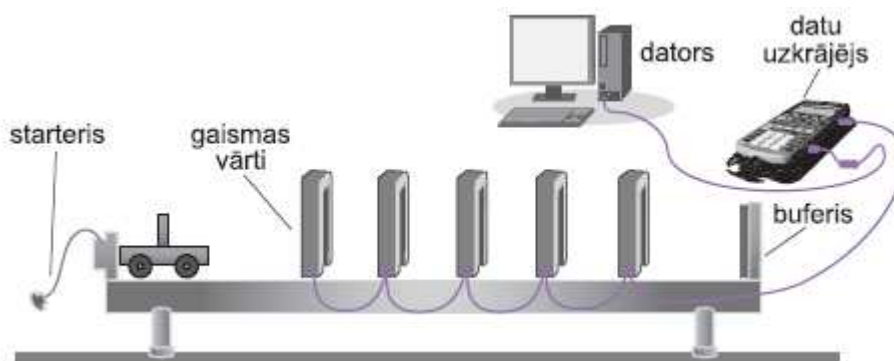
Šos pašus darbus var veikt, izmantojot divus gaismas vārtu sensorus, no kuriem vienu nostiprina renītes augšpusē, bet otru renītes apakšējā daļā (skat. 3.10. att.).



3.10. att. Gaismas vārti eksperimentā vidējā ātruma un paātrinājuma noteikšanai.

Gaismas vārtu sensorā atrodas infrasarkanā starojuma raidītājs un uztvērējs. Sensors fiksē stara pārrāvuma momentu un ilgumu. Lietojot divus gaismas vārtu sensorus, var noteikt ķermeņa kustības laiku un zinot renītes garumu, aprēķināt vidējo ātrumu (skat. pielikumu Nr. 2 LD 2) un paātrinājumu (skat. pielikumu Nr. 2 LD 3). Šajā gadījumā gaismas vārtu sensors veic hronometra funkcijas, tas dod iespēju samazināt cilvēka reakcijas kļūdu ieslēdzot un izslēdzot hronometru.

Izmantojot ratiņus uz sliedes un piecus gaismas vārtu sensorus (skat. 3.11. att.), iespējams nodemonstrēt dažādus kustību veidus.



3.11. att. Gaismas vārti dažādu kustības veidu demonstrējumā ar ratiņiem uz sliedes.

Sliede ir iespējams mainīt balsta augstumus katram balstam atsevišķi, tādējādi noregulēt sliedi, lai tā būtu horizontāla vai slīpa. Ratiņiem piestiprina stienīti tā, lai ratiņiem kustoties pa sliedi, stienītis ietu cauri gaismas vārtiem un pārtrauktu infrasarkanā starojuma kūli, kas izstarots no raidītāja uz uztvērēju. Datu apstrādes programmatūrā ievada attālumu starp gaismas vārtiem. Palaižot sliedes starteri, ratiņi tiek iestumti un 1) ja sliede ir horizontāla, tad tie vienmērīgi izribo cauri visiem gaismas vārtiem; 2) ja ratiņi ripo pa sliedes slīpumu uz leju, tad tie kustas paātrināti cauri gaismas vārtiem; 3) ja ratiņi ripo pa sliedes slīpumu uz augšu, tad tie kustas palēnināti cauri gaismas vārtiem. Datu apstrādes programmatūrā tiek aprēķināts un attēlots ātrums, ar kādu ratiņi

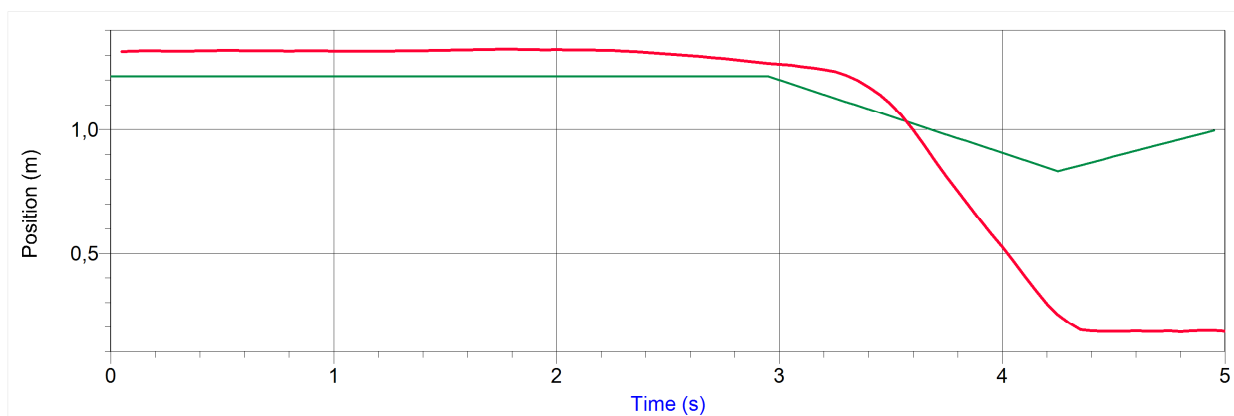
iziet cauri katriem gaismas vārtiem, kā arī ātruma izmaiņa. (skat. pielikumu Nr. 2 DD 4). Izmantojot iegūtos datus, skolēni var noteikt, kāda ir kustība – vienmērīga, paātrināta vai palēnināta, kā arī, salīdzinot ātruma izmaiņas, noteikt paātrinājumu, tādējādi, konstatējot vai kustība ir vienmērīgi vai nevienmērīgi paātrināta.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot demonstrējumos vai laboratorijas darbos gaismas vārtu sensoru? 1) Samazina cilvēka reakcijas radītās kļūdas fiksējot procesa sākuma un beigu momentus. 2) Iegūst kustības raksturlielumu – koordinātas, ātruma un paātrinājuma maiņas grafisko attēlojumu reālā kustības laikā un šos datus var izmantot kustības raksturošanai, kā arī analizēt, kā šie raksturlielumi ir viens no otra atkarīgi.

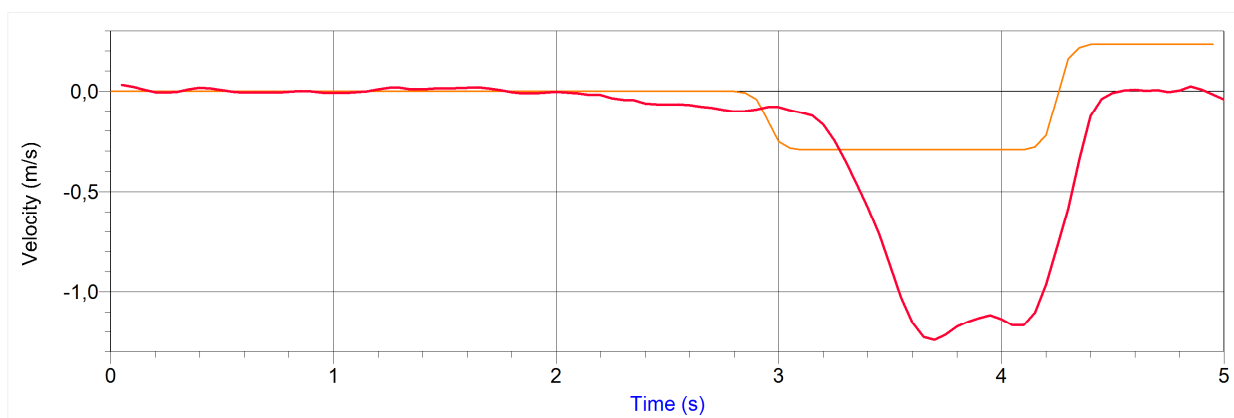
### 3.3.4. Kustības grafiku iegūšana ar kustības sensoru

Gan pamatskolā, gan arī vidusskolā skolēniem sagādā grūtības kustības grafiku (koordinātas maiņas laikā, ātruma maiņas laikā) konstruēšana gan vienmērīgā, gan it īpaši paātrinātā kustībā. Izmantojot kustības sensoru un atbilstošas materiālu sagataves datu apstrādes programmatūrā, skolēns var iegūt nepastarpinātu tiešu pieredzi par to, kā veidojas kustības grafiki.

Datu apstrādes programmatūrā atver gatavus grafikus, kuros attēlota ķermeņa kustības koordinātu maiņa laikā (skat. 3.12. att.) un šīs pašas kustības ātruma maiņa laikā (skat. 3.13. att.).



3.12. att. Dotās kustības koordinātas maiņa laikā (—) un eksperimentā iegūtie dati (—).



3.13. att. Dotās kustības ātruma maiņa laikā (—) un eksperimentā iegūtie dati (—).



Skolēna uzdevums ir izanalizēt piedāvātos kustības raksturlielumu maiņas grafikus: koordinātas maiņa laikā – zaļā līnija (skat. 3.12. att.), ātruma maiņa laikā – oranžā līnija (skat. 3.13. att.). Pēc tam, izmantojot kustības sensoru un atstarojošu virsmu, atkārtot piedāvātās kustības koordinātas un ātruma maiņas grafikus laikā. Lai to izdarītu, vispirms skolēnam ir jāsaprot, cik tālu no kustības sensora viņam jānostājas; cik ilgi, sākoties datu reģistrācijai šajā punktā ir jāstāv; kurā virzienā – uz kustības sensora pusi vai prom no tā – ir jāpārvietojas un cik ātri tas ir jādara. Analizējot eksperimentā iegūtos datus, skolēns var izvērtēt savu izpratni par to, kā veidojas kustības grafiki un kā objekts kustās realitātē – veidot saikni ar praksi, nepaliekot tikai abstrakciju līmenī.

Datu apstrādes programmatūrā tiek piedāvāti grafiki, kas raksturo dažādas kustības, līdz ar to skolotājam ir iespēja izvēlēties, kādas kustības grafiku skolēnam ir jāatkārto savā kustībā. Ir iespējams strādāt atsevišķi – tikai ar koordinātas grafiku vai tikai ar ātruma grafiku, tas būs atkarīgs no skolēnu vecuma posma – pamatskola vai vidusskola, kā arī no stundas mērķa.

Šo praktisko darbu ir iespējams veikt fizikas kursā 10. klasē tematā „Ķermeņu kustība”, lai realizētu spēkā esošās vispārējās vidējās izglītības fizikas paraugprogrammā [78, 13. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus:

1. Grafiski attēlo un analizē funkcionālās sakarības vienmērīgā un vienmērīgi paātrinātā taisnlīnijas kustībā.

2. Pārveido vienmērīgi paātrinātas taisnlīnijas kustības ātruma un paātrinājuma grafikus no viena veida citā.

3. Izmanto IT kustības grafiku attēlošanā un kustības modelēšanā.

Arī pamatskolas fizikas kursā 8. klases tematā, realizējot spēkā esošās pamatizglītības paraugprogrammā [41, 9. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus:

1. Raksturo ķermeņa kustību pēc grafika.
2. Attēlo ķermeņa kustību raksturojošos lielumus ātruma vai ceļa grafikā.

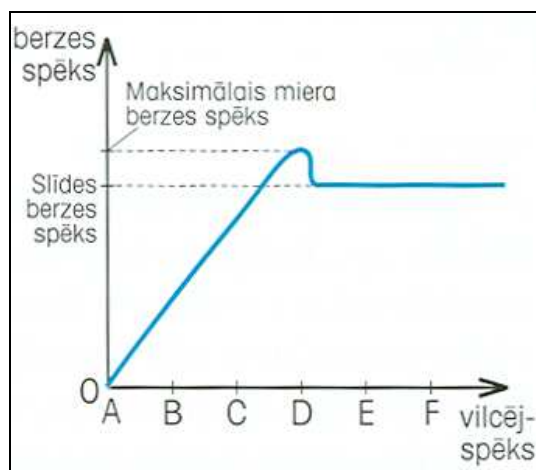
### **3.4. Strauju procesu redzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija**

Apskatīsim procesus, kas norisinās strauji un kuru raksturlielumu maiņu var redzēt ar neapbruņotu aci. Izmantojot sensorus, iegūstam pētāmā procesa raksturlielumu maiņas grafisko attēlojumu un datus procesa kvalitatīvam un kvantitatīvam aprakstam.

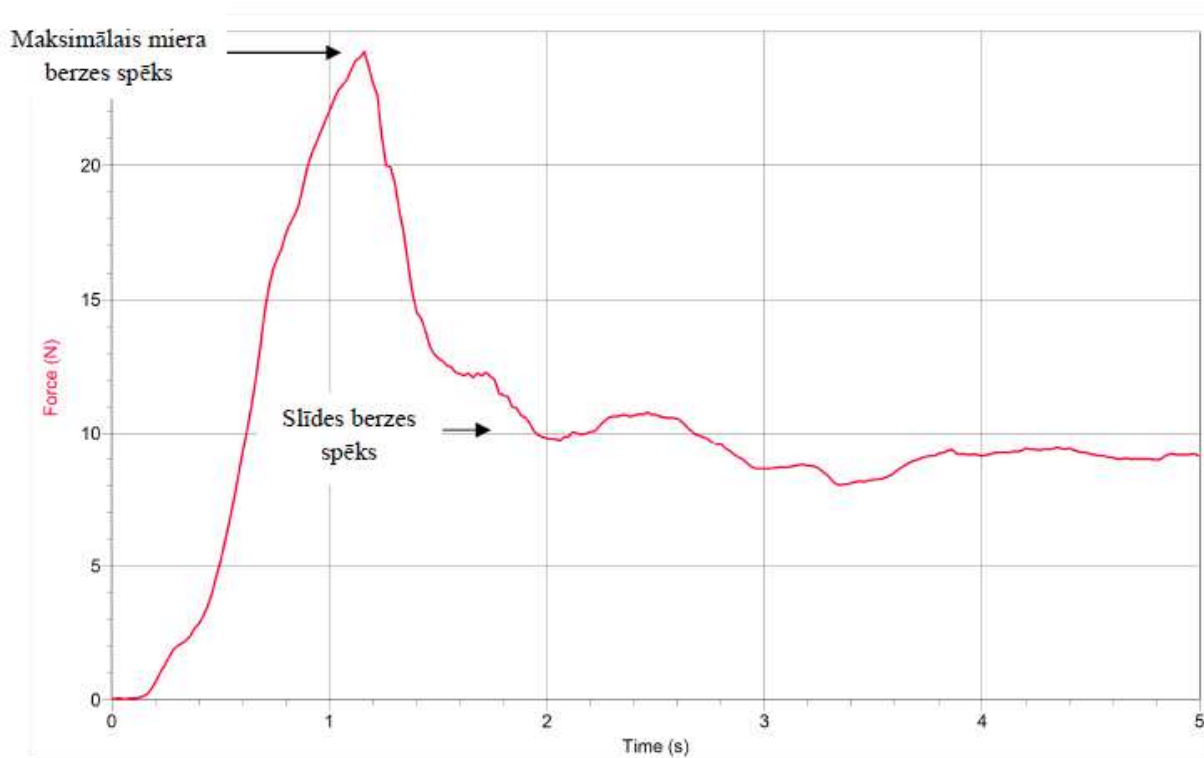
#### **3.4.1. Miera berzes spēka demonstrēšana ar spēka sensoru**

Miera berzes spēka izpausmes novēro, kad ķermeni sāk pārvietot. Tā vērtība palielinās vienlaikus ar pielikto vilcējspēku – kā reakcija uz pārvietošanas mēģinājumu. Kamēr ķermenis vēl neizkustas, pretēji vilcējspēkam vērtais miera berzes spēks līdzsvaro vilcējspēku un notur ķermeni uz vietas. Pakāpeniski palielinot vilcējspēku, pieaug arī pretestība – miera berzes spēks.

Kad vilcēj spēka lielums ir vienāds ar miera berzes spēka maksimālo vērtību, ķermenis sāk slīdēt [114]. Turpinoties kustībai, savstarpēji slīdošo virsmu saķere un berzes spēks pat nedaudz samazinās. To var izjust, ja cenšas pārbīdīt smagu priekšmetu. Izkustināt no vietas to ir grūti, bet, kad ķermenis ir sācis slīdēt, kustību var uzturēt ar mazāku spēku. Fizikas mācību grāmatās [46, 114. lpp.; 114, 50. lpp.] grafiski attēlo berzes spēka atkarība no vilcēj spēka, lai ilustrētu miera berzes spēku.



3.14. attēls. Ilustrācija no mācību grāmatas [114]: berzes spēka atkarība no vilcēj spēka.



3.15. attēls. Miera berzes spēka grafiks, iegūts ar spēka sensoru.

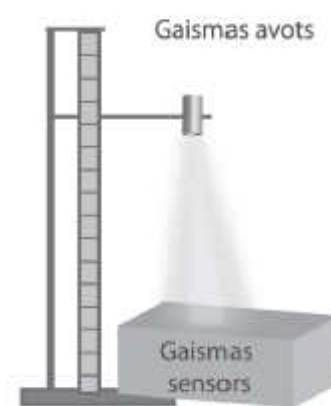
Miera berzes spēka eksistenci var uzskatāmi nodemonstrēt, izmantojot spēka sensoru, datu uzkrājēju un smagu ķermeni. Ja pie spēka sensora piestiprina smagu ķermeni un mēģina to vienmērīgi pārvietot, velkot aiz spēka sensora, tad sensora datu apstrādes programmatūrā iegūst vilcēj spēka vērtības izmaiņas grafiku laikā (skat. 3.15. att.), no kura var spriest par berzes spēka izmaiņām laikā.

Šo demonstrējumu izmanto fizikas kursā 10. klasē tematā „Mijiedarbība un spēks”, lai realizētu spēkā esošās vispārējās vidējās izglītības fizikas paraugprogrammā [78, 14. lpp.] paredzēto skolēnam sasniedzamo rezultātu: Izvirza hipotēzi un formulē secinājumus, pamatojoties uz eksperimenta rezultātiem, pētot slīdes un rites berzes spēku. Tradicionāli fizikas mācību grāmatās un praktisko darbu krājumos vidusskolas kursā tiek piedāvāts darbs par slīdes berzes koeficienta noteikšanu, kurā skolēnam praktiski ir jānosaka slīdes berzes koeficients, koka klucītim slīdot pa koka dēlīti [45, 156. lpp.; 114, 73. lpp] atkarībā no ķermeņa svāra un saskarvirsmas laukuma [6, 23. lpp.; 66, 17. lpp.], izmantojot enerģijas nezūdamības un pārvēršanās likumu [6, 113. – 114. lpp.; 44, 75. lpp.; 66, 40. lpp.], izmantojot slīpo plakni, atsperi vai spēka momenta likumu [66, 36 – 39. lpp.; 94, 19. lpp.].

Izmantojot spēka sensoru, skolēni var veikt arī pētniecisku darbu: pētīt kā miera berzes spēka maksimālā vērtība ir atkarīga no spēka sensoram pieliktā ķermeņa masas; kā dažādi virsmas segumi ietekmē miera berzes spēka maksimālo vērtību. Izmantojot sensora programmatūrā pārklājuma režīmu, vienā grafikā var attēlot, kā mainās miera berzes spēka maksimālā vērtība atkarībā no spēka sensoram pieliktā ķermeņa masas un izdarīt secinājumus uzreiz no iegūtā grafika.

### 3.4.2. Apgaismojuma likumsakarību pētīšana ar apgaismojuma sensoru

Fizikas standartā [78] vispārējās vidējās izglītības pakāpē optikas sadaļā pamatprasība nr. 12.9. mācību priekšmeta apguvei prasa skolēnam eksperimentāli noteikt apgaismojumu. Tradicionāli fizikas mācību grāmatās [93, 111. lpp; 94, 188 – 189 lpp.] apraksta, izved un definē apgaismojuma likumsakarības teorētiski, bet praktisko darbu krājumos [95, 32. lpp.; 89, 70. lpp.] vidusskolas kursā tiek piedāvāts darbs ar luksmetru, kurā skolēnam praktiski ir jāizpēta, kā mainās virsmas apgaismojums  $E$  atkarībā no gaismas avota attāluma līdz virsmai  $r$  un jāpārbauda, vai definētās apgaismojuma likumsakarības ir spēkā un no iegūtajiem datiem jānosaka spuldzītes gaismas stīprums. Mainot gaismas avota augstumu virs galda, ar luksmetru mēra, kā mainās virsmas apgaismojums. Izmantojot iegūtos datus, skolēnam jāuzzīmē minētā sakarība  $E(r)$ . No iegūtā grafika, skolēniem jāizdara

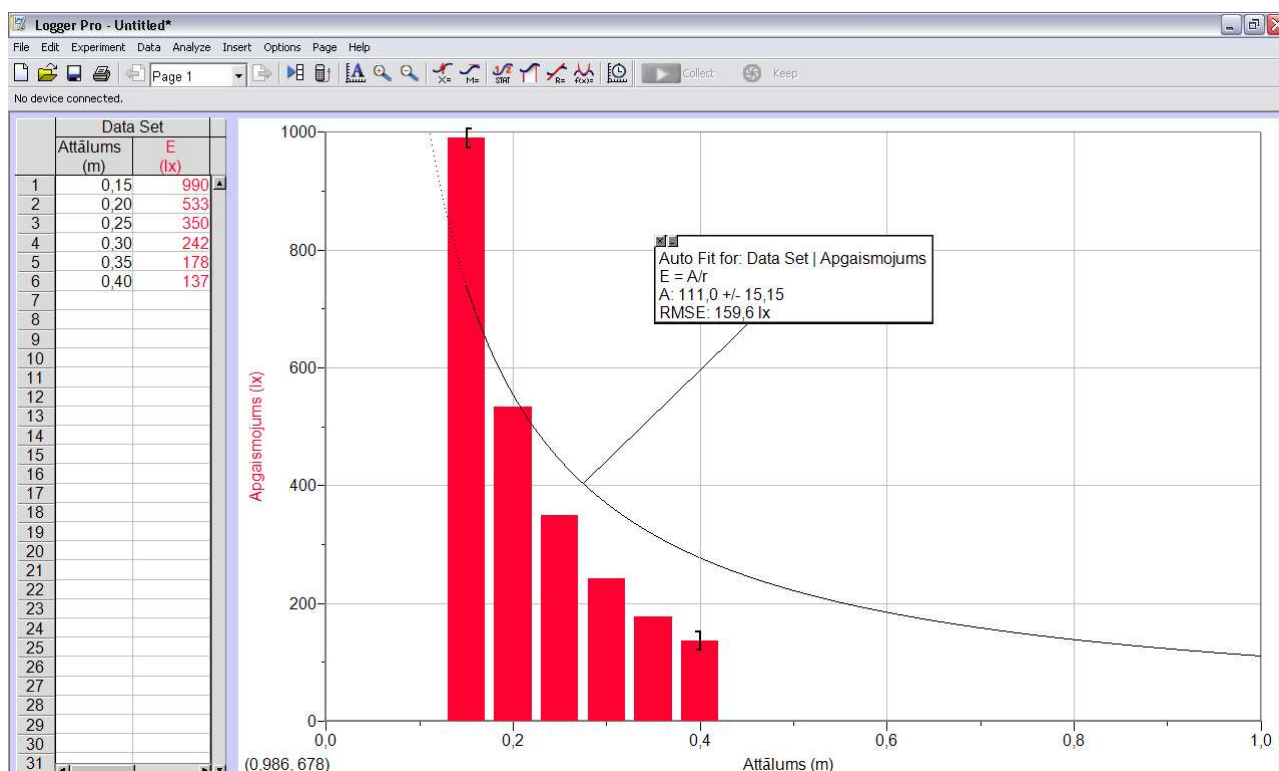


3.16. att. Virsmas apgaismojuma noteikšana atkarībā no attāluma.

secinājumi, ka, ja gaismas avots atrodas tieši virs apgaismotās virsmas, tad apgaismojums mainās apgriezti proporcionāli gaismas avota attāluma kvadrātam. Izvēloties nemainīgu gaismas avota augstumu, var pētīt, kā apgaismojums mainās, ja gaismas stari krīt slīpi uz virsmu, nonākot

pie secinājuma, ka apgaismojums ir atkarīgs no leņķa kādā gaisma krīt uz virsmu. Šo darbu veic kā praktikuma darbu, jo skolas fizikas laboratorijā parasti nav vairāk kā divi luksmetri.

Šo pašu darbu var veikt kā laboratorijas darbu luksmetra vietā izmantojot apgaismojuma sensoru (skat. 3.16. att.), jo, piemēram, *Data Harvest* datu uzkrājējos apgaismojuma sensors ir iebūvēts, tas nozīmē, ka apgaismojuma sensors ir pieejams katram skolēnu pārim, ja fizikas laboratorija ir apgādāta ar laboratorijas darbu komplektiem. Skolēni pirms darba veikšanas izvirza hipotēzi, kā mainīsies virsmas apgaismojums, ja gaismas avotu attālinās no virsmas. Datu apstrādes programmatūrā eksperimenta laikā uzreiz tiek attēlotas vērtības, kā mainās virsmas apgaismojums atkarībā no gaismas avota attāluma līdz virsmai. Iegūtais grafiks un ikdienas pieredze skolēnus vedina uz domām par apgriezto proporcionalitāti – jo tālāk gaismas avots atrodas no apgaismotās virsmas, jo virsmas apgaismojums ir mazāks. Šo hipotēzi var pārbaudīt, lietojot programmatūrā analīzes rīku *Analyze/Curve Fit*, kur var piemeklēt iegūtajam grafikam matemātisko modeli – funkciju, kas apraksta iegūto atkarību. Izvēloties pārbaudīt apgriezto proporcionalitāti, skolēni ierauga, ka teorētiskā līkne nesakrīt ar iegūtajiem datiem un vidējā kvadrātiskā novirze ir liela:  $RMSE = 159.6 \text{ lx}$  (skat. 3.17. att.).

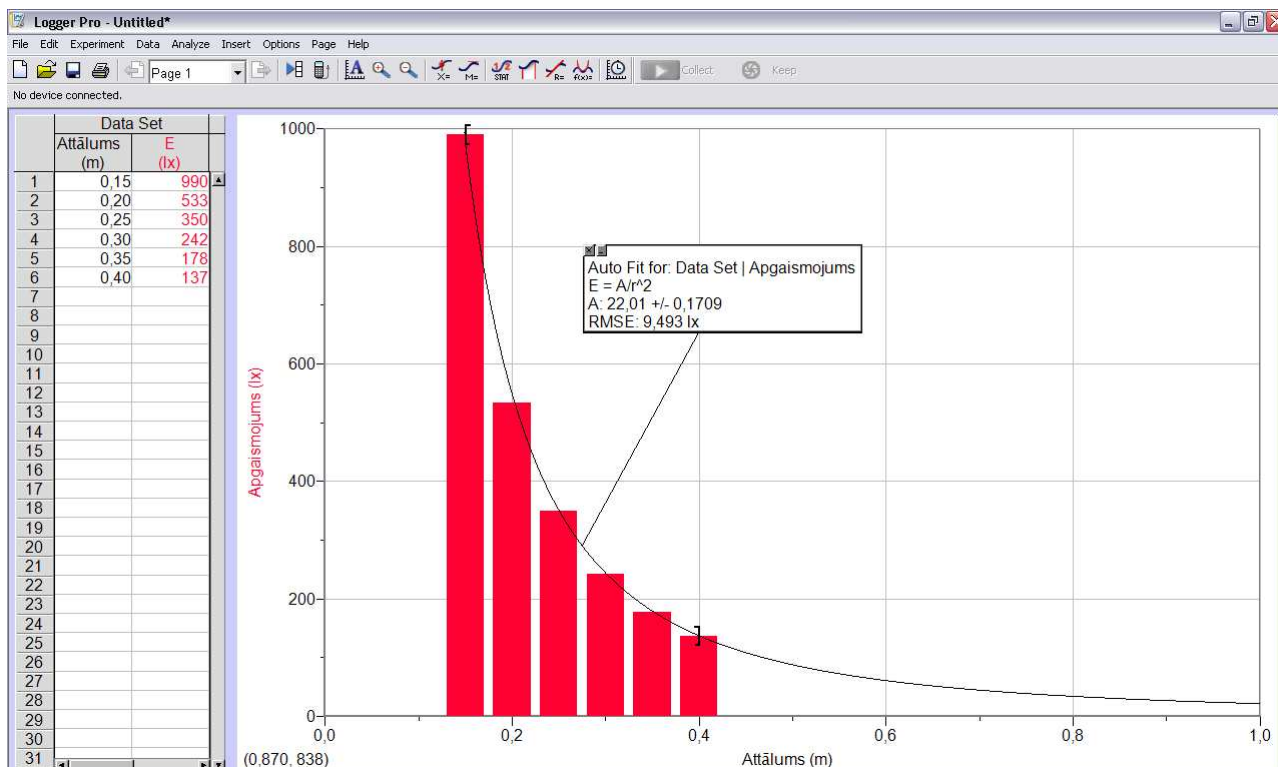


3.17. att. Apgrieztās proporcionalitātes pārbaude virsmas apgaismojuma atkarībai no attāluma.

Pievēršot skolēnu uzmanību vēlreiz iegūtajam grafikam un datiem tabulā, ir redzams, ka apgaismojums samazinās straujāk nekā apgriezti proporcionāli attālumam, tad izvēloties pārbaudīt, vai apgaismojums mainās apgriezti proporcionāli gaismas attāluma kvadrātam, skolēni ierauga, ka teorētiskā līkne gandrīz sakrīt ar iegūtajiem datiem un vidējā kvadrātiskā

novirze ir neliela:  $RMSE \approx 9.5 \text{ lx}$  (skat. 3.18. att.). Ieviešot gaismas avota stiprumu  $I$ , nonāk līdz apgaismojuma likumam (skat. pielikumu Nr. 2 LD 5)

$$I = \frac{E}{r^2} \quad (3.5)$$



3.18. att. Apgrīztās proporcionalitātes pārbaude virsmas apgaismojuma atkarībai no attāluma kvadrāta.

Pamatskolas fizikas kursā 8. klasē skolēni, izmantojot apgaismojuma sensoru var veikt vairākus praktiskus pētnieciskos darbus – izpētīt, kā apgaismojums ir atkarīgs no gaismas avota stipruma, no gaismas avota attāluma līdz virsmai, neveicot datu apstrādi kā vidusskolā, bet izdarot vispārīgus secinājumus. Domājot par veselības un drošības jautājumiem, skolēniem piedāvā uzdevumus, izpētīt, kāds apgaismojums ir skolā dažādās telpās un salīdzināt iegūtos rezultātus ar apgaismojuma normām; izpētīt, kādas krāsas atstarotāji vislabāk atstaro gaismu; kādi materiāli vislabāk aiztur gaismu. Darba lapu skolēniem šo uzdevumu veikšanai skatīt pielikumā Nr. 4 (DL 1). Šos pētnieciskos darbus ir iespējams veikt fizikas kursā 8. klasē tematā „Gaisma un krāsas”, lai realizētu spēkā esošās pamatizglītības fizikas paraugprogrammā [41, 7. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus:

1. Novēro un izskaidro apgaismojuma maiņu atkarībā no gaismas avota attāluma līdz virsmai.
2. Ievēro drošības noteikumus un izprot riska faktorus darbā ar optiskajām ierīcēm un gaismas avotiem.
3. Apzinās atstarotāju nozīmi satiksmes drošībā.
4. Novērtē dažādu gaismas avotu un apgaismojuma ietekmi uz cilvēka veselību.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot demonstrējumos vai laboratorijas darbos apgaismojuma sensoru? 1) Iegūst virsmas apgaismojuma maiņas grafisko attēlojumu un datus reālā laikā atkarībā no dažādiem faktoriem, piemēram, gaismas avota attāluma līdz virsmai, gaismas avota stipruma, materiāla gaismas caurlaidības, virsmas atstarošanās īpašībām. 2) Izmantojot iegūtos datus un sensoru datu apstrādes programmatūras rīkus, iespējams kvalitatīvi un kvantitatīvi raksturot virsmas apgaismojuma atkarību no dažādiem faktoriem. 3) Izmantojot apgaismojuma sensoru, iegūst lampu spožuma izmaiņas maiņsprieguma ietekmē, kā arī pie gaismas ieslēgšanas un izslēgšanas, tādējādi skolēni var realizēt pētījuma vienu aspektu, pētot, kāpēc spuldzītes parasti izdeg ieslēgšanas vai izslēgšanas brīdī.

### **3.5. Strauju procesu neredzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija**

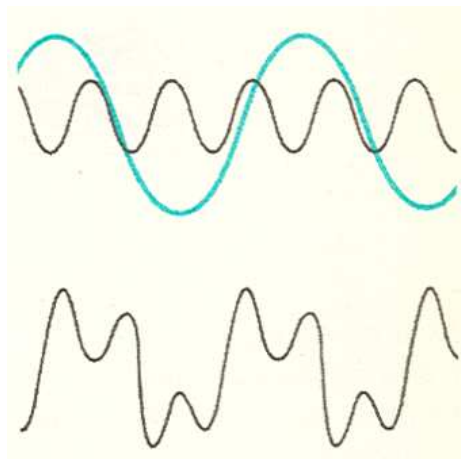
Dabas un tehnikas procesi, kurus apskata fizikā norisinās strauji un ne vienmēr tos var ieraudzīt vai izšķirt ar cilvēka maņu orgāniem. Kā piemērus apskatīsim skaņas viļņu summēšanos un demonstrējumus ar magnētiskā lauka sensoru.

#### **3.5.1. Skaņas viļņu summēšanās**

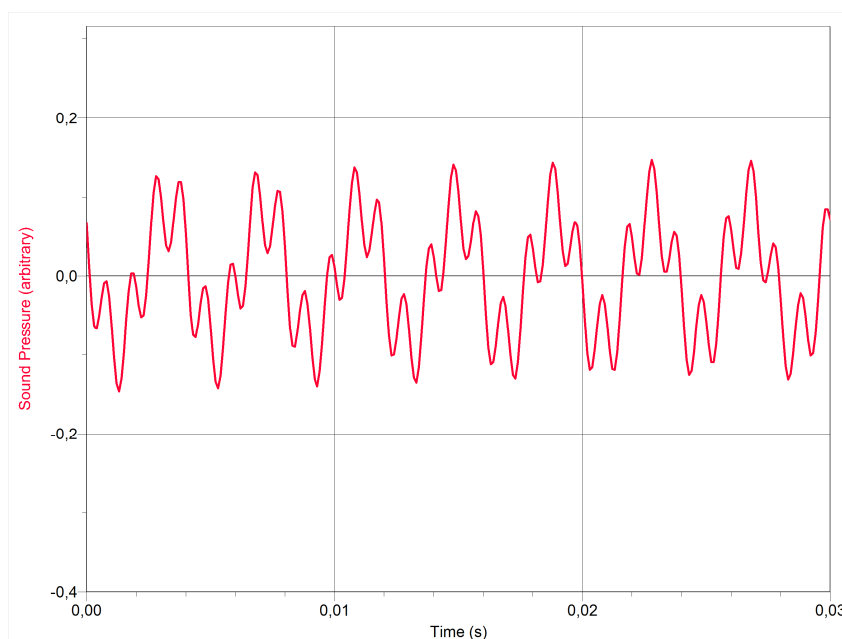
Vidē vienlaikus var izplatīties vairāki viļņi. Vietās, kur viļņi pārklājās, tie summējās. Ja aplūkojam viļņus uz ūdens virsmas, ir viegli ieraudzīt viļņu summēšanās ainu, kas ir atkarīga no, tā, cik liela ir bijusi viļņa amplitūda dotajā vietā un dotajā laika momentā. Ja skaņu rada vairāki avoti, skaņas viļņi izplatās telpā un arī savstarpēji summējas. Skaņu summēšanās efektu mēs dzirdam reizēm kā troksni, reizēm kā toni. Lai nodemonstrētu kā notiek skaņu summēšanās tehnikā parasti izmanto oscilogrāfu. Ja datorā ir atbilstoša programmatūra un skaņu karte, tad skaņu summēšanos var nodemonstrēt arī datorā.

Uz oscilogrāfa vai datora ekrāna ir redzamas līknes, kas nepārtraukti mainās, skatot mūzikai. Fizikas mācību grāmatā [2, 35. lpp.] tiek attēlots, kā notiek divu harmonisku svārstību summēšanās, ja skaņas svārstībām ir atšķirīgas frekvences un amplitūdas (skat. 3.19. att.), un kā veidojas virstoņi [2, 31. lpp.; 128, 88. lpp.] vai interferences sitieni [46, 438. lpp.].

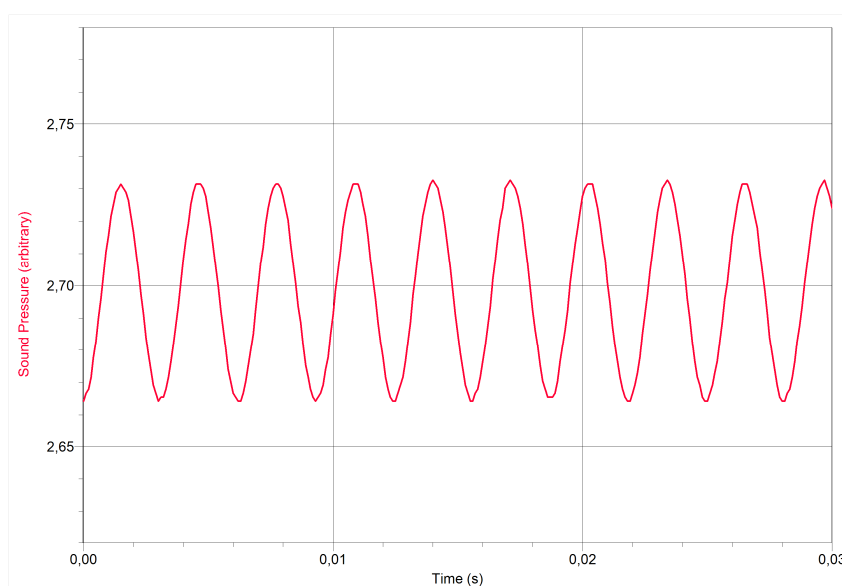
Izmantojot mikroфона sensoru, var ierakstīt un vizualizēt skaņas avota radīto gaisa spiediena izmaiņu, iegūstot skaņas viļņa attēlojumu, ja skaņu rada viens vai vairāki avoti. Skaņas viļņu summēšanos var vizualizēt, izmantojot divas toņdakšas ar atšķirīgām frekvencēm, āmurīti, mikroфона sensoru un datu uzkrājēju ar atbilstošu programmatūru. Lai veiktu eksperimentu, abas toņdakšas novieto blakus vienu otrai ar rezonatora atvērumu vienā virzienā, apmēram 10 cm attālumā pretī rezonatoru atvērimumam novieto mikroфона sensoru. Tad uzsit ar āmurīti pēc kārtas pa katru no toņdakšām, startē datu reģistrēšanas programmatūru un iegūst skaņas viļņu summēšanās ainu (skat. 3.20. att.).



3.19. att. Ilustrācija no mācību grāmatas [2]: skaņas viļņu summēšanās.



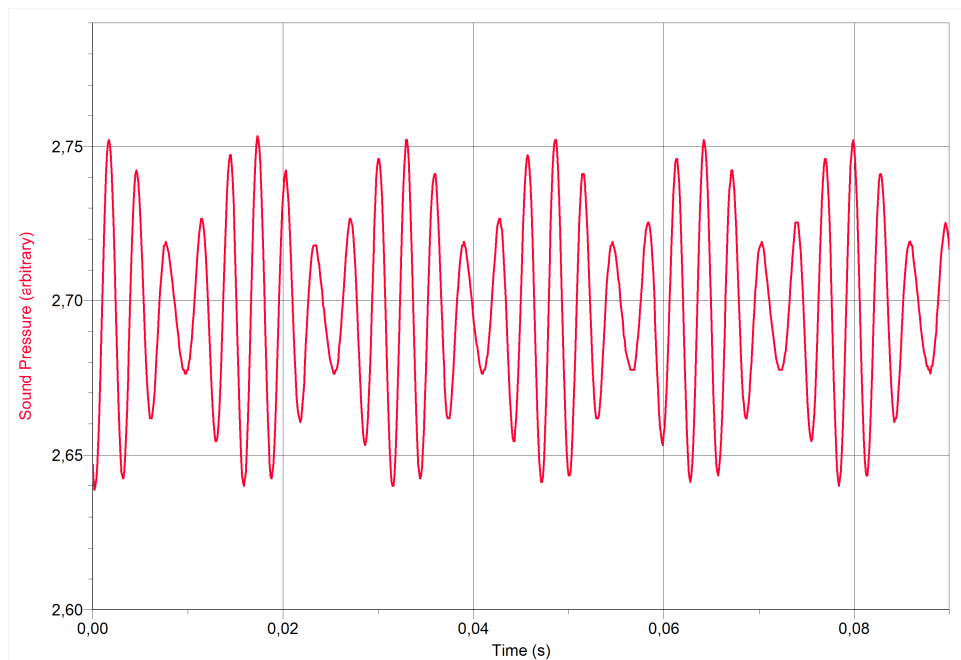
3.20. att. Skaņas viļņu summēšanās: 256 Hz un 1000 Hz.



3.21. att. 320 Hz tonāks radītais skaņas vilnis.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot šajā demonstrējumā mikroфона sensoru, datu uzkrājēju un atbilstošo datu apstrādes programmatūru? 1) Iegūst skaņas viļņa attēlojumu, kas raksturo skaņas avota radīto gaisa spiediena izmaiņu izplatīšanos telpā (skat. 3.21. att.).

2) Izmantojot toņdakšas ar atšķirīgām frekvencēm, summējoties skaņas viļņiem, var nodemonstrēt interferences sitienus [35, 29. lpp.], kas rodas, ja abām izmantotajām toņdakšām ir pavisam neliela frekvenču atšķirība (skat. 3.22. att.).



3.22. att. Interferences sitieni: 320 Hz un 384 Hz.

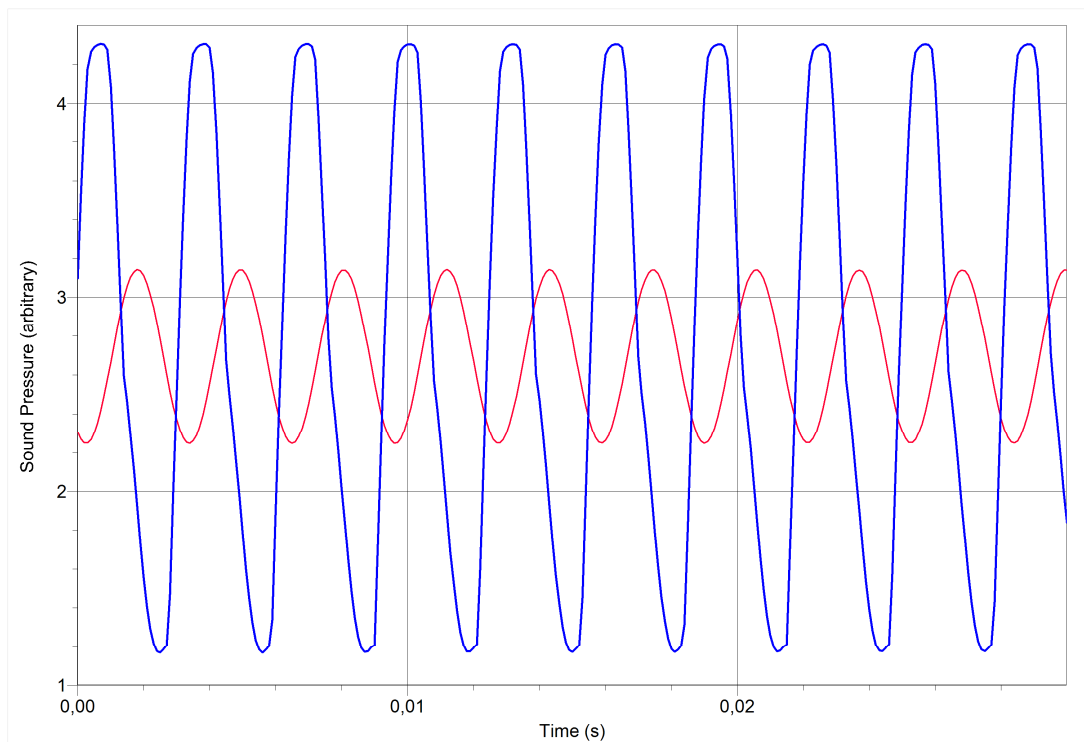
3) Izmantojot divus mikroфона sensorus vienlaicīgi, skolēni var pētīt, kāda ir atšķirība skaņai, kura izplatās no toņdakšas tajā pusē, kur ir toņdakšas rezonatora atvērums un pretējā pusē, kur nav rezonatora atvērums.

4) Ievietojot mikroфона sensoru toņdakšas rezonatorā, var pētīt, kā mainās skaņas viļņa spiediens dažādās rezonatora vietās – tuvāk vai tālāk no rezonatora aizmugurējās sienas (skat. 3.23. att).

Šos demonstrējumus un pētnieciskos darbus ir iespējams izmantot fizikas kursā 10. klasē tematā „Mehāniskās svārstības un viļņi”, lai realizētu spēkā esošās vispārējās vidējās izglītības fizikas paraugprogrammā [78, 17. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus:

1. Lieto IT mehānisko svārstību kustības izpētē.
2. Grafiski attēlo un analizē mehānisko svārstību funkcionālās sakarības, arī izmantojot IT.
3. Aprēķina vai nosaka, izmantojot funkcionālas sakarības: mehānisko svārstību raksturlielumus, viļņa garumu un izplatīšanās ātrumu.





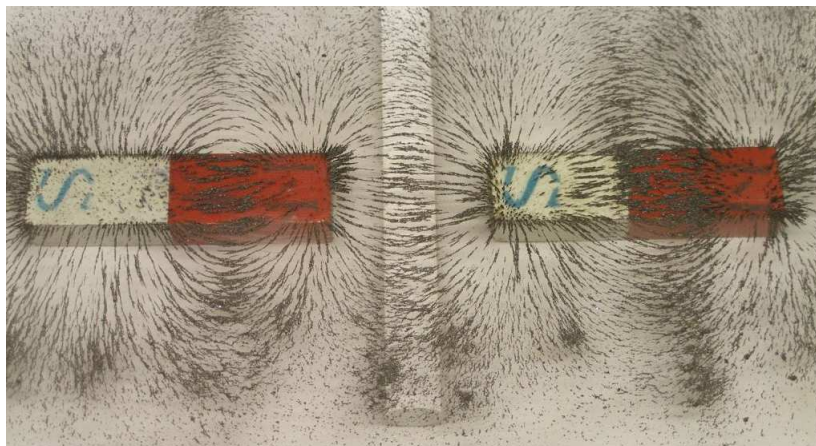
3.23. att. Skaņas viļņa spiediens rezonatora iekšpusē vidū (—) un pie aizmugurējās sienīgas (—).

Pamatskolas fizikas kursā, mācoties par mūzikas instrumentiem, var demonstrēt dažādu toņdakšu, kā arī ģitāras stīgu skanējuma frekvenci; kā skaņas skaļums ietekmē svārstību amplitūdu. Tādējādi, realizējot spēkā esošās pamatizglītības fizikas paraugprogrammā [41, 6. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus 8. klases tematā „Skaņa ikdienā”:

1. Izprot skaņas toņa augstuma saistību ar svārstību frekvenci un skaņas skaļuma atkarību no vides daļiņu svārstību amplitūdas.
2. Demonstrējumā ar skaņas sensoru salīdzina skaņas pēc toņa augstuma un skaļuma.
3. Plāno darba gaitu un veic eksperimentu par skaņas rašanos un to raksturojošiem lielumiem.

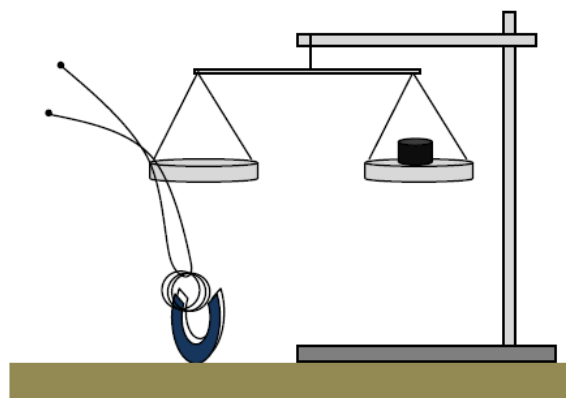
### 3.5.2. Spoles magnētiskā lauka demonstrējumi ar magnētiskā lauka sensoru

Lai attēlotu magnētiskā lauka indukcijas līnijas, fizikas mācību procesā tiek izmantots tradicionāls demonstrējums – stieņveida magnēta, pakavveida magnēta vai strāvas vada apkārtņē novieto kompas adata vai uzber dzelzs skaidiņas, kas magnetizējas un izveido skaidiņu ķēdītes, kuras nostājas gar magnētiskās indukcijas līnijām (skat. 3.24. att.). Arī mācību grāmatās tiek aprakstīts šis demonstrējums [46, 708. lpp.; 115, 228. lpp.].



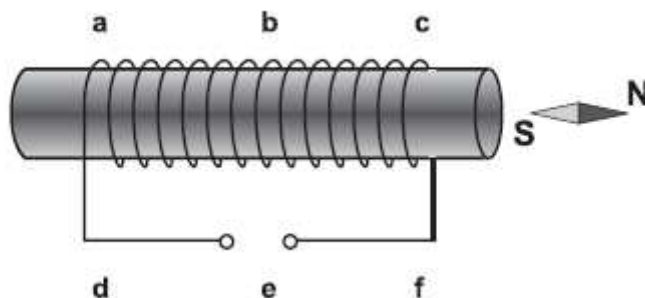
3.24. att. Magnētiskā lauka indukcijas līniju attēlojums ar dzelzs skaidiņām.

Mācību literatūrā [6, 143. lpp.; 115, 266. lpp.], ir pieejams darba apraksts, kā noteikt magnētiskā lauka indukciju ar klasiskām eksperimenta ierīcēm pakavveida magnētam. Statīvā nostiprina svarus, kuriem vienā svaru kausā novieto atsvaru, kas līdzsvaro otram svaru kausam piestiprināto vadu tinumu (skat. 3.25. att.). Vadu tinums karājas pakavveida magnēta atvērums iekšpusē. Pieslēdzot vadu tinumu elektriskajā ķēdē, sākot plūst strāvai, vadu tinums tiek ievilkts magnētā. Mainot elektriskajā ķēdē plūstošās strāvas stiprumu, katrā situācijā līdzsvarojošos svarus, nosaka smaguma spēku, kas ir vienāds ar Ampēra spēka lielumu un nosakot tinuma vadu aktīvo garumu, var aprēķināt magnētiskā lauka indukciju magnēta tuvumā. Izmantojot iegūtos datus, jānonāk pie secinājuma, kā magnētiskā lauka indukcija ir atkarīga no tinumā plūstošās strāvas stipruma.



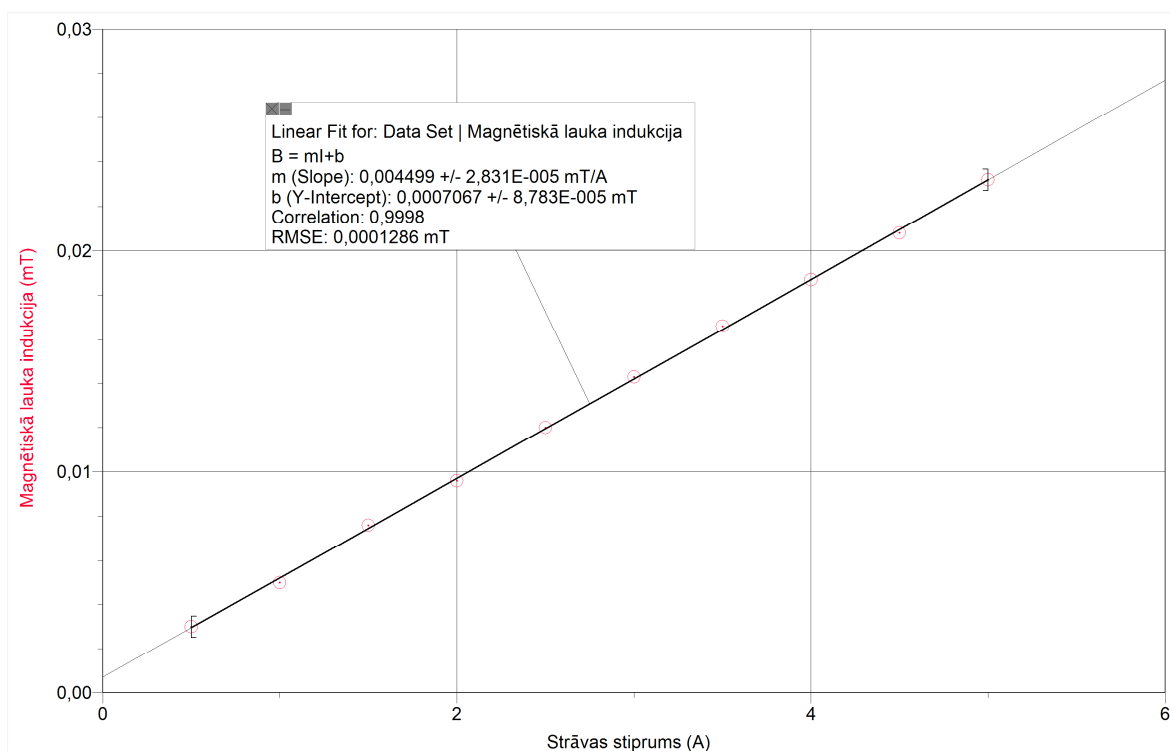
3.25. att. Demonstrējums magnētiskā lauka indukcijas noteikšanai.

Izmantojot magnētiskā lauka sensoru, uzreiz iegūst magnētiskā lauka indukcijas vērtības, līdz ar to var demonstrēt kā mainās magnētiskā lauka indukcija jebkura magnētiskā lauka avota – magnēta, strāvas vada, spoles apkārtņē. Zinot, ka ap strāvas vadu pastāv magnētiskais lauks, bet vairāku magnētiskā lauka avotu kopējo magnētiskā lauka indukciju veido atsevišķo avotu magnētisko lauku indukcijas summa, skolēni var salīdzinoši prognozēt, kur būs lielāka spoles magnētiskā lauka indukcija – spoles magnētiskā lauka polos, spoles tuvumā dažādos punktos (skat. 3.26. att.) vai tās iekšpusē, ja spolē plūst strāva. Pēc prognozes skolēns var praktiski izpētīt, kā mainās magnētiskā lauka indukcija spoles apkārtņē un pēc tam salīdzināt, vai iegūtie rezultāti sakrīt ar prognozi un noskaidrot atšķirību cēloņus.



3.26. att. Zīmējums magnētiskā lauka indukcijas lielumu salīdzinošai prognozei spoles apkārtņē

Mainot spolē plūstošās strāvas stiprumu, un ar magnētiskā lauka sensoru mērot indukcijas vērtību, var noteikt, kā magnētiskā lauka indukcija spolē mainās atkarībā no strāvas stipruma. Izmantojot mērījumos iegūtos datus, skolēni var izdarīt secinājumus, ka atkarība ir lineāra (3.27. att.). Pilnu darba aprakstu ar metodiskajiem komentāriem skatīt pielikumā Nr.2 DD 6.



3.27. att. Magnētiskā lauka indukcijas maiņa spolē atkarībā no strāvas stipruma spolē.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot šajā demonstrējumā magnētiskā lauka sensoru, datu uzkrājēju un atbilstošu datu apstrādes programmatūru? 1) Iegūst magnētiskā lauka indukcijas skaitliskās vērtības reālā laikā dažādos apstākļos. 2) Izmantojot magnētiskā lauka sensoru, var pētīt magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas atkarībā no vadā plūstošās strāvas stipruma gan strāvas vada apkārtņē, gan spoles tuvumā, gan spoles iekšienē. 3) Pamatskolas fizikas kursā var pētīt magnētiskā lauka avotus un izveidot magnētiskā lauka karti, t.i., magnētiskā lauka indukcijas sadalījumu telpā magnētiskā lauka avota apkārtņē, piemēram, kur portatīvajā datorā atrodas magnētiskā lauka avoti, kas tie ir.

Šos demonstrējumus un pētnieciskos darbus ir iespējams izmantot fizikas kursā 11. klasē tematā „Elektromagnētisms”, lai demonstrētu magnētiskā lauka raksturlielumu maiņas atkarību no dažādiem faktoriem.

### 3.5.3. Demonstrējumi ar magnēta svārstu

Daudzas fizikālas parādības un procesus var nodemonstrēt, izmantojot vienkāršas – pašgatavotas ierīces. Šādas ierīces rada iespēju uzskatāmi demonstrēt fizikālos procesus un to raksturlielumu maiņu, piedāvājot arī vērotājam pašam gūt nepastarpinātu pieredzi, veicot eksperimentu. Šādas ierīces metodiskajā literatūrā sauc par ierīcēm, kas neizmaksā daudz (low cost devices), jo tās var izgatavot no sadzīvē pieejamiem materiāliem.

Ar vienu un to pašu ierīci var demonstrēt vairākus eksperimentus, kuri ilustrē dažādus fizikālos procesus. Lai iegūtu šo procesu raksturlielumu maiņas uzskatāmu attēlojumu, demonstrējumā izmanto sensorus. Aplūkosim vienkāršu magnēta svārstu, kas izgatavots no sadzīvē pieejamiem materiāliem. Uz koka pamatnes nostiprina nemagnētiska materiāla tapiņas un statīvu kā redzams 3.28. attēlā. Statīvā iestiprina neelastīgu diegu, kurā iesien cilindriskas formas magnētu. Jāņem vērā, ka magnēts diegā jāiesien tā, lai magnēts atrastos horizontāli attiecībā pret koka pamatni.



3.28. att. Cilindriska magnēta svārsts.

Ar šo vienkāršo ierīci un papildus piederumiem: kompasu, vara vadu, 1,5 V galvanisko elementu, patstāvīgo magnētu, alumīnija foliju un magnētiskā lauka sensoru – var veikt virkni demonstrējumu pamatskolas, vidusskolas un augstskolas fizikas kursā:

- nodemonstrēt kompasas darbības principu un noteikt svārsta magnēta polus (skat. pielikumu Nr. 5);
- nodemonstrēt Ersteda eksperimentu, kā arī aprēķināt strāvas stiprumu vadā un strāvas radītā magnētiskā lauka indukciju šī eksperimenta laikā (skat. pielikumu Nr. 5);

- nodemonstrēt rimstošas svārstības Zemes magnētiskajā laukā un noteikt svārstību periodu;
- nodemonstrēt un noteikt kā mainās svārstības papildus magnēta magnētiskajā laukā, ja maina magnētiskā lauka avota attālumu līdz svārstam;
- nodemonstrēt svārstību rimšanu, kuras cēlonis ir virpuļstrāvas alumīnija folijā, kā arī noteikt relatīvos enerģijas zudumus svārstību perioda laikā atkarībā no folijas plākšņu biezuma un svārstību perioda.

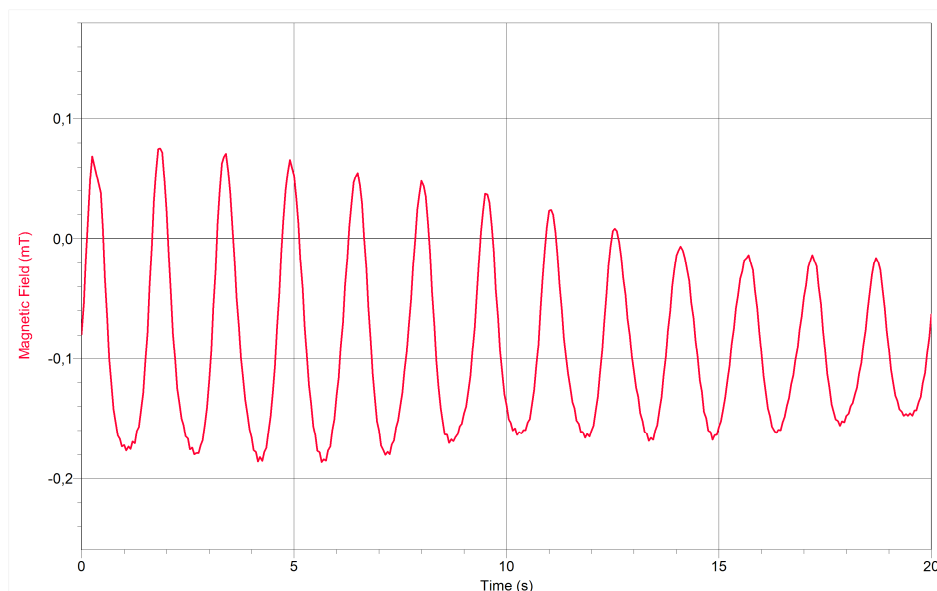
Veicot demonstrējumus, jānodrošina, lai tuvuma nebūtu citu magnētu vai lielu dzelzs priekšmetu, kas varētu ietekmēt magnēta svārsta kustību. Tālāk sīkāk apskatīsim tos eksperimentus, kuru realizēšanā, izmanto magnētiskā lauka sensoru un veic datu apstrādi gan vidusskolas fizikas kursa, gan augstskolas fizikas kursa līmenī bakalaura studijās.

### 3.5.3.1. Rimstošas svārstības Zemes magnētiskajā laukā

Izmantojot magnēta svārstu, iespējams novērot magnēta svārstības Zemes magnētiskajā laukā (ZML), demonstrēt rimstošas svārstības. Svārstību grafisko attēlojumu iegūst ar magnētiskā lauka sensoru un atbilstošu programmatūru. Šim demonstrējumam nepieciešamie darba piederumi: magnēta svārsts, magnētiskā lauka sensors. Mācību literatūrā šāda darba apraksts netiek piedāvāts.

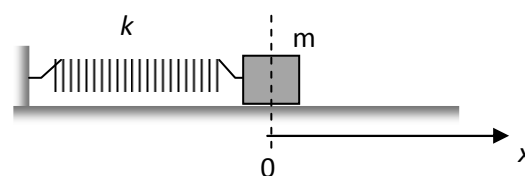
Magnēta svārstu novieto uz horizontālas virsmas un nogaida līdz svārsta magnēts nostājas miera stāvoklī. Svārsta magnēta augstumā perpendikulāri magnēta galam novieto magnētiskā lauka sensoru apmēram 1 – 3 cm attālumā no magnēta. Magnēta svārstu nedaudz atvirza horizontāli pulksteņa rādītāja kustības vai tai pretējā virzienā no līdzsvara stāvokļa, palaiž vaļā un uzsāk datu reģistrēšanu sensora programmatūrā. Var novērot, ka magnēta svārstības vienmēr notiek ap vienu un to pašu virzienu neatkarīgi no tā kā tiek orientēta svārsta pamatne. Magnētiskā lauka sensors reģistrē magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas svārstību laikā punktā, kurā atrodas magnētiskā lauka sensors (skat. 3.29. att.). Skolēniem vērojot svārstības, jāatbild uz jautājumiem: 1. Ap kādu virzienu vienmēr svārstās svārsta magnēts, ja to nedaudz atvirza no līdzsvara stāvokļa? 2. Kāds spēks svārstībās darbojas kā atgriežjspēks? 3. Cik liels ir novēroto svārstību periods?

Svārsta magnēts līdzsvara stāvoklī vienmēr nostājas Z – D virzienā, tas darbojas kā kompass. Ja magnētu nedaudz atvirza no līdzsvara stāvokļa, tas svārstās ap Z – D virzienu, tādējādi var secināt, ka atgriežjspēks svārstībās ir Zemes magnētiskā lauka spēks. Izmantojot grafiku, nosaka svārstību periodu:  $T_{exp} = 1.52$  s.



3.29. att. Magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas magnēta svārstību laikā Zemes magnētiskajā laukā.

Fizikas bakalaura studiju kursa studenti papildus var pārbaudīt un iegūt svārstību perioda skaitlisko vērtību analītiski. Apskatīsim kā atsperes svārstā (skat. 3.30. att.) svārstību gadījumā iegūst svārstību perioda formulu, lai pēc analogijas iegūtu magnēta svārstā svārstību perioda formulu.



3.30. att. Atsperes svārstis.

Mainīga spēka  $F$  darbības rezultātā atsperes svārstā atsvars, kura masa ir  $m$ , veic harmoniskas svārstības ar noteiktu paātrinājumu

$$F = m\ddot{x} \quad (3.6)$$

Paātrinājums harmoniskā svārstību kustībā

$$a = \ddot{x} = -\omega^2 x \quad (3.7)$$

un periods

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad (3.8)$$

Atsperes svārstā gadījumā

$$-kx = m\ddot{x} \text{ un } \ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (3.9)$$

Ņemot vērā izteiksmes (3.7), (3.8) un (3.9), iegūst, ka atsperes svārstā svārstību periods ir atkarīgs no atsperes svārstā masas  $m$  un atsperes stinguma koeficienta  $k$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (3.10)$$

Magnēta svārsta griezes moments  $\tau$

$$\tau = I \frac{d\omega}{dt} \quad (3.11)$$

kur  $I$  – magnēta inerces moments un  $d\omega/dt$  – leņķiskais paātrinājums. Cilindra inerces moments

$$I = m \left[ \frac{l^2}{12} + \frac{r^2}{4} \right] \quad (3.12)$$

kur  $m$  – cilindra masa,  $l$  – cilindra garums,  $r$  – cilindra rādiuss. Ņemot vērā magnēta izmērus  $l = 34.0$  mm,  $d = 10.0$  mm un masu  $m = 19.4$  g, pēc formulas (3.12) aprēķina magnēta inerces momentu  $I \approx 1.990 \cdot 10^{-6}$  kgm<sup>2</sup>.

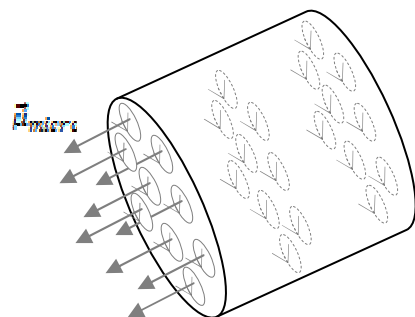
Ja svārstības ir nelielas, tad  $\tau = \mu B \alpha$ , kur  $\mu$  – magnētiskā dipola moments,  $B$  – magnētiskā lauka indukcija,  $\alpha$  – leņķiskā koordināta. Pēc analogijas ar atsperes svārsta svārstību vienādojumiem, iegūst magnēta svārsta perioda formulu.

$$-\mu B \alpha = I \frac{d\omega}{dt} \quad \text{vai} \quad -\mu B \alpha = I \ddot{\alpha} \quad (3.13)$$

$$\ddot{\alpha} + \frac{\mu B}{I} \alpha = 0 \quad (3.14)$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\mu B}} \quad (3.15)$$

Lai aprēķinātu magnēta svārsta perioda skaitlisko vērtību, vispirms ir jānoskaidro magnēta magnētiskā dipola momenta skaitliskā vērtība. Vielu veidojošiem atomiem vai arī brīvajiem elektroniem metālos piemīt magnētiskais moments, kas atbilst nelielai riņķveida mikroskopiskai strāvai, kas ir saistīta ar atomu vai elektronu. Pastāvīgie magnēti ir izgatavoti no feromagnētiskiem materiāliem. Feromagnētiskajos materiālos istabas temperatūrā mikrostrāvu magnētiskie dipola momenti spontāni orientējas visi vienā virzienā, līdz ar to pastāvīgo magnētu var izskatīt par homogēnu sistēmu ar vienādi orientētiem mikrostrāvu dipola momentiem. Ja pastāvīgo magnētu ievieto papildus magnēta magnētiskajā laukā, tas rada griezes momentu  $\tau$  uz katras riņķveida mikrostrāvas magnētisko dipola momentu



3.31. att. Mikrostrāvu dipola momenti magnētā.

$\mu_{\text{micro}}$ .

$$\vec{\tau} = \sum \vec{\tau}_{\text{micro}} = \sum |\vec{\mu}_{\text{micro}} \times \vec{B}| = |(\vec{\mu}_{\text{micro}}) \times \vec{B}| = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad (3.16)$$

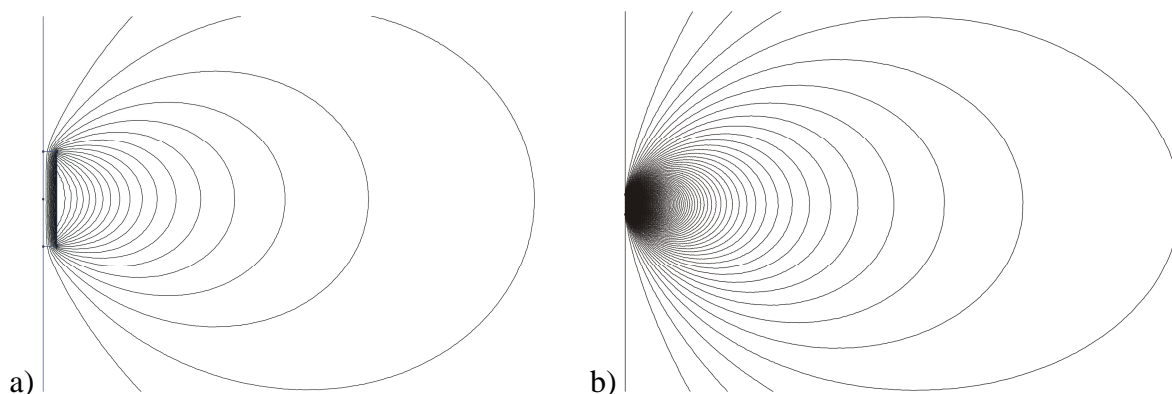
kur pastāvīgā magnēta dipola moments

$$\vec{\mu} = \sum \vec{\mu}_{micro} \quad (3.17)$$

Vielas magnetizācijas pakāpi kvantitatīvi raksturo ar magnetizācijas vektoru, kas raksturo katras tilpuma  $V$  vienības magnētisko momentu.

$$\vec{M} = \frac{\vec{\mu}}{V} \quad (3.18)$$

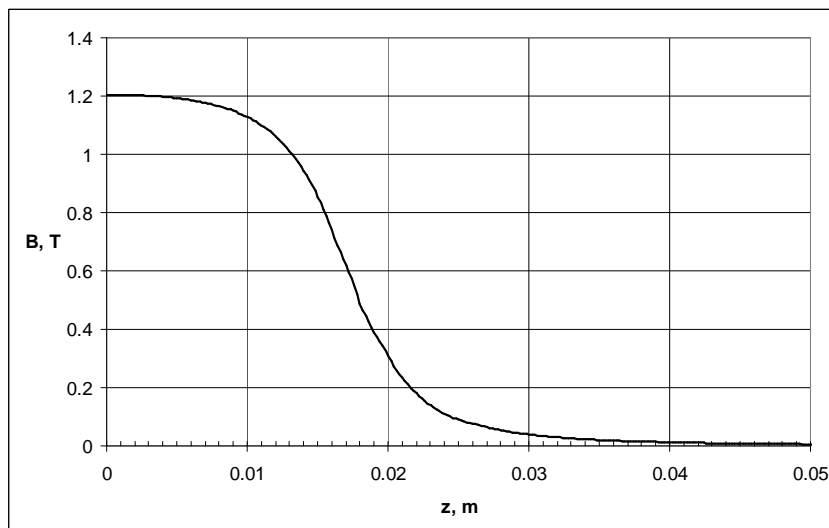
Cilindriskais magnēts ne tikai jūt ārējo magnētisko lauku, bet rada arī pats savu magnētisko lauku. Lai aprēķinātu šo lauku, ērtāk izmantot skaitliskās metodes, piemēram, brīvi pieejamo programmatūru FEMM 4.2., aprēķinos pieņemot, ka  $M = 10^6$  A/m. 3.32. attēlā ir redzams aprēķinātais magnētiskā lauka sadalījums simetriski attiecībā pret demonstrējumā izmantotā cilindriskā magnēta asi – magnēta tiešā tuvumā (a) un tālākā apkārtņē (b).



3.32. att. Cilindriskā magnēta radītā magnētiskā lauka indukcijas līnijas magnēta tiešā tuvumā (a) un tālākā apkārtņē (b).

Attēlā 3.33. ir redzams skaitliski aprēķināts cilindriskā magnēta magnētiskā lauka indukcijas sadalījums gar magnēta simetrijas asi ar izvēlēto magnetizācijas vērtību  $M = 10^6$  A/m. Koordināta  $z = 0$  atbilst magnēta centram, savukārt, koordināta  $z = 0.017$  m atbilst magnēta gala koordinātei. Iegūto magnētiskā lauka sadalījumu izmanto, lai noteiktu demonstrējumā izmantotā pastāvīgā cilindriskā magnēta magnetizācijas vektoru. Ar magnētiskā lauka sensoru izmērot magnētiskā lauka indukcijas vērtību 1 cm attālumā no magnēta gala ( $z = 0.027$  m), iegūst  $B_{exp} = 53$  mT. Magnētiskā lauka indukcijas skaitliskais aprēķins ar pieņemto magnetizācijas vērtību  $M = 10^6$  A/m, dod rezultātu  $B_{apr} = 64.3$  mT.





3.33. att. Skaitliski aprēķinātais magnētiskā lauka indukcijas sadalījums gar cilindriskā magnēta simetrijas asi ar izvēlēto magnetizācijas vektora vērtību.

Tā kā starp magnetizācijas vektoru un atbilstošo magnētiskā lauka indukciju pastāv lineāra saistība, tad cilindriskā magnēta patieso magnetizācijas vektora vērtību var aprēķināt izmantojot sakarību

$$M_{\text{exp}} = M_{\text{apr}} \frac{B_{\text{exp}}}{B_{\text{apr}}} \quad (3.19)$$

Nemot vērā aprēķinātās un eksperimentāli noteiktās vērtības  $B_{\text{exp}}$ ,  $B_{\text{apr}}$  un  $M_{\text{apr}}$ , un izmantojot vienādojumu (3.19), iegūst, ka eksperimentā izmantotā cilindriskā magnēta magnetizācijas vektora vērtība  $M_{\text{exp}} \approx 0.824 \cdot 10^6$  A/m. Zinot cilindriskā magnēta izmērus, var aprēķināt magnēta tilpumu  $V = 2.67 \cdot 10^{-6}$  m<sup>3</sup>, kā arī, izmantojot sakarību (3.18), aprēķināt magnēta magnētiskā dipola momenta vērtību  $\mu \approx 2.20$  Am<sup>2</sup>.

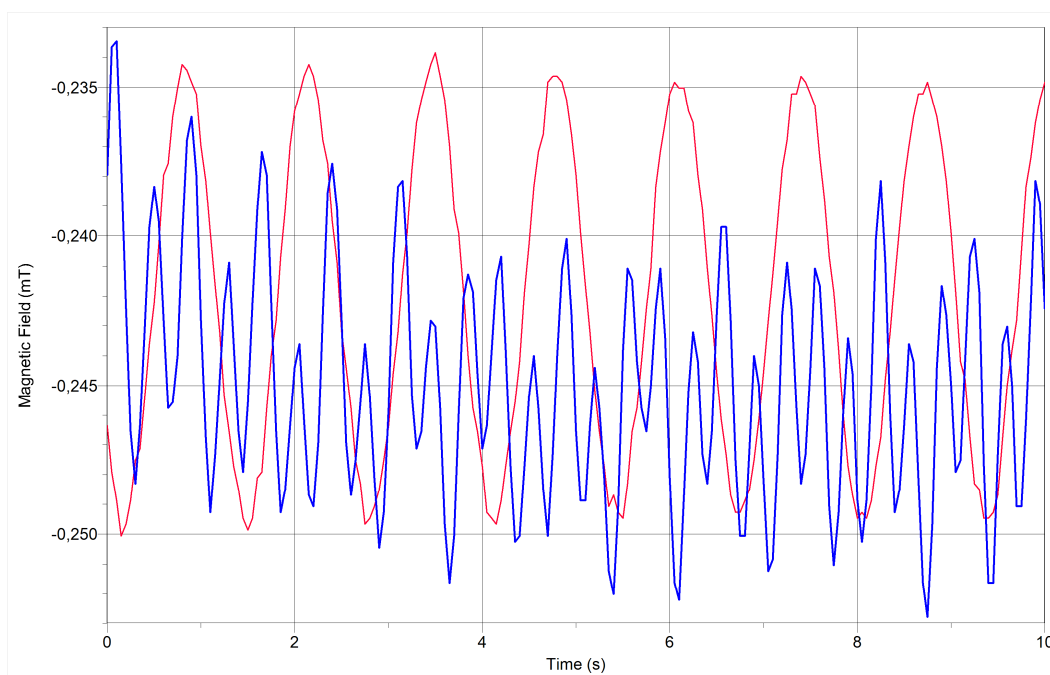
Tādējādi, zinot magnēta magnētiskā dipola momenta vērtību  $\mu$ , magnēta inerces momentu  $I$ , Zemes magnētiskā lauka indukcijas vērtību, izmantojot sakarību (3.15), aprēķina magnēta svārsta svārstību perioda vērtību  $T_{\text{apr}} = 1.49$  s. Kā redzams analītiski aprēķinātā perioda vērtība un no grafika 3.29. attēla noteiktā eksperimentāli iegūtā perioda vērtības sakrīt  $T_{\text{exp}} = 1.52$  s.

### 3.5.3.2. Svārstības papildus magnēta magnētiskajā laukā

Izmantojot magnēta svārstu, iespējams novērot magnēta svārstības papildus magnēta magnētiskajā laukā. Svārstību grafisko attēlojumu iegūst ar magnētiskā lauka sensoru un atbilstošo programmatūru. Šim demonstrējumam nepieciešamie darba piederumi: magnēta svārsts, magnētiskā lauka sensors un pastāvīgais magnēts. Mācību literatūrā šāda darba apraksts netiek piedāvāts.

Svārsta magnētam tuvina spēcīgu pastāvīgu magnētu Z – D virzienā un novēro kā mainās svārstību frekvence. Skolēniem vērojot svārstības, jāatbild uz jautājumiem: 1. Kas notiek, ja svārsta magnētam tuvinās spēcīgu pastāvīgu magnētu? 2. Kas mainīsies, ja svārstību laikā pastāvīgo magnētu pagriezīs par  $180^\circ$  ap savu asi? Kāpēc?

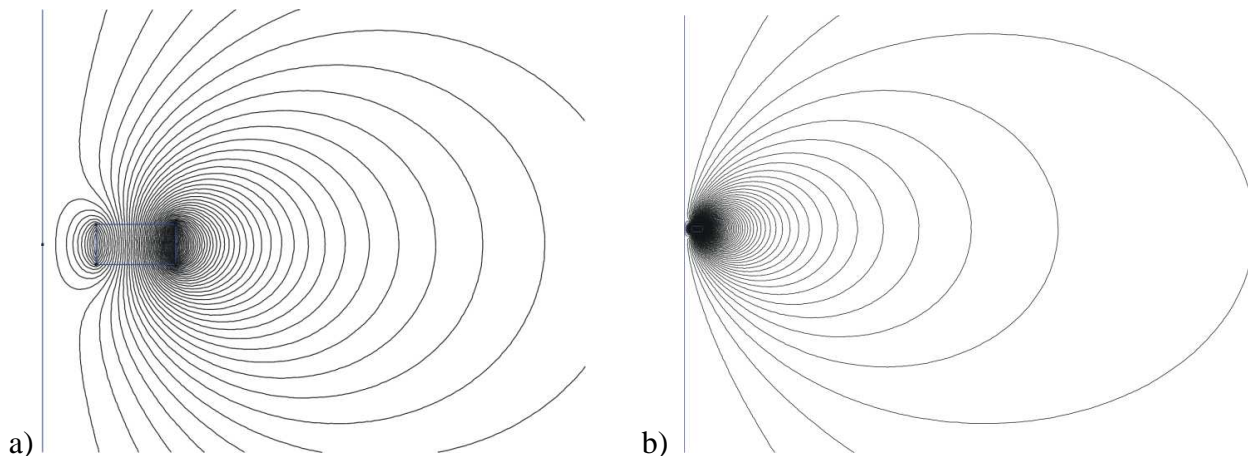
Ja svārsta magnētam tuvina spēcīgu pastāvīgu magnētu ziemeļu dienvidu virzienā, tad var novērot, ka svārsta svārstību frekvence mainās. Ar svārsta tuvumā novietoto magnētiskā lauka sensoru, minētās svārstību kustības izmaiņas attēlo grafiski (skat. 3.34. att.), kurā redzams, ka pastāvīgā magnēta magnētiskajā laukā svārstību frekvence palielinās. Ja pastāvīgo magnētu pagriež par  $180^\circ$  ap savu asi, tad arī svārsta magnēts apgriezīsies par  $180^\circ$  ap savu asi un turpinās svārstības, jo magnēta pretēji poli pievelkas.



3.34. att. Magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas magnēta svārstību laikā Zemes magnētiskajā laukā (—) un pastāvīgā magnēta magnētiskajā laukā (—).

Fizikas bakalaura studiju kursa studenti papildus var pārbaudīt kā mainās magnētiskā lauka indukcija atkarībā no attāluma līdz magnētiskā lauka avotam. Eksperimentā kā papildus pastāvīgo magnētu var izmantot skaļruņa magnētu, kuram ir gredzena forma.

Skaļruņa magnēta magnētiskā lauka indukcijas līniju sadalījumu magnēta tiešā tuvumā un tālākā apkārtnē, aprēķina, izmantojot brīvpieejas programmatūru FEMM 4.2. 3.35. attēlā ir redzams aprēķinātais magnētiskā lauka sadalījums simetriski attiecībā pret eksperimentā izmantotā skaļruņa magnēta asi – magnēta tiešā tuvumā (a) un tālākā apkārtnē (b). Kā redzams skaļruņa magnēta magnētiskais lauku tālākā apkārtnē no magnēta ir tāds pats, kā dipola magnēta magnētiskais lauks, līdz ar to skaļruņa magnētu var izmantot, lai pārbaudītu, kā mainās magnētiskā lauka indukcija atkarībā no attāluma līdz magnētiskā lauka avotam.

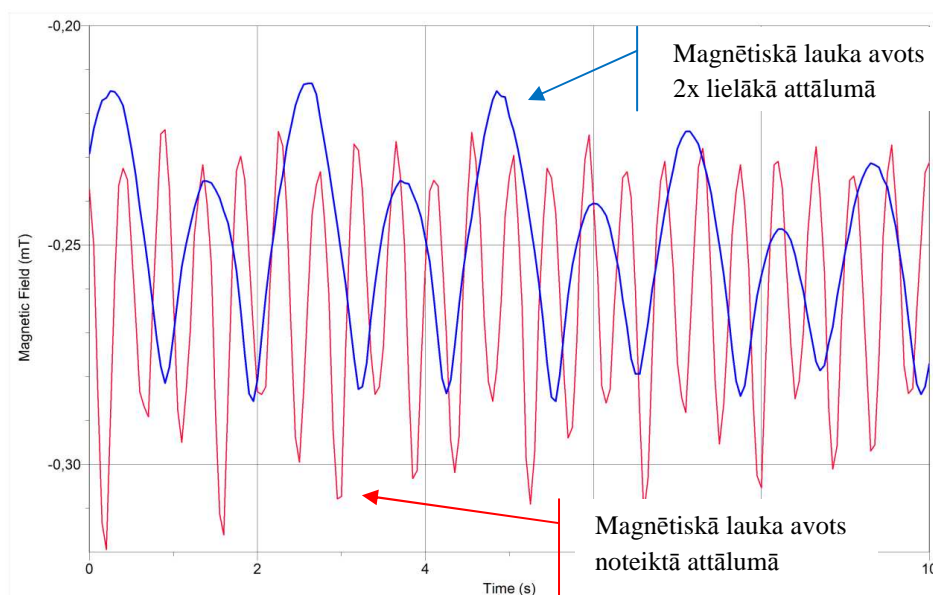


3.35. att. Skaļruņa magnēta radītā magnētiskā lauka indukcijas līnijas magnēta tiešā tuvumā (a) un tālākā apkārtņē (b).

Fizikas kursā ir zināms, ka dipola magnēta magnētiskā lauka indukcija  $B$  samazinās atkarībā no attāluma  $x$  līdz magnētiskā lauka avotam apgriezti proporcionāli attāluma kubam:

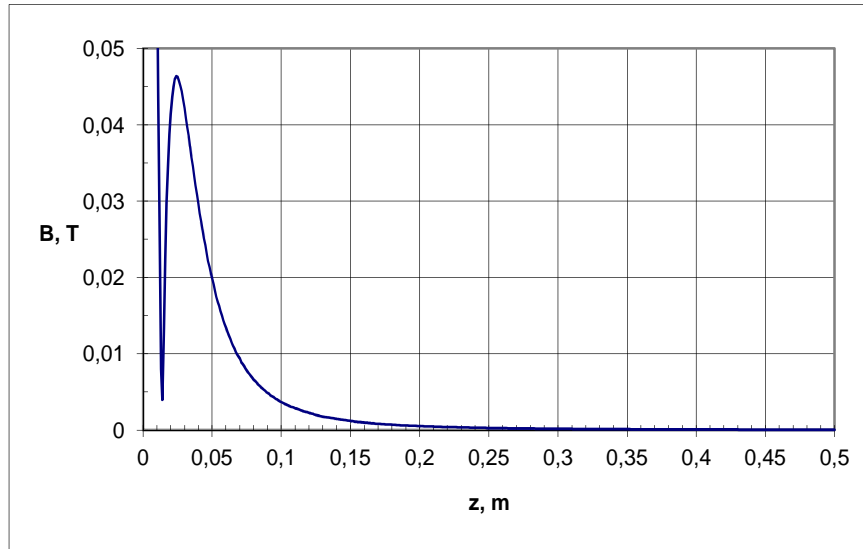
$$B \approx \frac{\mu_0 \mu}{2\pi x^3} \quad (3.20)$$

Šo sakarību var pārbaudīt eksperimentāli, izmantojot magnēta svārsta svārstības un to grafisko attēlojumu. Izmantojot sakarības (3.20) un (3.15), var noteikt kā magnētiskā lauka indukcija ir saistīta ar magnēta svārsta svārstību periodu. Ja magnētiskā lauka avotu attālina no magnēta svārsta divas reizes, tad saskaņā ar sakarību (3.20), magnētiskā lauka indukcija magnēta svārsta tuvumā samazinās astoņas reizes, tādējādi saskaņā ar sakarību (3.15) svārstību periodam jāpalielinās aptuveni trīs reizes. Šos secinājumus var pārbaudīt eksperimentāli (skat. 3.36. att.).



3.36. att. Grafiks magnēta svārsta svārstību perioda noteikšanai atkarībā no magnētiskā lauka avota attāluma līdz svārstam.

Attēlā 3.37. ir redzams skaitliski aprēķināts skaļruņa magnēta magnētiskā lauka indukcijas sadalījums gar magnēta simetrijas asi ar izvēlēto magnetizācijas vērtību  $M = 10^6$  A/m.



3.37. att. Skaitliski aprēķinātais magnētiskā lauka indukcijas sadalījums gar skaļruņa magnēta simetrijas asi ar izvēlēto magnetizācijas vektora vērtību.

Eksperimenta laikā skaļruņa magnētu novieto noteiktā attālumā no magnēta svārsta, tā lai abu magnētu ass  $Z - D$  virzienā sakristu, magnēta svārstu nedaudz iesvārsta ap līdzsvara stāvokli un ar magnētiskā lauka sensoru iegūst svārstību kustības grafisko attēlojumu, no kura nosaka svārstību periodu. Pēc tam skaļruņa magnētu novieto divas reizes lielākā attālumā no svārsta magnēta, eksperimentu atkārtu un iegūst svārstību periodu šajā gadījumā.

Realizētajā eksperimentā izvēlētie magnētiskā lauka avota attālumi līdz magnēta svārstam bija 15 cm un 30 cm un no grafika (3.36. att.) nolasītās perioda vērtības atbilstoši:  $T_{15cm} = 0.3$  s un  $T_{30cm} = 0.75$  s. Ja magnētiskā lauka avota attālums no svārsta palielinās divas reizes, svārsta svārstību periods palielinās aptuveni trīs reizes:  $T_{30cm}/T_{15cm} = 2.5$ . Ņemot vērā, ka papildus skaļruņa magnētam darbojas arī Zemes magnētiskais lauks, tad, izmantojot magnēta svārsta perioda formulu (3.15),

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{\mu(B_{ZML} + B)}} \quad (3.21)$$

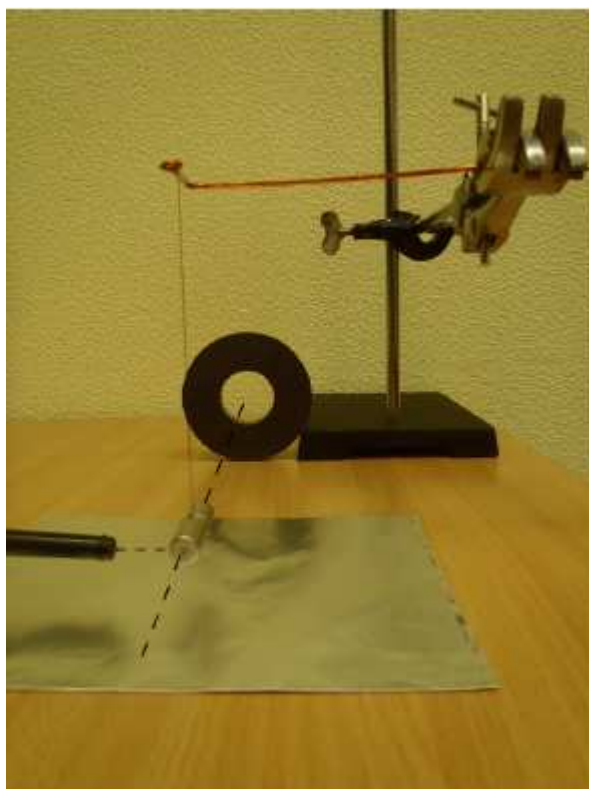
var aprēķināt magnētiskā lauka avota radīto magnētisko indukciju noteiktā attālumā no magnētiskā lauka avota:

$$B = \frac{4\pi I}{\mu T^2} - B_{ZML} \quad (3.22)$$

Aprēķinot magnētiskā lauka indukcijas vērtību divos punktos: 15 cm un 30 cm attālumā no magnētiskā lauka avota, iegūst  $B_{30cm} \approx 4.74 \cdot 10^{-5}$  T un  $B_{15cm} \approx 38.04 \cdot 10^{-5}$  T. Tātad, ja attālums no magnētiskā lauka avota palielinās divas reizes, tad magnētiskā lauka indukcija samazinās astoņas reizes:  $B_{15cm}/B_{30cm} \approx 8.03$ . Kā redzam, teorija sakrīt ar praksi.

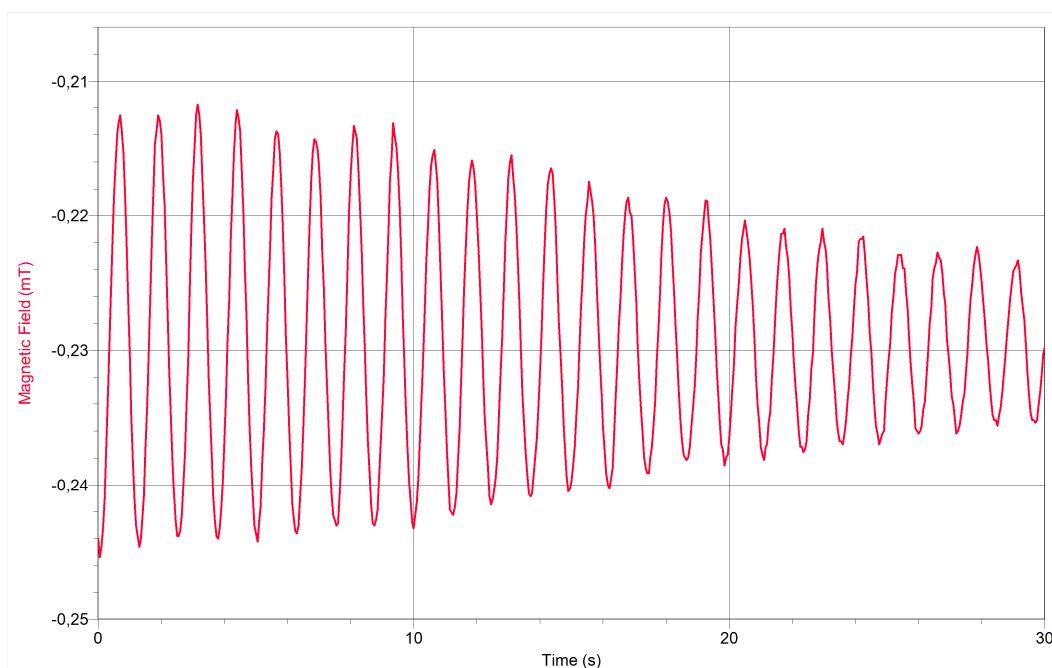
### 3.5.3.3. Svārstību rimšana virpuļstrāvu ietekmē

Izmantojot magnēta svārstu, iespējams nodemonstrēt magnēta svārstību rimšanu virpuļstrāvu dēļ, kas rodas alumīnija folijā, kuru novieto zem magnēta svārstu laikā. Svārstību grafisko attēlojumu iegūst ar magnētiskā lauka sensoru un atbilstošu programmatūru. Izmantojot no grafika iegūstamos datus var noteikt relatīvos enerģijas zudumus svārstību laikā atkarībā no alumīnija folijas biezuma un atkarībā no svārstību perioda. Šim demonstrējumam nepieciešami darba piederumi: magnēta svārstis, magnētiskā lauka sensors, pastāvīgais magnēts un alumīnija folija (skat. 3.38. att.). Mācību literatūrā šāda darba apraksts netiek piedāvāts.



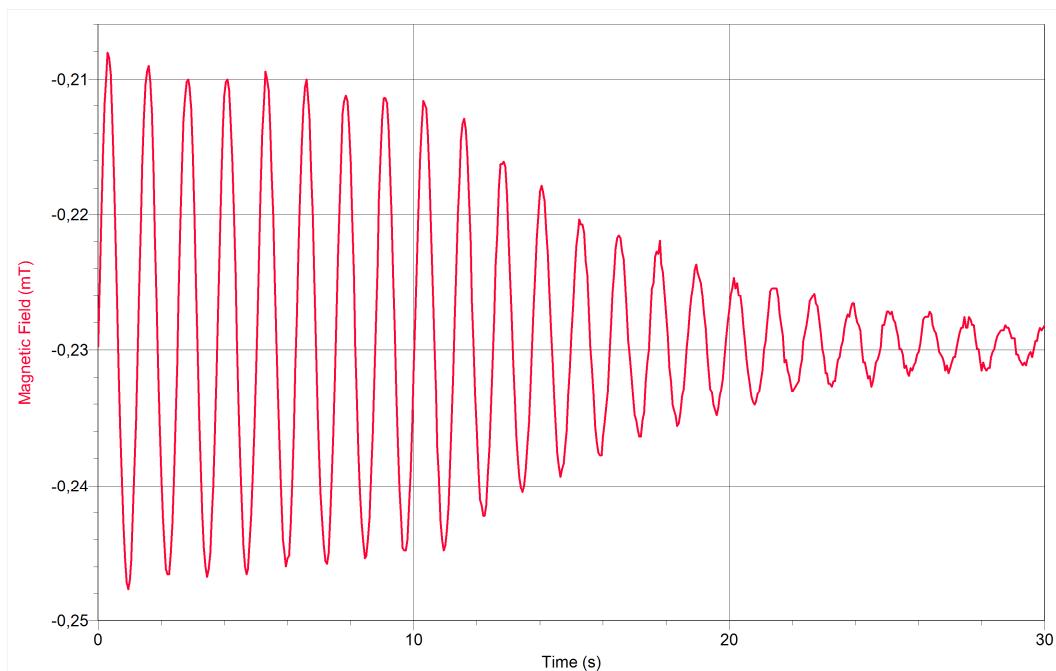
3.38. att. Eksperimenta ierīce svārstību rimšanas pētīšanai virpuļstrāvu dēļ.

Magnēta svārstu nedaudz atvīzot horizontāli no līdzsvara stāvokļa un palaižot vaļā var novērot, ka magnēta svārstības vienmēr notiek ap vienu un to pašu virzienu neatkarīgi no tā kā tiek orientēta svārstu pamatne un, ja nekas tās netraucē, tad svārstības ilgst līdz pat 10 – 20 minūtēm. Ja svārstības notiek Zemes magnētiskajā laukā un zem magnēta svārstu novieto alumīnija folijas loksnes, tad var novērot, ka svārstības norimst strauji.



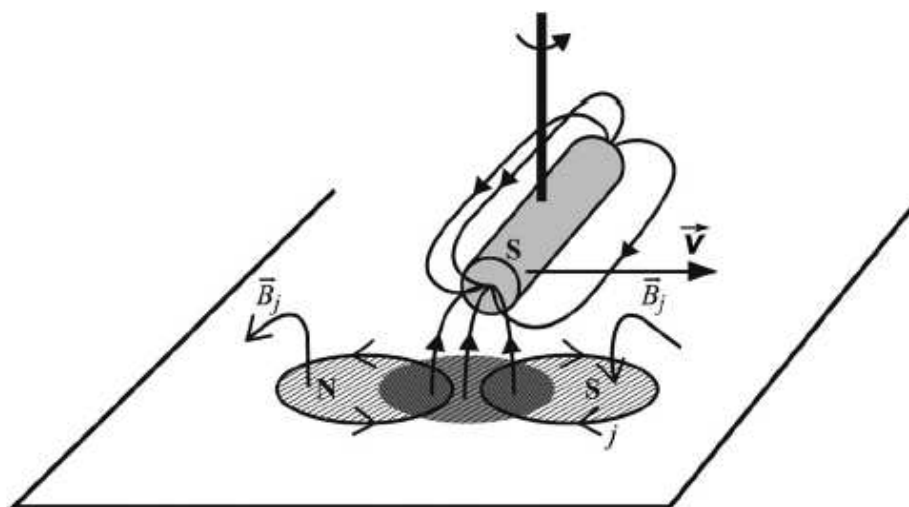
3.39. att. Svārstību rimšana ZML ar 4 folijas kārtām zem magnēta svārstu.

Jo alumīnija folijas biezums ir lielāks, jo svārstības norimst straujāk (skat. 3.39. att. un 3.40. att.).



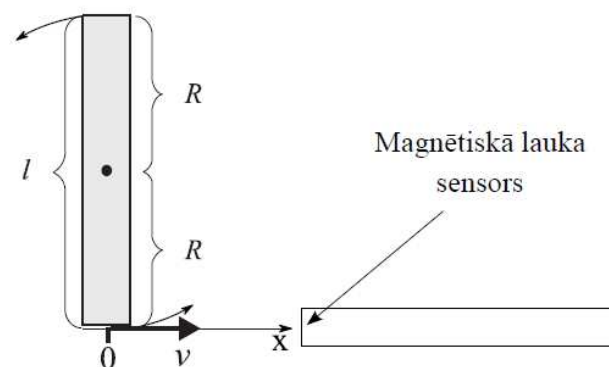
3.40. att. Svārstību rimšana ZML ar 16 folijas kārtām zem magnēta svārsta.

Virpuļstrāvu rašanos alumīnija folijā magnēta svārsta svārstību laikā var izskaidrot vienkārši. Ja magnēta svārsta dienvidpols kustās pa labi (skat. 3.41. att), tad magnētiskā plūsma caur alumīnija foliju palielinās labajā pusē no magnēta pola. Šī mainīgā augošā magnētiskā plūsma inducē alumīnija folijā virpuļstrāvas  $\vec{j}$  pulksteņrādītāja virzienā saskaņā ar Lenca likumu. Tādējādi šīs virpuļstrāvas var uzskatīt par magnētiskā lauka  $\vec{B}_j$  avotu, kura magnētiskais dienvidpols ir vērsts augšup. Atbilstoša situācija novērojama arī pie svārsta magnēta ziemeļpola. Tā kā divi vienādi magnētiskie poli atgrūžas, tad aplūkotā magnēta svārsta pola kustība tiek palēnināta un var novērot, ka svārstības rimst.



3.41. att. Virpuļstrāvu rašanās alumīnija folijas loksne.

Izmantojot iegūtos datus, var eksperimentāli noteikt relatīvo svārstību enerģijas zudumu perioda laikā. Lai aprakstītu magnēta pola atrašanās vietu noteiktā laika momentā, ievieš koordināti  $x$ . Ja magnēts atrodas līdzsvara stāvoklī, tad  $x = 0$  (skat. 3.42. att.). Tā kā svārstību laikā magnētiskā lauka indukcijas vērtības mainās atbilstoši magnēta pola koordinātas



3.42. att. Skats no augšas: magnēta svārsta un magnētiskā lauka sensora savstarpējais novietojums.

izmaiņām, iegūtos grafikus (skat. 3.39. att. un 3.40. att.), var izmantot relatīvo svārstību enerģijas zudumu noteikšanai. Svārstību laikā svārsta mehāniskā enerģija nepārtraukti pāriet no potenciālās enerģijas kinētiskajā un atpakaļ. Pilnā mehāniskā enerģija  $W$  ir vienāda ar maksimālo kinētisko enerģiju  $K_{max}$ , brīdī, kad magnēta svārsta pola koordināta  $x = 0$  vai maksimālo potenciālo enerģiju brīdī, kad magnēta svārsta pols ir maksimāli novirzījies no līdzsvara stāvokļa, t.i., tā koordināta ir vienāda ar amplitūdu  $x = A_x$ . Tā kā potenciālā enerģija svārstību kustībā ir proporcionāla amplitūdas kvadrātam un magnētiskā lauka indukcijas vērtība svārstību laikā mainās lineāri magnēta pola koordinātai, tad pilnā svārstību mehāniskā enerģija ir proporcionāla magnētiskā lauka indukcijas vērtību maiņas amplitūdas kvadrātam:  $W \sim A^2$ . Tādējādi, secīgiem svārstību periodiem  $i$  un  $i + 1$  ir spēkā sakarība:

$$\frac{W_{i+1}}{W_i} = \frac{W_i - \Delta W_{i+1,j}}{W_i} = 1 - \xi = \left( \frac{A_{i+1}}{A_i} \right)^2 \quad (3.23)$$

kur  $\xi$  – relatīvais svārstību enerģijas zudums perioda laikā. Lai saistītu svārstību periodus 1 un  $N$ , kas neseko viens otram, ņemot vērā vienādojumu (3.23), varam izteikt

$$\frac{W_N}{W_1} = \frac{W_2}{W_1} \cdot \frac{W_3}{W_2} \dots \frac{W_{N-1}}{W_{N-2}} \cdot \frac{W_N}{W_{N-1}} \quad (3.24)$$

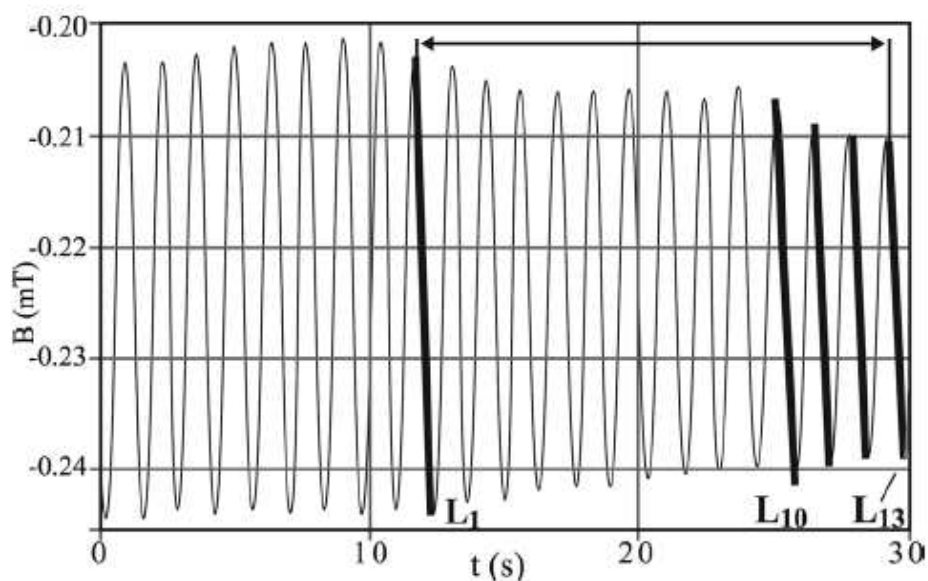
tādējādi iegūstot sakarību, kas saista relatīvo svārstību enerģijas zudumu perioda laikā ar svārstību amplitūdu

$$(1 - \xi)^{N-1} = \frac{A_N^2}{A_1^2} \quad (3.25)$$

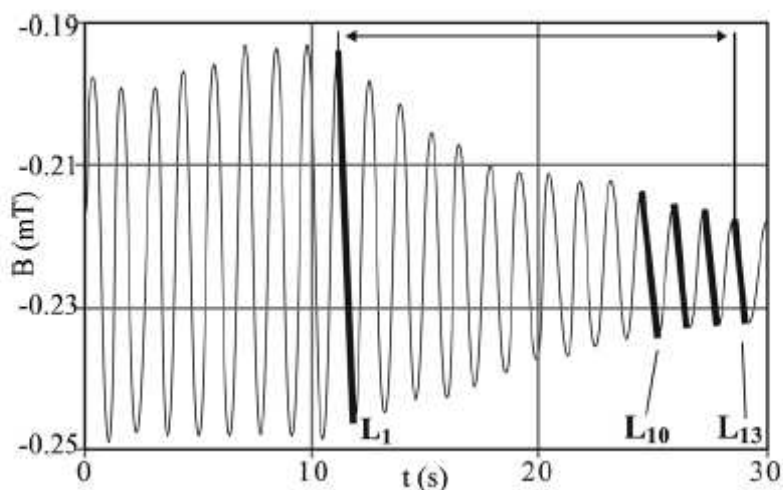
Tādējādi var noteikt  $\xi$  ar lielāku precizitāti, jo starpība starp amplitūdas vērtībām  $A_N$  un  $A_1$  ir lielāka, jo lielāks ir  $N$ . No izteiksmes (3.25) seko, ka relatīvais svārstību enerģijas zudums perioda laikā ir nosakāms, nolasot iegūtajos grafikos amplitūdas vērtības

$$\xi = 1 - \left( \frac{A_N}{A_1} \right)^{2/(N-1)} \quad (3.26)$$

Uzsākot eksperimentu, magnēta svārstu nedaudz atvirza no līdzsvara stāvokļa, ļauj tam svārstīties ZML, ieslēdz sensora programmatūru datu reģistrēšanas režīmā un apmēram 10 sekundes pēc svārstību sākuma zem magnēta svārsta novieto alumīnija folijas loksnes. Eksperimentā izmantota cepamā alumīnija folijas loksne, kuras biezums  $b_0 = 0.0125$  mm un laukums  $15 \times 16$  cm<sup>2</sup>. Eksperimentu atkārtu, mainot alumīnija lokšņu skaitu  $N = 4, 8, 16$ , tādējādi arī alumīnija biezumu, un novēro svārstību rimšanu virpuļstrāvu dēļ, kas rodas alumīnija folijā, kā arī iegūst atbilstošu svārstību grafisko attēlojumu, lai noteiktu kā relatīvais enerģijas zudums perioda laikā ir atkarīgs no alumīnija folijas biezuma (piem., skat. 3.43. att. un 3.44. att).



3.43. att. Rimstošu svārstību grafiks svārstību amplitūdas noteikšanai ZML ar foliju skaitu  $N = 4$  zem magnēta svārsta.

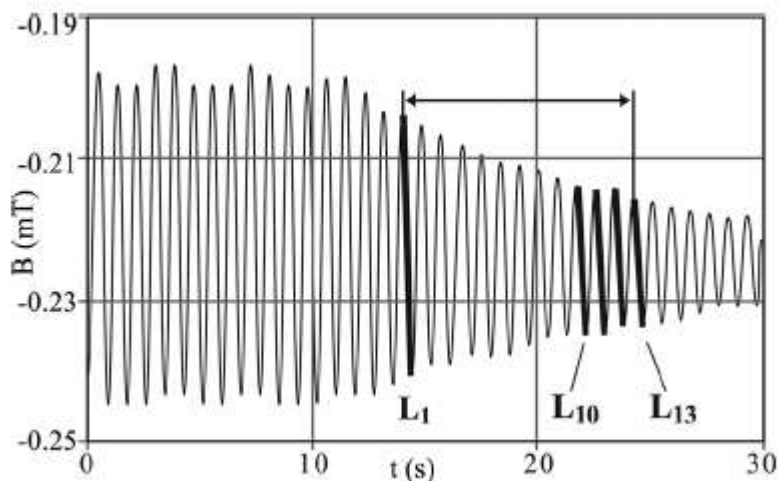


3.44. att. Rimstošu svārstību grafiks svārstību amplitūdas noteikšanai ZML ar foliju skaitu  $N = 16$  zem magnēta svārsta.

Lai noteiktu, kā relatīvais enerģijas zudums perioda laikā ir atkarīgs no svārstību perioda, nemainot alumīnija folijas kārtu biezumu  $N = 16$ , ko novieto desmitajā sekundē zem magnēta



svārsta, maina svārstību periodu ar papildus magnētu. Novietojot magnētu tuvāk magnēta svārstam, iegūst svārstības ar mazāku svārstību periodu, novietojot papildus magnētu tālāk no svārsta, iegūst svārstības ar lielāku svārstību periodu. Visos minētajos gadījumos sensora programmatūrā tiek reģistrēti dati kā mainās magnētiskā lauka indukcija rimstošo svārstību laikā un iegūti atbilstošo svārstību grafiskie attēlojumi (piem., skat. 3.45. att.).



3.45. att. Rimstošu svārstību grafiks svārstību amplitūdas noteikšanai papildus magnēta magnētiskajā laukā ar foliju skaitu  $N = 16$  zem magnēta svārsta.

3.4. tabula

**Relatīvie enerģijas zudumi  $\xi$  magnēta svārsta svārstībās Zemes magnētiskajā laukā atkarībā no alumīnija folijas lokšņu biezuma  $b$**

Nr.	$b$	$\xi$	$\xi_{\text{vid}}$
1.	$4b_o$	0.059	0.059
2.		0.055	
3.		0.063	
4.		0.058	
5.	$8b_o$	0.108	0.107
6.		0.104	
7.		0.103	
8.		0.114	
9.	$16b_o$	0.207	0.204
10.		0.178	
11.		0.218	
12.		0.215	

Lai aprēķinātu relatīvos enerģijas zudumus perioda laikā katrā no aplūkotajām situācijām, izvēlas vienu svārstību periodu pēc alumīnija folijas ievietošanas zem magnēta svārsta un,

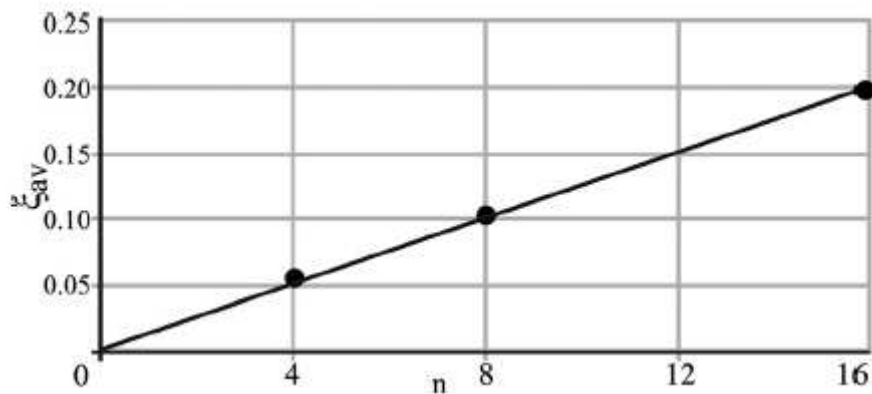
izmantojot sensora datu apstrādes programmatūras iespējas, nosaka atbilstošo amplitūdu  $A_I$  kā pusi no vertikālā attāluma starp līnijas  $L_I$  galapunktiem (skat. 3.43., 3.44. un 3.45. att.). Tādā pat veidā pēc noteikta periodu skaita nosaka atbilstošo amplitūdu  $A_{I0}$ ,  $A_{I1}$ ,  $A_{I2}$  un  $A_{I3}$  skaitliskās vērtības. Izmantojot vienādojumu (3.26) un no grafika nolasītās amplitūdu skaitliskās vērtības, aprēķina  $\xi$  un to vidējo. Eksperimenta rezultāti ir apkopoti tabulās 3.4. un 3.5.

3.5. tabula

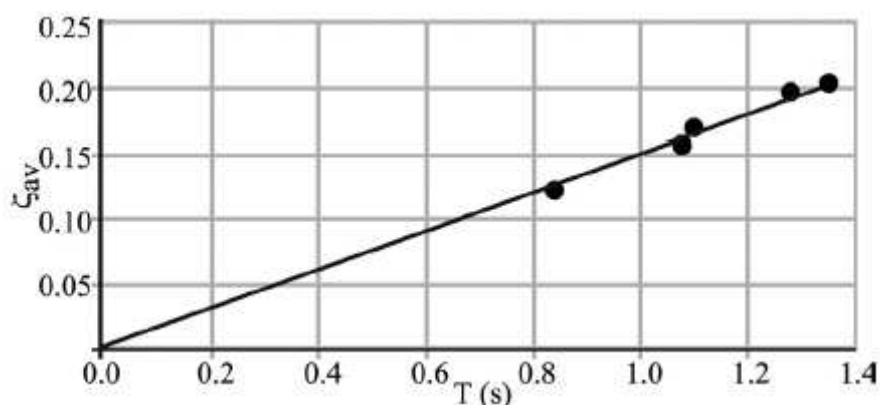
**Relatīvie enerģijas zudumi  $\xi$  magnēta svārsta svārstībās atkarībā no svārstību perioda  $T$  ar nemainīgu alumīnija folijas lokšņu biezumu  $b = 16b_0$**

Nr.	$T, s$	$\xi$	$\xi_{\text{vid}}$
1.	0.845	0.147	0.126
2.		0.133	
3.		0.100	
4.		0.124	
5.	1.073	0.159	0.158
6.		0.159	
7.		0.155	
8.		0.161	
9.	1.109	0.150	0.179
10.		0.188	
11.		0.190	
12.		0.186	
13.	1.257	0.209	0.197
14.		0.197	
15.		0.190	
16.		0.190	
17.	1.334	0.207	0.204
18.		0.179	
19.		0.219	
20.		0.215	

No iegūto rezultātu grafiskā attēlojuma var secināt, ka relatīvais enerģijas zudums  $\xi$  perioda laikā palielinās lineāri atkarībā no alumīnija folijas loksnes biezuma (skat. 3.46. att.) un svārstību perioda ilguma (skat. 3.47. att.).



3.46. att. Relatīvo enerģijas zudumu  $\zeta$  atkarība no alumīnija folijas lokšņu skaita  $n$  viena svārstību perioda laikā.



3.47. att. Relatīvo enerģijas zudumu  $\zeta$  atkarība no svārstību perioda  $T$  ilguma viena svārstību perioda laikā.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot šajā eksperimentā magnētiskā lauka sensoru, datu uzkrājēju un atbilstošo datu apstrādes programmatūru? 1) Iegūst magnētiskā lauka indukcijas skaitlisko vērtību maiņu reālā svārstību laikā dažādos apstākļos: mainot svārstību periodu ar papildus magnētu; novērojot svārstību rimšanu virpuļstrāvu dēļ, kas rodas alumīnija folijā zem magnēta svārsta. 2) Izmantojot magnētiskā lauka sensoru, var pētīt magnētiskā lauka indukcijas izmaiņas magnēta svārsta svārstību laikā atkarībā no svārstību perioda ilguma, kā arī atkarībā no materiāla biezuma, kurā rodas virpuļstrāvas magnēta svārsta svārstību laikā.

Šos eksperimentus ir iespējams izmantot fizikas bakalaura līmeņa Vispārīgās fizikas kursā „Elektromagnētisms”, lai demonstrētu elektromagnētiskās parādības, lietotu matemātisko aprakstu apgūto fizikālo jēdzienu un likumību precīzam aprakstam [83].

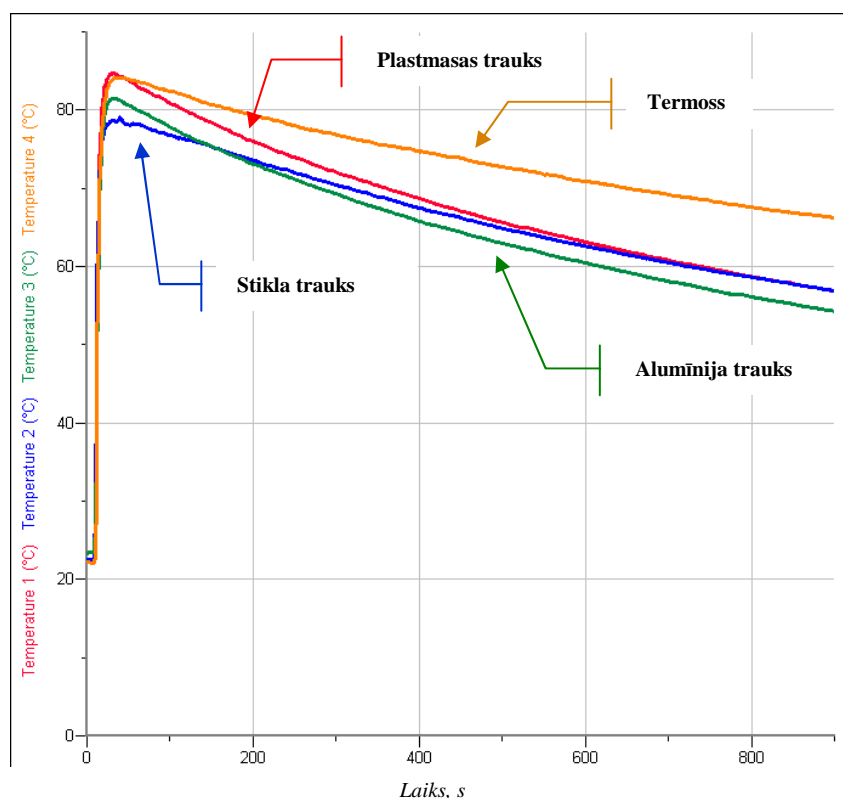
### 3.6. Ilgu procesu neredzamu raksturlielumu maiņas vizualizācija

Izmantojot mērīšanai vienlaicīgi vairākus vienādus viena fizikālā lieluma mērīšanai paredzētos sensorus, var iegūt viena fizikālā lieluma vērtību izmaiņas dažādās vidēs, dažādos apstākļos. Šāds piegājiens dod iespēju pētīt procesus, kas norisinās ilgi un kuru raksturlielumu

maiņa nav redzama, bet ilgākā laikā ir sajūtama, piemēram, ja apskata dažādus procesus, kuros notiek vielas atdzišana.

### 3.6.1. Siltuma vadīšana

Skolēnu uzdevums ir izpētīt, kāda materiāla traukos ūdens visilgāk saglabā siltumu. Darbam nepieciešami četri dažāda materiāla trauki (piemēram – stikla, plastmasas, alumīnija trauks un termoss), četri vienādi temperatūras sensori, datu uzkrājējs ar atbilstošu programmatūru, tējkanna ūdens sasildīšanai un ūdens. Lai varētu izdarīt korektus secinājumus, jāizvēlas trauki, kuru izmēri ir vienādi, kā arī katrā no traukiem jāielej vienāda daudzuma ūdens. Traukos ar ūdeni ievieto katrā savu temperatūras sensoru un sāk datu reģistrēšanu. Sensoru izmantošanas priekšrocība šajā eksperimentā ir tā, ka skolēns var iegūt datus, kā mainās temperatūra katrā no traukiem vienlaicīgi. Ja temperatūru mēra ar termometriem, kas ievietoti katrā no četriem traukiem, tad rodas neprecizitātes procesa attēlojumā, jo straujākās atšķirības notiek procesa pirmajās 200 sekundēs (skat. 3.48. att.). Lai iegūtu precīzu situācijas attēlojumu, skolēniem jāizvēlas pietiekami īss temperatūras reģistrēšanas laika intervāls un skolēns nevar vienlaicīgi veikt nolasījumus no četriem termometriem.



3.48. att. Ūdens atdzišana dažāda materiāla traukos – eksperimenta dati.

Izmantojot iegūto grafiku, kas ilustrē, kā atdziest ūdens dažāda materiāla traukos, skolēniem jāpaskaidro, kāda materiāla traukā ūdens atdziest ātrāk, kāda materiāla traukā ūdens atdziest vēlāk un jāpaskaidro, kā to var noteikt no iegūtā grafika; jāsakārto eksperimentā izmantotās vielas (stikls, plastmasa, alumīnijs) pēc to iespējas ilgāk saglabāt vielas siltumu, sākot ar vielu,

kas visilgāk saglabā siltumu. Nākamais uzdevums ir salīdzināt eksperimenta rezultātus ar tabulā dotajām stikla un alumīnija siltumietilpības vērtībām un izdarīt secinājumus. Plastmasas siltumietilpības vērtības skolas fizikas mācību grāmatā nav dotas, jo plastmasas mēdz būt atšķirīgas pēc to ķīmiskā sastāva. Taču skolēns var salīdzināt plastmasas siltumietilpību ar alumīnija un stikla siltumietilpību – vai tā ir lielāka, vai mazāka (skat. pielikumu Nr. 4, praktiskie darbi Nr. 2 un Nr. 3).

Pirms veikt darbu ar temperatūras sensoru, skolēniem būtu jāizstrādā kāds darbs ar termometriem, lai rodas izpratne par mērījumu veikšanu ar termometru, ka temperatūras nolasīšanas brīdī termometram ir jāatrodas vidē, kuras temperatūru mēram. Tipiskākā kļūda pamatskolā: skolēni, lai nolasītu temperatūras rādījumu, izņem termometru no trauka ar ūdeni. Skolēni neaizdomājas, ka izņemot termometru no ūdens, tas sāk rādīt apkārtējā gaisa temperatūru. Veicot mērījumus ar sensoru, no šādas situācijas var izvairīties.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot šajā praktiskajā darbā temperatūras sensorus, datu uzkrājēju un atbilstošu datu apstrādes programmatūru? 1) Iegūst ūdens temperatūras izmaiņu grafisko attēlojumu reālā laikā dažādos apstākļos – dažāda materiāla traukos. 2) Ja pētāmie procesi ir vairāki, tad ar sensora palīdzību iespējams precīzi fiksēt visas raksturlielumu izmaiņas vienlaicīgi dažādos apstākļos, ko skolēns viens pats ar četriem termometriem nespētu izmērīt un vēl fiksēt. 3) Pamatskolas fizikas kursā var pētīt dažādu materiālu siltumietilpību un noskaidrot, kādi materiāli ir labāk piemēroti siltināšanai; vai materiāla krāsai ir nozīme siltumvadīšanā.

Šos praktiskos darbus izmanto fizikas kursā 8. klasē tematā „Siltuma procesi”, lai realizētu spēkā esošās vispārējās vidējās izglītības fizikas paraugprogrammā [41, 8. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus:

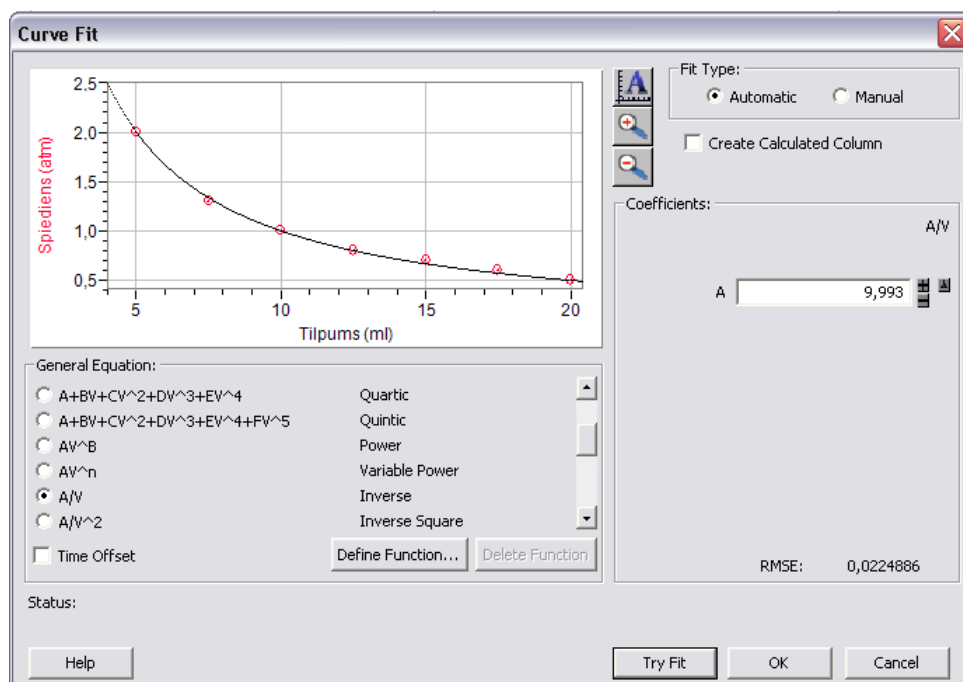
1. Lieto vielu īpatnējās siltumietilpības, īpatnējā sadegšanas siltuma, īpatnējā kušanas siltuma un īpatnējā iztvaikošanas siltuma atšķirības vielu īpašību skaidrošanai.
2. Atrod tabulās siltuma procesus raksturojošos lielumus (kušanas un vārīšanās temperatūru, vielu īpatnējo siltumietilpību, īpatnējo kušanas un iztvaikošanas siltumu, īpatnējo sadegšanas siltumu).
3. Izvirza pieņēmumus un plāno darba gaitu par dažādu materiālu siltumvadīšanas procesu.
4. Veic eksperimentu par dažādas krāsas vai dažādu materiālu siltumvadīšanas procesu un analizē iegūtos rezultātus.
5. Izmanto grafikus siltuma procesu raksturošanai.
6. Attēlo grafiski temperatūras maiņu siltuma procesos un nolasa fizikālo lielumu no grafika.
7. Zina drošības noteikumus darbā ar augstas un zemas temperatūras šķidrumiem un zina, kā rīkoties traumu gadījumos.

### 3.6.2. Izotermisks process

Dabā un tehnikā notiek daudzi procesi, kuros mainās viens vai vairāki gāzes stāvokļa raksturojošie parametri – tilpums, spiediens un temperatūra. Piemēram, gaisa balona lidojuma laikā pilots laiku pa laikam silda gaisu, lai uzturētu līdzsvaru starp spiedienu gaisa balonā un atmosfēras spiedienu, lai saglabātu balona tilpumu un līdz ar to cēlējspēku [115]. Gāzes parametru saistība arī jāzina, uzglabājot saspiestu dabasgāzi balonos, jo balona materiālam ir noteikta izturības robeža un, ja mainās ārējie apstākļi, balons var uzsprāgt, piemēram, palielinoties temperatūrai, palielinās gāzes spiediens. Saspiestu gaisu izmanto arī pneimatiskajos instrumentos, kā arī ar gaisu piepūš bumbas, gumijas laivas, automašīnu un velosipēdu riepas utt.

Vēl saistoša situācija skolēniem, kurā ir būtiski zināt, kas notiek ar gāzes stāvokļa raksturlielumiem dažādos apstākļos ir niršana. Protams, fizikā neiedziļinās sarežģītos fizioloģiskajos procesos, kas ieniršanas un izniršanas laikā notiek cilvēka organismā. No fizikas viedokļa ir būtiski, ka niršanas procesā cilvēka plaušās palielinoties tilpumam, samazinās gaisa spiediens un otrādi. Līdz ar to visiem zemūdens peldētājiem un nirējiem jāievēro Boila – Mariota likums. Plaušas sastāv no alveolām, tām ir liels iekšējās virsmas laukums. Ienirstot gaisā esošais slāpeklis plaušās izšķīst. Ja nirējs strauji uzpeld, asinīs izšķīdusī gāze izplešas un ļoti strauja pacelšanās no dziļuma paātrina gāzes izplešanās procesu, kas izraisa tā saucamo Kesona slimību.

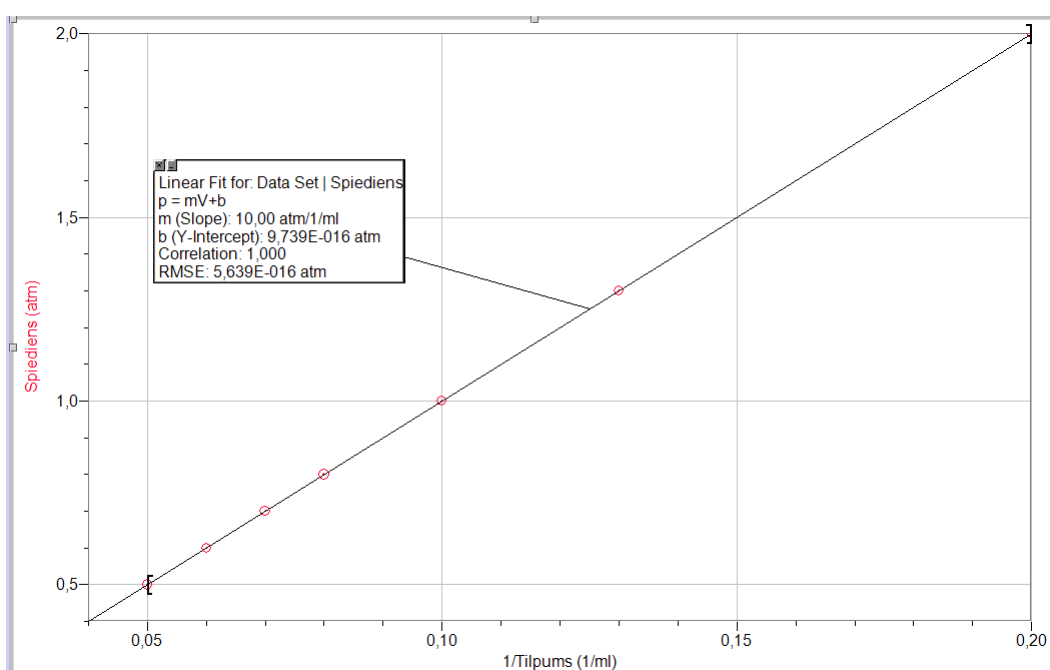
Mācību literatūrā [6, 59. lpp.] ir pieejams darba apraksts par Boila – Mariota likuma pārbaudi, izmantojot maināma tilpuma cilindru, manometru un gumijas cauruli. Izmantojot manometra vietā spiediena sensoru un maināma tilpuma cilindra vietā šļirci, kas paredzēta mācību nolūkiem gaisa tilpuma mainīšanai, var izpētīt, kāda sakarība nemainīgā temperatūrā ir starp gaisa spiedienu un tilpumu (skat. pielikumu Nr. 2, LD 7).



3.49. att. Spiediena maiņa atkarībā no tilpuma.

Pakāpeniski mainot virzuļa atrašanās vietu šļircē, fiksē atbilstošās gaisa spiediena vērtības sensora datu apstrādes programmatūrā un iegūst grafiku, kas attēlo spiediena maiņu atkarībā no tilpuma. Iegūtais grafiks (skat. 3.49. att.) skolēnus vedina uz domām par apgriezto proporcionalitāti. Šo hipotēzi var pārbaudīt, lietojot programmatūrā analīzes rīku *Analyze/Curve Fit*, ar kura palīdzību var piemēklēt iegūtajam grafikam matemātisko modeli – funkciju, kas apraksta iegūto atkarību. Izvēloties pārbaudīt apgriezto proporcionalitāti, skolēni ierauga, ka teorētiskā līkne sakrīt ar iegūtajiem datiem un vidējā kvadrātiskā novirze ir neliela: RMSE = 0.02249 atm.

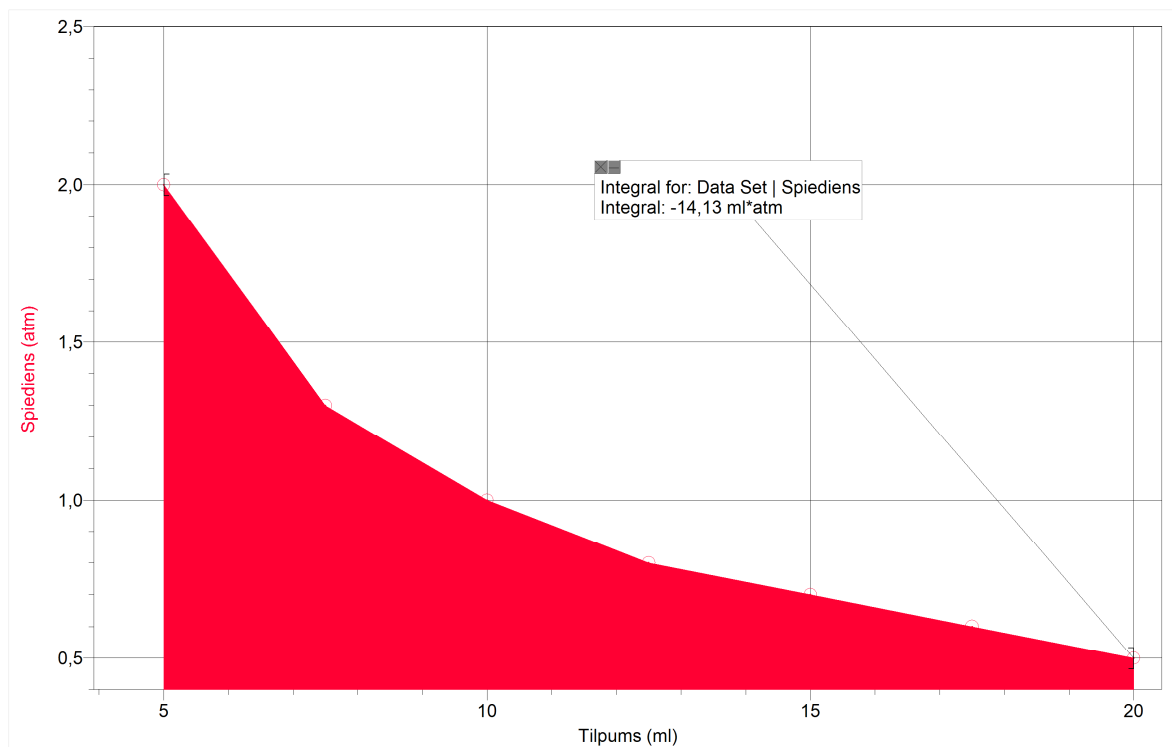
Skolēniem var piedāvāt papildus uzdevumu: aprēķināt tilpuma apgrieztās vērtības un attēlot grafiski spiediena atkarību no tilpuma vērtības. Ja apgrieztā proporcionalitāte ir spēkā, tad grafikā jāiegūst taisne (skat. 3.50. att.).



3.50. att. Spiediena maiņa atkarībā no tilpuma apgrieztās vērtības.

Kādas papildus iespējas iegūst, izmantojot šajā demonstrējumā spiediena sensoru, datu uzkrājēju un atbilstošo datu apstrādes programmatūru? 1) Iegūst gaisa spiediena maiņas grafisko attēlojumu atkarībā no gaisa tilpuma šļircēs cilindrā. 2) Izmantojot datu apstrādes programmatūras iespējas, var atrast iegūtās funkcijas matemātisko modeli un pārlicināties ka iegūtais grafiks ir izoterma. 3) Izmantojot datu apstrādes programmatūras iespējas, var iezīmēt laukumu zem iegūtās funkcijas grafika un atrast iezīmētā laukuma skaitlisko vērtību. Izotermiskā procesa gadījumā, grafika laukums zem izotermas skaitliski ir vienāds ar gāzes veikto darbu (skat. 3.51. att.). 4) Caurulīte, kas savieno šļirci un spiediena sensoru var būt atšķirīga garuma, tas ir atkarīgs no ražotāju piedāvājuma. Jo īsāka caurulīte, jo precīzākus rezultātus var iegūt. Savukārt, ja caurulīte ir gara, tad spējīgākajiem skolēniem piedāvā izpētīt un matemātiski

aprakstīt situāciju, kas rodas, ja, pārvietojot šļirces virzuli, gaiss tiek saspīests vai atbrīvots ne tikai šļircē, bet arī caurulītē.



3.51. att. Gāzes veiktais darbs izotermiskā procesā.

Šo pētniecisko darbu ir iespējams izmantot fizikas kursā 11. klasē tematā „Gāzu likumi”, lai realizētu spēkā esošās vispārējās vidējās izglītības fizikas paraugprogrammā [78, 13. lpp.] paredzētos skolēnam sasniedzamos rezultātus:

1. Lieto ideālas gāzes stāvokļa vienādojumu gāzes stāvokļa un izoprocesu aprakstā.
2. Izvirza hipotēzi, pētot gāzu likumus.
3. Veic mērījumus ar spiediena sensoru, ievērojot tā lietošanas noteikumus.
4. Apstrādā un izvērtē datus par gāzu likumiem, izmantojot arī IT.
5. Formulē secinājumus, pamatojoties uz eksperimentā par gāzu likumiem iegūtajiem datiem, atbilstīgi izvirzītajai hipotēzei.
6. Attēlo grafiski un analizē funkcionālās sakarības ideālās gāzes izoprocesos.

### 3.7. Sensori un datu uzkrājēji fizikas skolotāju profesionālajā pilnveidē

Kā minēts iepriekš, ir divi būtiski faktori, kas nosaka IKT mērķtiecīgu lietojumu mācību procesā fizikā: 1) atbilstošu atbalsta materiālu pieejamība fizikā – laboratorijas darbu un demonstrējumu apraksti ar metodiskiem komentāriem; 2) skolotāja profesionālā kompetence mācību procesa organizēšanā, izmantojot IKT. Topošais skolotājs profesionālo kompetenci var iegūt un pilnveidot augstskolas studiju programmās, savukārt, jau strādājošs skolotājs – profesionālās pilnveidesursos. Veidojot nodarbības skolotāju profesionālās kompetences pilnveidei par sensoriem un datu uzkrājējiem fizikas mācību procesā: jānodemonstrē gan to

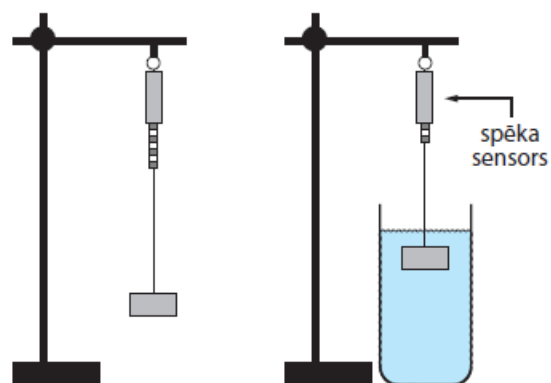


priekšrocības, gan trūkumi, lai skolotājs varētu izvērtēt, kuros brīžos mācību procesā ir mērķtiecīgi lietot sensorus un datu uzkrājējus un kādus; jāiemāca tehniskās prasmes, kā strādāt ar sensoriem, datu uzkrājēju un atbilstošo programmatūru; jāmodelē stundas fragmenti, kuros demonstrē sensoru un datu uzkrājēju lietojumu konkrētu mācību mērķu sasniegšanai ar demonstrējumu un laboratorijas darbu palīdzību.

Sensoru un datu uzkrājēju priekšrocības dažādu fizikālu procesu demonstrēšanā un pētniecībā ir ilustrētas 3.2. attēlā, kā arī to ilustrējošos laboratorijas darbu un demonstrējumu aprakstos fizikā, kuri tika aptobēti gan mācību procesā skolā, gan fizikas skolotāju profesionālās pilnveides nodarbībās. Kam jāpievērš uzmanība tālākizglītības nodarbībās par sensoru un datu uzkrājēju lietošanu fizikas mācību procesā?

Izvēloties strādāt ar sensoriem, svarīgi ir izpētīt pieejamo sensoru mērapjomu un izšķirtspēju. Dažādu ražotāju sensoriem, šie parametri atšķiras, tas nozīmē, ka ir jāsaprot, vai ar doto sensoru iespējams reģistrēt pētāmos efektus. Piemēram, *Data Harvest* ražotajam spēka sensoram **izšķirtspēja** ir 0.1 N, bet *Vernier* ražotajam spēka sensoram izšķirtspēja ir 0.01 līdz 0.05 N.

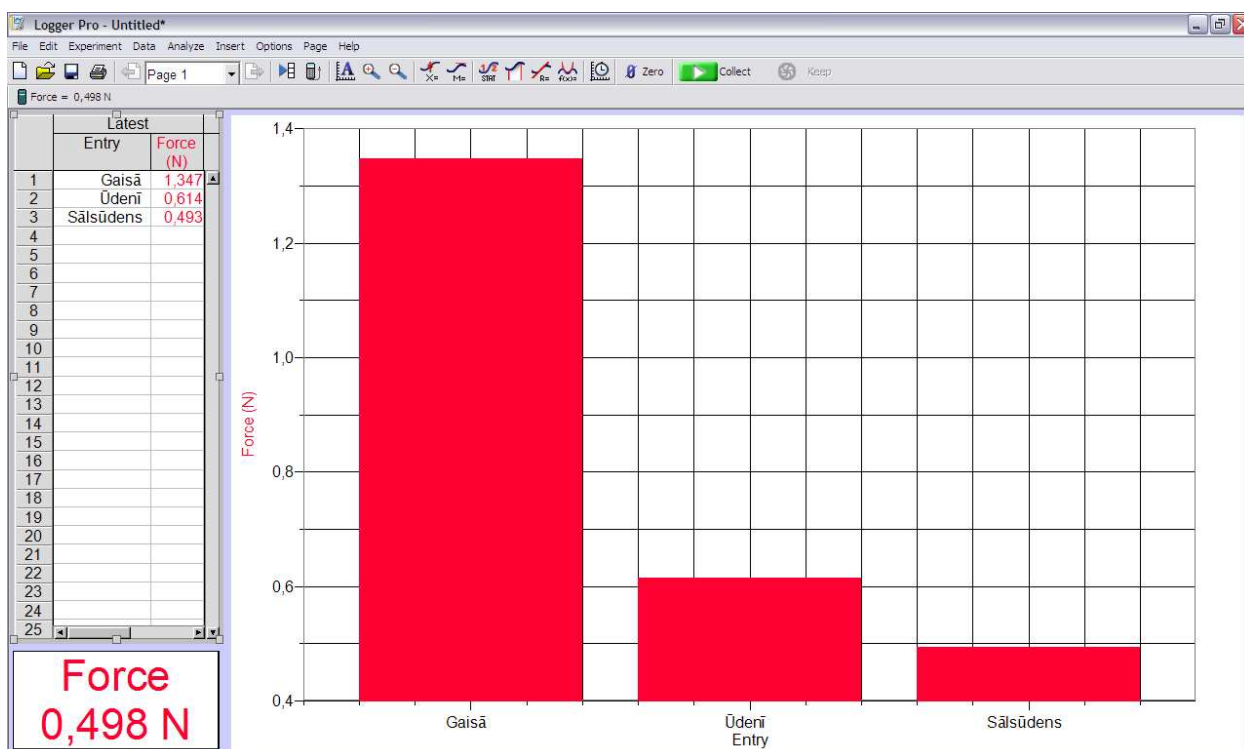
Pētot Arhimēda spēka lieluma atkarību no šķidruma blīvuma, ir jāizvēlas spēka sensors, kura izšķirtspēja ir lielāka nekā ņūtona desmitdaļa vai jātaisa ļoti lielas koncentrācijas sālsūdens. Ja sāls koncentrācija ūdenī būs ļoti liela, skolēni varēs pēc skata noteikt, kurā traukā ir sālsūdens. Ja sāls koncentrācija ūdenī ir maza, tad skolēniem var piedāvāt uzdevumu, izmantojot spēka sensoru



3.52. att. Eksperimenta ierīce Arhimēda spēka noteikšanai.

noteikt, kurā traukā atrodas tīrs ūdens un kurā traukā atrodas sālsūdens, zinot kā Arhimēda spēks ir atkarīgs no šķidruma blīvuma. Skolēniem jānosaka dotā ķermeņa svars gaisā un šķidrumā, skatoties, lai ķermenis būtu pilnīgi iegrimis šķidrumā un neskartos klāt trauka sienām. Izmantojot iegūtos rezultātus, secina, kurā vidē Arhimēda spēks ir vislielākais (skat. 3.53. att.) un aprēķina Arhimēda spēka vērtību, jo programmatūrā tiek attēlota kopspēka vērtība, ko rada ķermeņa svars un Arhimēda spēks.

Lai eksperimentā iegūtos datus reģistrētu atbilstošā datu reģistrēšanas režīmā un attēlotu piemērotā mērogā (skat. 3.53. att.), darba aprakstam ir nepieciešams pievienot detalizētu informāciju kā jāiestata programmatūra. Tas palīdz gadījumā, ja skolotājs nav pazīstams ar konkrēto datu reģistrēšanas programmatūru, bet tā tiek izmantota profesionālās pilnveides procesā. Iespēju robežās šādās nodarbībās ieteicams izmantot tādus pašus sensorus un datu uzkrājējus, kādi ir pieejami skolotājam skolā.



3.53. att. Kospēka vērtības dažādās vidēs eksperimentā par Arhimēda spēka noteikšanu.

Sensora **mērapjoms** nosaka, kādus procesus un cik detalizēti var ar konkrēto sensoru pētīt. Piemēram, pētot skaņas skaļumu, nevar noteikt, cik klusi ir cilvēka čuksti. Dažādos informācijas avotos [46, 428. lpp.; 88; 114, 194. lpp.] ir atrodams, ka cilvēka čukstu skaļums ir ap 20 – 30 dB, lapu krišanas troksnis – 15 dB. Skaņas skaļuma sensora mērapjoma apakšējā robeža ir 40 dB *Data Harvest* piedāvātajiem skaņas skaļuma sensoriem [110] un 35 dB *Vernier* ražotajiem skaņas skaļuma sensoriem [109]. Šo abu ražotāju sensori ir pieejami Latvijas skolās. Lai pievērstu skolēnu uzmanību tam, ka sensoram ir noteikts mērapjoms, kurā veikt mērījumus, ir jāpiedāvā atbilstoši uzdevumi – noteikt skaņas skaļuma sensora mērapjoma apakšējo robežu (skat. pielikumu Nr. 2, darbs Skaņas pētīšana). Šāda veida uzdevumi ir būtiski, kad skolēni sāk lietot sensorus pamatskolā, lai iemācītu, ka sensora mērapjoms jāņem vērā, veicot noteiktus pētījumus. Ar līdzīgu situāciju jārēķinās, veicot apgaismojuma mērījumus (skat. pielikumu Nr. 2, LD 5). *Data Harvest* ražotajam apgaismojuma sensoram ir vairāki diapazoni [84] – mērījumiem iekštelpās no 0 līdz 1000 lx un mērījumiem ārā no 0 līdz 100 000 lx. Līdzīgi var piedāvāt skolēniem uzdevumu, lai izdomā paņēmieni, kā noteikt, cik liels ir mazākais attālums, ko var nomērīt ar kustības sensoru.

Mācību procesam ražotie sensori **nav** izmantojami kā **precīzi mērinstrumenti**, bet gan, lai izsekotu procesa raksturlielumu maiņas tendencēm. Sensoru lietošanas pamācībā tas parasti ir arī uzsvērts, ka sensori ir ražoti mācību nolūkiem. Tas nozīmē, ka var būt situācijas, kad vienlaikus veicot mērījumus vienādos apstākļos ar dažādiem sensoriem mērāmā lieluma vērtība

atšķiras par vienu līdz divām vienībām. Piemēram, pētot ūdens atdzišanu dažāda materiāla traukos ir jāpārlicinās pirms eksperimenta vai visi eksperimentā izmantojamie sensori rāda vienu un to pašu gaisa temperatūras vērtību telpā (skat. pielikumu Nr. 4, Siltuma vadīšana II).

Svarīgi, ka skolēnam pamatskolā ir iespēja iegūt tiešu nepastarpinātu pieredzi, pētot dažādus fizikālos procesus, tikai pēc tam izmantot sensorus un datu uzkrājējus kā rīkus, lai iegūtu procesa raksturlielumus grafisko attēlojumu un datus par procesa raksturlielumu maiņu. Arī fizikas skolotāji tam piekrīt, kā par to liecina skolotāju atsauksmes pēc tālākizglītības kursu nodarbībām par sensoriem un datu uzkrājējiem fizikas mācību procesā:

- *Nevajag pārforsēt ar IT lietošanu fizikā. Fizikai jābūt sataustāmai! Ka nesanāk, ka bez datora nevar pat vienkāršus mērījumus veikt!*
- *Izpratne man ir laba [par sensoru un datu uzkrājēju izmantošanu], bet, ja es būtu skolēns, es no tā maksimāli izvairītos, tomēr ļoti labi apzinos, ka skolēns jāiemāca lietot modernas ierīces un tehnika un tādēļ mums arī [kā skolotājiem] jāiemācās.*
- *Neviena metode nav universāla un tikai tā lietojama. Modernas ierīces jālieto arī tiešā mērīšana un tiešie novērojumi.*

Lai aptvertu augstāk minētos faktorus profesionālās pilnveides nodarbībās fizikas skolotājiem par sensoru un datu uzkrājēju mērķtiecīgu lietošanu mācību procesā, nodarbībā jārada iespējas skolotājam iepazīties ar sensoriem, datu uzkrājēju un tiem atbilstošo programmatūru, veikt pēc iespējas vairāk darbus ar atšķirīgiem sensoriem, kas ilustrē gan to, cik nozīmīgi ir zināt sensora izšķirtspēju un mērapjomu, gan, kādu fizikālo procesu raksturlielumu maiņas reģistrācija ļauj uzskatāmi demonstrēt un pētīt noteiktus fizikālos procesus. Šādām nodarbībām par sensoriem un datu uzkrājējiem jānotiek praktiski datorklasē, lai katram skolotājam ir iespēja iepazīties un strādāt praktiski ar šīm ierīcēm. Viena no labi strādājošām šāda veida nodarbību organizācijas formām ir nodarbības sākumā frontāls darbs kopā ar nodarbības dalībniekiem, lai iepazītu sensorus, datu uzkrājējus un tiem atbilstošo programmatūru, pēc tam seko darbs stacijās, kur nodarbības dalībnieki individuāli vai pāros veic noteiktus demonstrējumus vai laboratorijas darbus, kuri ilustrē priekšrocības dažādu sensoru lietojumam fizikas mācību procesā (augstāk aprakstītie laboratorijas darbi un demonstrējumi) un nodarbības noslēgumā dalībnieki dalās iegūtajā pieredzē (skat. pielikumu Nr. 6.1. un 6.3.).

Organizējot praktiskas nodarbības ar sensoriem un datu uzkrājējiem, katrā darba stacijā, izstrādājot atšķirīgu darbu, skolotāju pārlicība un prasmes strādāt ar minētajām iekārtām ir pilnveidojušās. Par to liecina pilotskolu skolotāju sākotnējā prasmju izvērtējuma salīdzinājums ar izvērtējumu tālākizglītības kursu noslēgumā, kad tika aprobētas izveidotās tālākizglītības nodarbības (skat. 3.6. tabulu). Respondentu skaits: 49 pilotskolu fizikas skolotāji. Tālākizglītības kursu III modulī „Pētnieciskā darbība fizikas mācību priekšmeta mācību procesā” skolotājiem bija iespējas apgūt skolēnu pētnieciskās un eksperimentālās darbības organizācijas metodiku

dabaszinātnisko izziņas prasmju attīstīšanai, apgūt prasmes dažādu laboratorijas un pētniecisko darbu organizēšanai, kā arī darbu ar mūsdienīgām laboratorijas ierīcēm, tajā skaitā sensoriem un datu uzkrājējiem.

3.6. tabula

### Tālākizglītības kursu izvērtējums pilotskolu skolotājiem

Tālākizglītības kursu modulis	Vērtējums skalā no 1 – 5 pirms kursiem	Vērtējums skalā no 1 – 5 pēc kursiem
I modulis Izpratne par projekta mērķiem un piedāvāto pieeju.	2.1	4.1
II modulis Prasmes realizēt daudzveidīgu un skolēnu izziņas aktivitāti rosinošu mācību procesu	2.3	4.0
<b>III modulis</b> <b>Izpratne par pētniecisko darbību [laboratorijas darbi un demonstrējumi ar un bez sensoriem]</b>	1.7	3.9
IV modulis Prasmes izmantot IT mācību procesā [t.sk. interaktīvo tāfeli un datu kameru]	1.9	3.8

Atsauksmes pēc skolotāju profesionālās pilnveides kursiem izveidotajām, aprobētajām nodarbībām liecina par šādu nodarbību nepieciešamību, kvalitāti, kā arī IKT ietekmi uz mācību procesu:

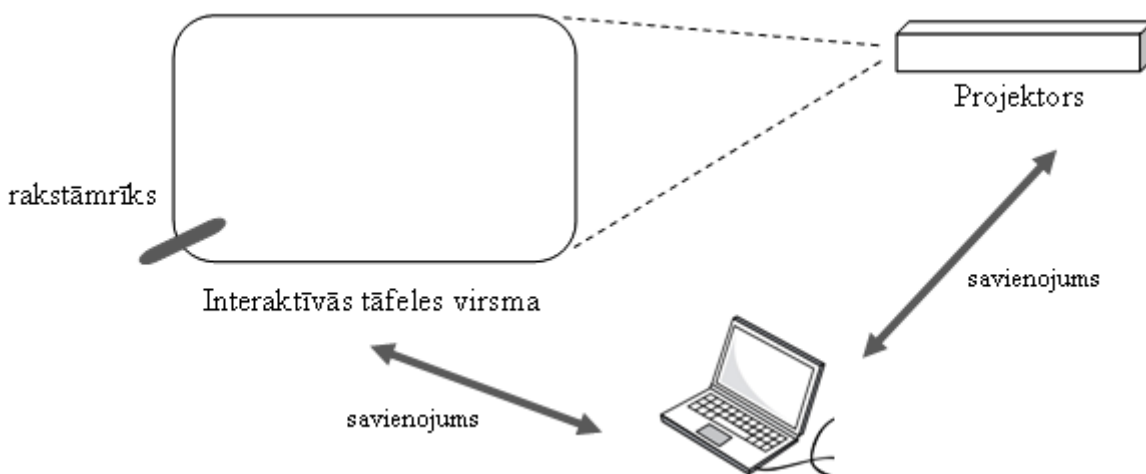
- *Mācību process vairāk ir mainījies no teorētiskās stundas pasniegšanas metodikas uz praktisku un pētniecisku darbību.*
- *Lielākas problēmas rodas, darbojoties ar sensoriem. Domāju, ka galvenais iemesls – pati nejūtos droša, strādājot ar sensoriem, par maz prasmju.*
- *Īpašas problēmas nerodas, jo pirms katra darba skolēni tiek iepazīstināti, sniegtas instrukcijas, norādījumi par to, kas un kā jādara.*
- *Izmantojot aprīkojumu, dažreiz rodas tehniskas kļūmes, bet tās man palīdz novērst informātikas skolotāja. Vieglāk saprotamas lietas kļuva pēc kursu pabeigšanas – par to Jums liels PALDIES!*
- *Pašreiz ir augšanas grūtības man kā skolotājam, jo darbus darot, es saprotu, kā citreiz būtu jādara labāk.*

Izveidotās un aprobētās tālākizglītības nodarbības tiek izmantotas arī pārējo Latvijas fizikas skolotāju tālākizglītībasursos.

## 4. INTERAKTĪVĀS TĀFELES LIETOJUMS FIZIKAS MĀCĪBU PROCESĀ

### 4.1. Interaktīvā tāfele

Interaktīvo tāfeli veido vairākas komponentes: liela 'skārienjūtīga' virsma, dators ar interaktīvās tāfeles programmatūru, video projektoru, tāfeles rakstāmrīks un komunikācijas kabeļi (skat. 4.1. att.)



4.1. att. Interaktīvās tāfeles komplektācija.

Izmantojot video projektoru, uz tāfeles virsmas tiek projicēts palielināts datora ekrāns. Lai vadītu jebkuru programmatūru datorā, lieto datorpeli. Lai vadītu jebkuru programmatūru uz interaktīvās tāfeles, lieto interaktīvās tāfeles rakstāmrīku. Interaktīvās tāfeles komunikāciju ar datoru nodrošina seriālais pieslēgums, USB pieslēgums vai Bluetooth bezvadu tehnoloģija. Interaktīvās tāfeles atšķiras ar to darbības fizikālajiem principiem un ražotāja piedāvāto programmatūru. Tabulā 4.1. apkopota informācija par interaktīvajām tāfelēm, kuras pamatā izmanto Latvijas skolās.

4.1. tabula

**Interaktīvās tāfeles un to programmatūra**

Nr.	Ražotājs, tāfele	Tehnoloģija	Programmatūra
1.	PROMETHEAN, Activboard	Pasīvā elektromagnētiskā tehnoloģija un kapacitatīvā tehnoloģija [10, 93, 134]	ActivInspire
2.	SMART Technologies, SMART Board	Rezistīvā tehnoloģija [10, 107, 134]	SMART Notebook
3.	DYMO, Mimio	Infrasarkanā starojuma un ultraskaņas sensoru tehnoloģija [10, 37, 134]	MimioStudio

Interaktīvajā tāfelē izmantotās tehnoloģijas nosaka rakstāmrīka koordinātas uz darba virsmas. Šī informācija tiek konvertēta par digitālo signālu un nosūtīta uz datoru tālākai apstrādei.

## 4.2. Interaktīvās tāfeles mērķtiecīgs lietojums fizikas mācību procesā

Uz interaktīvās tāfeles tiek projicēts datorekrāns, līdz ar to jebkuru programmatūru, kuru var atvērt datorā, var demonstrēt arī uz interaktīvās tāfeles. Interaktīvai tāfelei ir arī atbilstoša programmatūra, kas nodrošina iespēju veidot interaktīvus uzdevumus, anotēt citās programmās sagatavotus materiālus, strādāt ar interneta resursiem, realizēt formatīvo vērtēšanu un iegūt momentānu atgriezenisko saiti.

Interaktīvo tāfeli mācību procesā lieto, izmantojot:

- 1) programmatūras rīkus, lai veidotu mācību materiālu fizikas stundas laikā;
- 2) speciāli sagatavotas darba lapas jeb 'flipčārtus';
- 3) tāfeli, kā multimēdiju centru, pieslēdzot datoram dažādas ierīces, kuru programmatūra ir savietojama ar interaktīvās tāfeles programmatūru. Pieslēdzot datoram
  - **balsošanas ierīces**, var organizēt formatīvo vai summatīvo vērtēšanu mācību procesa laikā. Ar balsošanas ierīču palīdzību vai jautājumu un atbilžu sistēmas programmatūras versiju skolēni var atbildēt uz testa vai citu uzdevumu jautājumiem sev ierastajā tempā. Skolotājs momentāni iegūst skolēnu atbildes apkopotas elektroniski programmatūrā, kā arī skolēni momentāni iegūst atgriezenisko saiti par iegūtajiem rezultātiem;
  - **bezvadu tāfeli vai grafisko planšeti**, skolotājs var vadīt mācību procesu no jebkuras vietas klasē vai skolēns darboties ar interaktīvās tāfeles materiālu, sēžot savā solā;
  - **sensorus**, var demonstrēt fizikālo procesu raksturlielumu maiņu reālā laikā grafiski, veikt fizikālo lielumu mērījumus un strādāt ar iegūtajiem rezultātiem vienlaikus ar visu klasi;
  - **dokumentu jeb datu kameru**, tās projicēto attēlu no reāliem eksperimentiem uzreiz var integrēt mācību materiālā stundas laikā;
  - **internetu**, var strādāt ar dažādiem materiāliem no interneta vietnēm, kas saistītas ar fiziku – attēliem, animācijām, simulācijām, video fragmentiem, informāciju, datiem utml.

Interaktīvā tāfele ir tikai rīks, ar kura palīdzību var organizēt mācību procesu, demonstrēt mācību vielu. Skolotājam ir nepieciešams noteikts IKT prasmju līmenis, lai izmantotu interaktīvo tāfeli mācību procesā līdzīgi kā strādājot ar jebkuru citu IKT rīku un tam atbilstošu programmatūru. Interaktīvās tāfeles lietojuma iespējas, trūkumi un konteksti fizikas mācību procesā ir attēloti 4.2. attēlā un tālāk tekstā ilustrēti ar piemēriem fizikā.

### PROGRAMMATŪRAS IESPĒJAS

Tāfeles programmatūras rīku izmantošana mācību materiāla izveidei fizikas mācību stundas laikā

### INTERAKTĪVĀ TĀFELE MĀCĪBU PROCESĀ FIZIKĀ

- Mācību materiāla izveide mācību stundas laikā
- Fizikālo jēdzienu vizualizācija
- Fizikālo procesu raksturlielumu maiņas vizualizācijai
- Interaktīvi uzdevumi fizikā
- Formatīvā vērtēšana fizikā

### SPECIĀLI GATAVOTAS DARBLAPAS JEB FLIPČĀRTI

Tāfeles programmatūras objektu īpašību izmantošana speciāli gatavotos materiālos fizikā

### INTERAKTĪVĀ TĀFELE KĀ MULTIMEDIJU CENTRS

#### BALSOŠANAS IERĪCES

Jautājumu/atbilžu sistēmas mācību procesā **formatīvai vērtēšanai** fizikas mācību procesā

#### BEZVADU TĀFELĪTE

Ierīce mācību **procesa vadīšanai** ar interaktīvo tāfeli no jebkuras vietas klasē

#### SENSORI

Fizikālo lielumu skaitlisko vērtību **mērījumu veikšanai**. Fizikālo procesu **raksturlielumu maiņas vizualizācijai**

#### DATU KAMERA

Reālu fizikas **eksperimentu attēlu integrēšanai mācību materiālā**

#### INTERNETS

Plaši **resursi fizikā** – dati, fakti, informācija, virtuālie modeļi, attēli, videofragmenti utml.

#### IESPĒJAS MĀCĪBU PROCESĀ:

- interaktīvi vizualizēt fizikas jēdzienus un procesus;
- vizualizēt un integrēt mācību materiālā reālā laikā notiekošu fizikālo procesu raksturlielumu maiņu un rezultātus
- veikt formatīvo vērtēšanu un sniegt momentāni atgriezenisko saiti

#### TRŪKUMI:

- Tehniskās problēmas mācību stundas laikā (kalibrēšanas nepieciešamība).
- Nepieciešams noteikts IKT prasmju līmenis (jāpārzina tāfeles programmatūra, jāprot pieslēgt papildus ierīces un jāpārzina to programmatūra).

#### KONTEKSTS:

- pētnieciskā darba metodes;
- ikdienā sadzīvē, tehnikā un zinātnē lietojami IKT rīki;
- dabaszinātniskās izpratnes veidošanās.

4.2. att. Interaktīvā tāfele fizikas mācību procesā.

### 4.3. Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas

Katrs interaktīvās tāfeles ražotājs piedāvā nedaudz atšķirīgu programmatūru (skat. 4.1. tabulu), *ActivInspire* (Promethean), *SMART Notebook* (SMART Technologies), *MimioStudio* (DYMO/Mimio), *StarBoard software* (Hitachi) u.c., taču to funkcionalitāte ir ļoti līdzīga. Programmatūrā ir iespējams izmantot [59]:

1) Darblapas jeb 'flipčārtus' – lapas, kurās var veidot uzdevumus, strādāt ar attēliem un videofragmentiem, izmantot saites uz objektiem pašā darblapā; tajā esošos objektus var pārvietot un visas mācību stundā veiktās piezīmes var saglabāt izveidotajā darblapā.

2) Rakstāmrīkus un marķierus, kurus var izmantot, lai rakstītu un izceltu tekstu, veidotu zīmējumus vai veiktu darbvirsmas anotāciju.

3) Interaktivitātes veidošanas rīkus, piemēram, objektu šķirošanai – 'konteinerus', objektu pakāpeniskai atklāšanai – aizslietni vai starmeti, fotoaparāta rīku – filmas kadru fotografēšanai, iespēju uzlikt objektiem dažādas īpašības – iespēju pārvietot pa noteiktu trajektoriju, atvērt pēc speciālas pogas izvēles u.c.

4) Gatavus šablonus, fonus un ģeometriskas figūras – objektus, kurus skolotājs var izmantot, lai samazinātu laiku materiālu sagatavošanai.

5) Resursu bibliotēku, kurā atrodas gatavi attēli, foni, videofragmenti un flash vidē veidotas aplikācijas, kuras var izmantot mācību procesā.

6) Ieraksta iespējas, kuras var izmantot, lai ierakstītu, darbības, kas tiek veiktas tāfeles programmatūrā un pēc tam nepieciešamības gadījumā tās atskaņot.

7) Darblapu resursu krātuvi internetā – ražotāju uzturētās mājaslapas (skat. pielikumu Nr. 7), kurās atrodamos materiālus var adaptēt mācību mērķiem.

8) Darblapu publicēšanas iespēju, kuru izmanto sagatavotiem materiāliem, lai būtu iespēja materiālus atjaunināt un izmantot atkārtoti bez īpašas sagatavošanās.

9) Jautājumu un atbilžu sistēmu, kurā var sagatavot atbilžu izvēles uzdevumus, brīvo atbilžu uzdevumus, apstiprinājuma uzdevumus, lai tos izmantotu ar balsošanas ierīcēm vai programmatūru.

Atverot tāfeles programmatūru atveras tukša darba lapa un rīku rinda (skat. 4.3. att.), kur var atrast augstāk minētos rīkus un resursus.

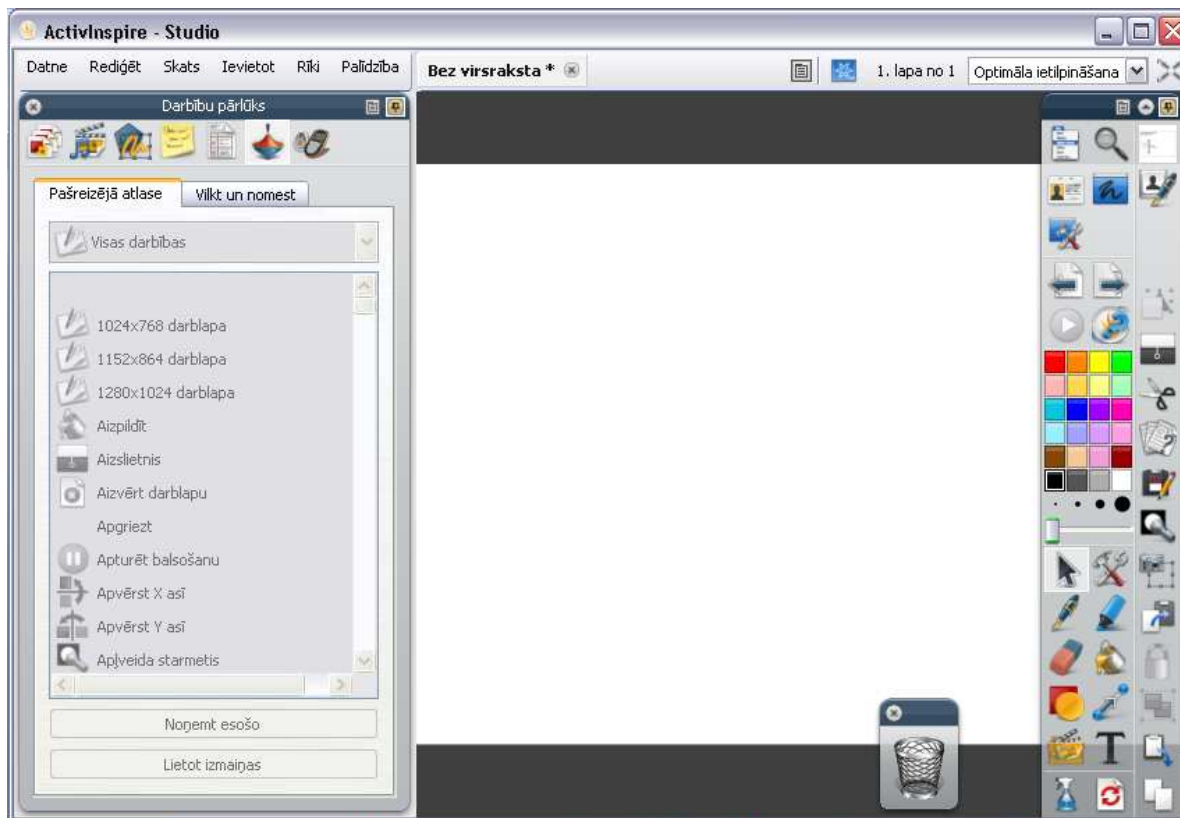
#### Mācību procesa tradicionāla organizācija

Skolotājs veido pierakstu uz tāfeles, ilustrējot savu stāstījumu ar zīmējumiem, veicot formulu izvedumus vai aprēķinus.

#### Interaktīvās tāfeles programmatūras priekšrocības

Skolotājs veido pierakstu uz interaktīvās tāfeles līdzīgi kā uz parastās tāfeles, bet papildus var izmantot gatavus materiālus, kas sagatavoti citā programmatūrā vai izmantot materiālus no resursu bibliotēkas, tādējādi iegūstot uzskatāmas ilustrācijas.





4.3. att. Tukša darblapa jeb flipčārts ActivInspire vidē

#### 4.4. Speciāli gatavotas darblapas jeb flipčārti

Izmantojot pieejamos objektus un resursus – attēlus, ģeometriskas figūras, videofilmu fragmentus, tekstus u.c., kā arī iespēju piešķirt objektiem dažādas īpašības, var izveidot gatavas darblapas, kuras plānotas, lai realizētu konkrētu sasniedzamo rezultātu fizikas mācību stundā.

##### 4.4.1. Attēlu izmantošana

Attēlus mācību procesā izmanto, lai uzskatāmi ilustrētu

1) objektus, kuri fiziski nav pieejami mācību procesā; objektu shematisko uzbūvi, tā darbības principu skaidrošanai, piemēram, iekšdedzes dzinēja uzbūves shēma, maiņstrāvas ģeneratora uzbūves shēma, magnētiskā lauka indukcijas līnijas magnētiskā lauka avota apkārtņē, zvaigžņoto debesi u.c.

2) procesu norises posmus, apstākļus un kopsakarības, piemēram, enerģijas pārvērtības elektroenerģijas ieguvē, atomu kodolu dalīšanās reakcijas, gaismas staru gaitu optiskajos instrumentos, viļņu interferenci, difrakciju, zvaigžņotās debess izskatu noteiktā laikā u.c.

##### Mācību procesa tradicionāla organizācija

Izmantojot mācību grāmatā, darba burtnīcā, žurnālos vai internetā pieejamos attēlus, skolēni iegūst informāciju mācību vielas ilustrācijai, izpratnei, uzdevumu veikšanai; skolotājs ilustrē stāstījumu, piedāvā problēmsituācijas.

### Interaktīvās tāfeles programmatūras priekšrocības

Ievietojot attēlus interaktīvās tāfeles vidē, iespējams tos pārvietot, grupēt, sadalīt fragmentos, palielināt un samazināt, tādējādi veidot interaktīvus uzdevumus.

1) Izmantojot fotoaparāta rīku interaktīvās tāfeles programmatūrā, var ātri un vienkārši sadalīt fragmentos attēlu, izveidojot uzdevumus, kuros

- skolēnam jāsakārto procesa secībā atsevišķie procesa posmi, piemēram, zvaigžņu evolūcijas gaita, vielas stāvokļu maiņa u.c.
- skolēnam jāizveido shēmas pēc noteiktām cēloņsakarībām, piemēram, elektromagnētisko viļņu skala, enerģijas aprīte dabā u.c.

2) Izmantojot objektu īpašības interaktīvās tāfeles programmatūrā, piemēram,:

- iespēju objektam rotēt ap savu asi un iespēju mainīt objekta caurspīdīguma pakāpi, var izveidot zvaigžņotās debess grozāmo karti ar uzliekamo riņķi. Šādu zvaigžņotās debess grozāmo karti mācību procesā lieto, lai uzskatāmi un interaktīvi ilustrētu, kādu informāciju varam nolasīt no šīs kartes – zvaigznāju atrašanās vietu, debess ekvatora un ekliptikas atrašanās vietu, zvaigznāju redzamību noteiktā laikā. Skolēni paralēli darbojas katrs ar savu zvaigžņu karti (skat. piemēru A).

- iespēju fiksēt objektus noteiktā vietā, novietot tos vairākos slāņos vienu otram virsū un mainīt objekta caurspīdīguma pakāpi, var izveidot viena un tā paša objekta attēlojumu dažādos apstākļos, piemēram, galaktiku attēlus dažādos elektromagnētiskā starojuma diapazonos.

3) Izmantojot dažādus fonus no interaktīvās tāfeles programmatūras bibliotēkas, piemēram,

- rūtiņu tīklu milimetros, var izveidot uzdevumus, kuros skolēni iemācās noteikt neregulāru figūru laukumu ar pārklājuma metodi (skat. piemēru B); uzdevumus, kuros skolēni mācās strādāt ar dažādiem mērogiem attēlos;
- magnētiskā lauka indukcijas līniju attēlojumu, var izveidot uzdevumus magnētismā par Ampēra un Lorenca spēku.

#### **4.4.1.1. Zvaigžņotās debess grozāmā karte fizikā, astronomijā un dabaszinībās vidusskolā**

Sagatavotais materiāls izmantojams, lai realizētu sasniedzamos rezultātus:

- Fizika 10. klase: orientējas pie debess redzamajos zvaigznājos, izmantojot zvaigžņotās debess grozāmo karti [78].
- Dabaszinības 12. klase: nosaka debess spīdekļu redzamību, izmantojot grozāmo zvaigžņu karti [26].
- Astronomija vidusskolā: 1) zina jēdzienus: ekliptika, deklinācija, rektascensija; 2) prot raksturot Saules kustību starp zvaigznēm, izmantojot zvaigžņu karti; 3) prot atrast zvaigžņu kartē un pie debess rudens, ziemas, pavasara un vasaras zvaigznājus [15].

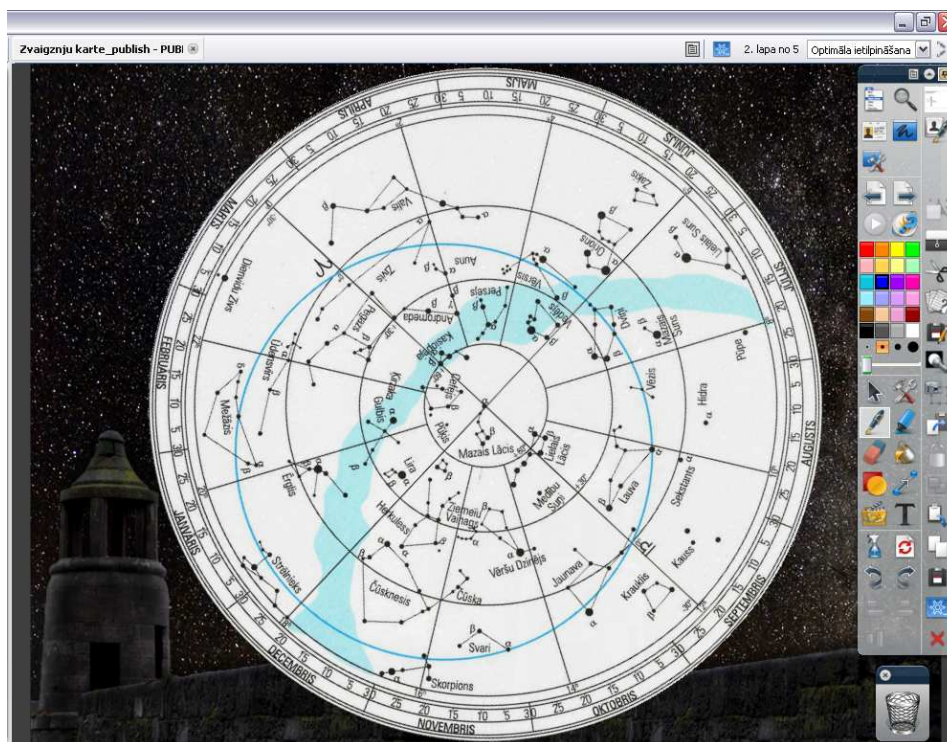
### **Piemērs A.** Zvaigžņotās debess grozāmā karte.

Izveidoto flipčārtu ActiveInspire vidē (skat. 4.4., 4.5. un 4.6. att.) izmanto kopā ar darba lapu „Zvaigžņotās debess grozāmā karte” (skat. pilnu darba lapas versiju pielikumā Nr. 8.1.). Katram skolēnam ir pieejama zvaigžņu karte un darba lapa. Skolēni kopā ar skolotāju apgūst zvaigžņu karti, sekojot demonstrējumiem interaktīvās tāfeles materiālā. Veidojot zvaigžņotās debess grozāmo karti interaktīvās tāfeles vidē, būtiski, kā izejas materiālu ņemt to pašu zvaigžņu karti, kas būs pieejama skolēniem.

Skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts:

- zina jēdzienus: debess ekvators, ekliptika, ekvinokcijas punkti, zvaigznājs, zenīts;
- orientējas pie debess redzamajos zvaigznājos, izmantojot zvaigžņotās debess grozāmo karti;

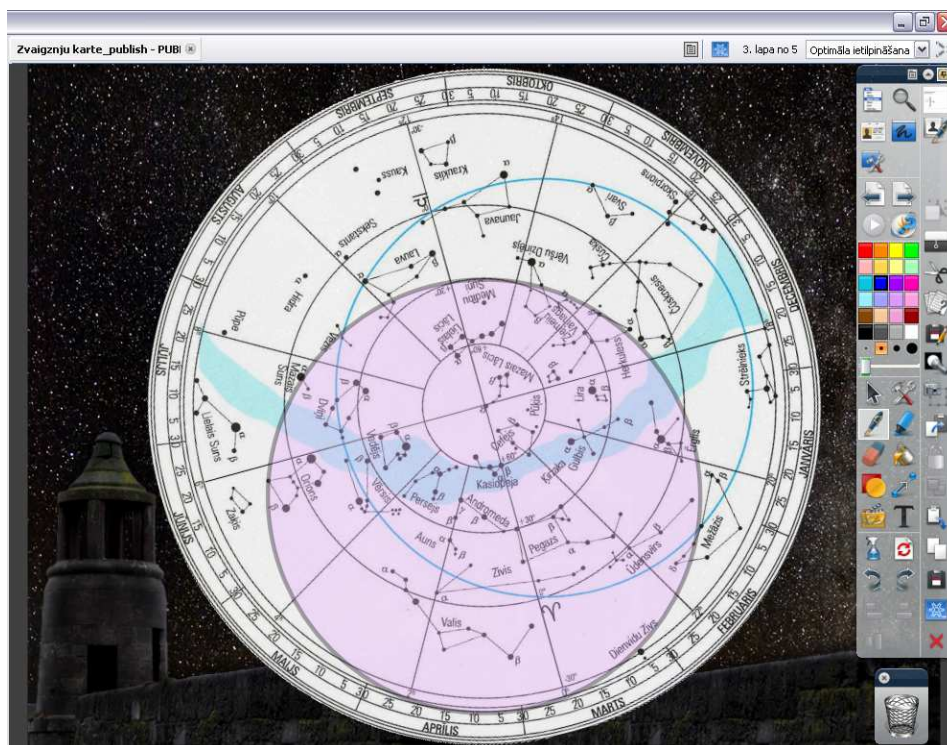
Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas: objektu fiksēšana noteiktā vietā, rīks ‘lupa’ ekrāna daļu palielināšanai, rotācija ap centru un objekta caurspīdīguma pakāpes maiņa.



4.4. att. Zvaigžņotās debess grozāmās kartes pamatne.

Izmantojot grozāmās zvaigžņu kartes pamatni (skat. 4.4. att.), var veikt pirmos astoņus uzdevumus, kas piedāvāti darba lapā (skat. pielikumu Nr. 8.1.): atrast un iezīmēt kartē Polārzvaigzni, debess ekvatoru, ekliptiku un ekvinokcijas punktus, iepazīt raksturīgās līnijas zvaigžņu kartē. Lai veiktu minētos uzdevumus, lieto programmatūras rīkus: pildspalvu, lai ievilkto kartē raksturīgās līnijas un punktus dažādās krāsās, kā arī lupu, lai palielinātu atsevišķas kartes daļas, tādējādi uzskatāmi parādot, kur krustojas debess ekvators ar ekliptiku, kur atrodas Polārzvaigzne vai kāds zvaigznājs. Tādējādi skolēni iepazīstas ar zvaigžņotās debess grozāmās

kartes uzbūvi un raksturīgajām līnijām; ka zvaigznājs ir debess apgabals ar noteiktām robežām, kas ietver visas tajā esošās zvaigznes un objektus, ne tikai zīmējums, kuru veido ar līniju savienotas zvaigznes; kuri zvaigznāji ir zodiaka zvaigznāji un kāpēc zvaigžņu kartē zvaigznāja zvaigznes tiek apzīmētas ar grieķu alfabēta burtiem.



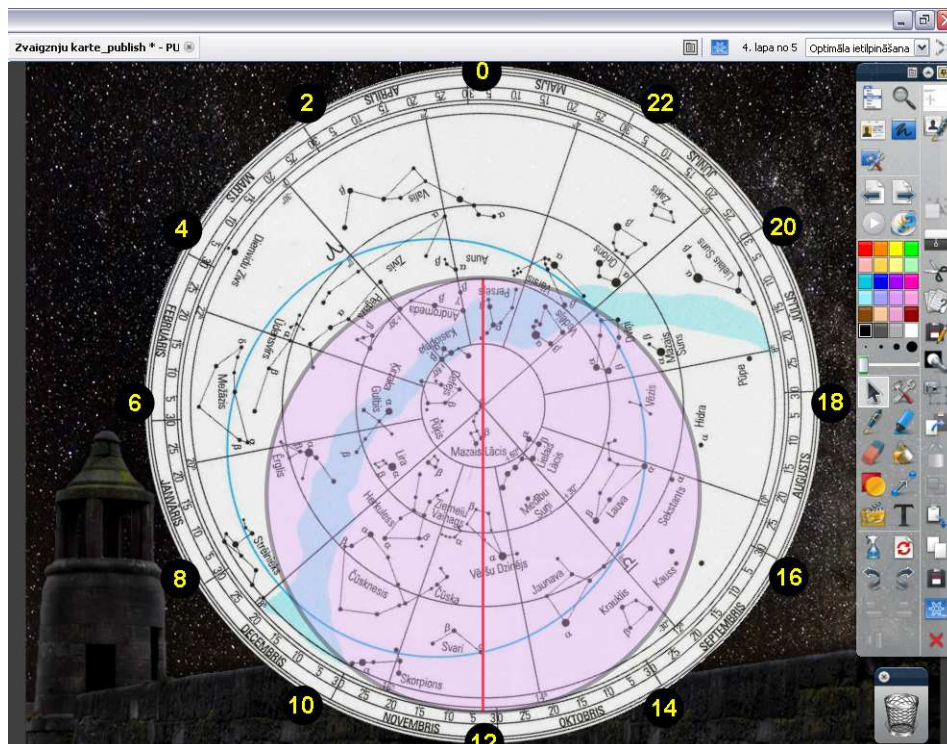
4.5. att. Zvaigžņotās debess grozāmās kartes uzliekamais riņķis.

Izmantojot grozāmās zvaigžņu kartes uzliekamo riņķi (skat. 4.5. att.), var veikt devīto uzdevumu, kas piedāvāts darba lapā: noskaidrot, kas ir zenīts, kas ir horizonts un kāpēc zvaigžņotās debess izskats dažādās valstīs atšķiras. Lai veiktu minēto uzdevumu, veidojot zvaigžņu kartes uzliekamo riņķi, zvaigžņu kartes pamatnei piešķirta īpašība, rotēt ap centru, tādējādi panākot to pašu efektu, ko skolēni iegūst, griežot reālai zvaigžņu kartei uzliekamo riņķi ap Polārzvaigzni. Skolēniem jāsaprot, kāpēc atšķirīgās valstīs zvaigžņotās debess izskats naktīs ir atšķirīgs, ka tas ir atkarīgs no ģeogrāfiskā platumā grādiem un līdz ar to iegādājoties zvaigžņotās debess grozāmo karti ir jāpievērš uzmanība, kurai ģeogrāfiskai vietai tā ir paredzēta. Skolēniem ir jāiemācās arī, kas ir vietējais laiks, lai noteiktu precīzu zvaigžņotās debess izskatu noteiktā Latvijas vietā, jo visā Latvijas teritorijā ir nelielas ģeogrāfiskā platumā atšķirības.

Izmantojot grozāmo zvaigžņu karti (skat. 4.6. att.), var veikt, visus atlikušos uzdevumus, kas piedāvāti darba lapā (skat. pielikumu Nr. 8.1.). Izmantojot stundu skalu uz riņķa malas, nosaka, kādi zvaigznāji būs redzami pie debess noteiktā laikā, orientējas pie zvaigžņotās debess, nosaka, kuri zvaigznāji vislabāk ir redzami dažādos gadalaikos, kad, kuri zvaigznāji lec un riet, kā arī kādi zvaigznāji ir redzami mūsu platumā grādos. Tādējādi skolēni iemācās, kā izmantojot zvaigžņotās debess grozāmo karti, noteikt, kādi zvaigznāji ir redzami pie debess, kurā laikā un kā



orientēties pie zvaigžņotās debess, kuri zvaigznāji vislabāk redzami dažādos gadalaikos un kāpēc nav redzami tie zvaigznāji, kuros atrodas Saule.



4.6. att. Zvaigžņotās debess grozāmā karte.

#### 4.4.1.2. Garuma un laukuma mērīšana

Sagatavotais materiāls izmantojams, lai realizētu sasniedzamos rezultātus:

- Fizika 8. klase: 1) izvēlas un lieto mērāmajam lielumam atbilstošas mērierīces, novērtējot mērījuma precizitāti; 2) nosaka mērierīces iedaļas vērtību un mērapjomu, nolasa vai aprēķina mērījumu rezultātus; 3) novērtē mērīšanas nozīmi datu ieguvē [41].

**Piemērs B.** Garuma un laukuma mērīšana.

Skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts:

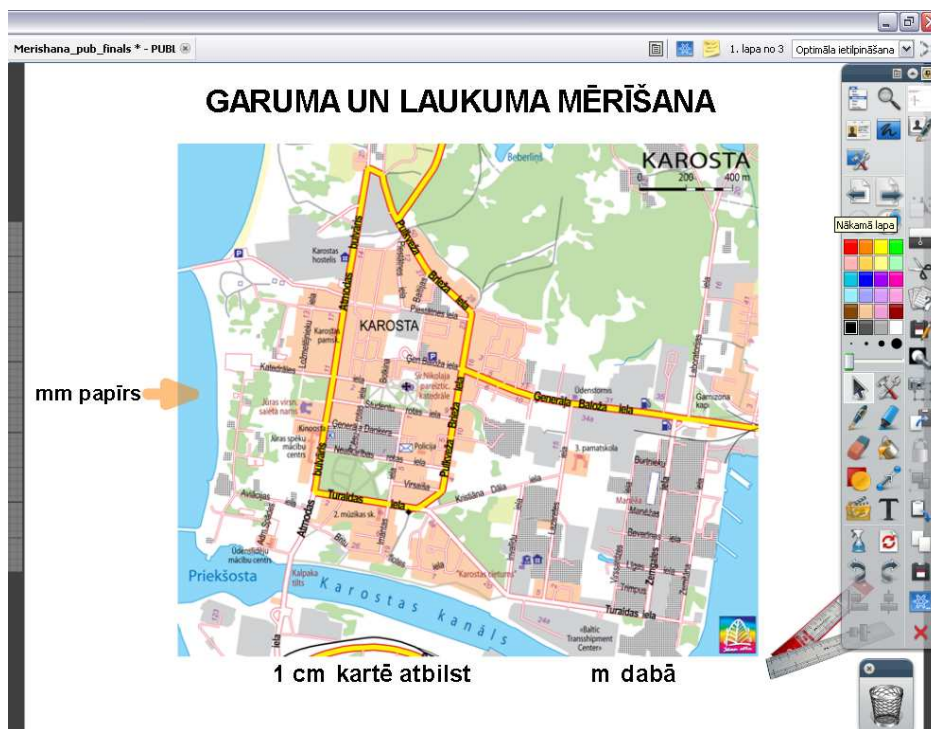
- prot, izmantojot dažādus mērogus, noteikt attālumus kartē un dabā;
- saprot atšķirību starp ceļu un pārvietojumu;
- prot noteikt laukumu regulārām un neregulārām figūrām, izmantojot pārklājuma metodi.

Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas: lineāls, milimetru režģa fons, rīks 'lupa' ekrāna daļu palielināšanai.

Izmantojot interaktīvās tāfeles materiālus stundā vienmēr ir jādodomā, kāds uzdevums ir pārējiem skolēniem klasē, kuri dotajā brīdī neatrodas pie tāfeles. Skolēni pilda uzdevumus savos pierakstos, piedalās diskusijā utml. Interaktīvās tāfeles materiālu „Garuma un laukuma mērīšana” (skat. 4.7., 4.8. un 4.9. att.) lieto kopā ar atbilstošo darba lapu (skat. pielikumu Nr.

8.3), kuru skolēni pilda pakāpeniski kopā ar skolotāju, sekojot līdzi un veicot atbilstošās darbības ar interaktīvās tāfeles programmatūras palīdzību.

Izmantojot Liepājas Karostas karti, (skat. 4.7. att.) var veikt pirmos astoņus uzdevumus, kas piedāvāti darba lapā (skat. pielikumu Nr. 8.3): nosakot kartes mērogu, nosaka attālumu kartē un dabā starp dažādiem objektiem, noskaidro atšķirību starp ceļu un pārvietojumu, nosaka taisnstūrveida laukumu ar divām metodēm: izmērot taisnstūra malas un aprēķinot laukumu, kā arī ar pārklājuma metodi, izmantojot milimetru papīru.

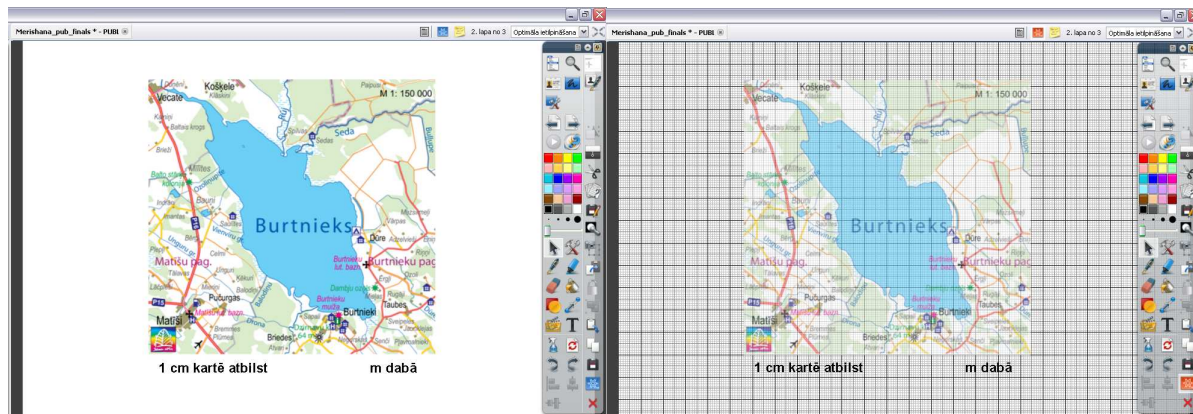


4.7. att. Liepājas Karostas kartes fragments ActivInspire vidē.

Sākumā skolēni iepazīstas ar Liepājas Karostas karti savās darba lapās un interaktīvās tāfeles materiālā. Skolēniem ir jānoskaidro, cik metri dabā atbilst 1 cm uz kartes. Kā to nosaka, nodemonstrē, izmantojot lineālu, kas atrodas tāfeles programmatūrā. Zinot atbilstošo mērogu, skolēniem jānosaka attālums kartē un dabā starp dažādiem objektiem (piemēram, starp Karostas cietumu un Sv. Nikolaja katedrāli; īsāko ceļu starp Karostas cietumu un Ziemeļu molu), noskaidrojot atšķirību starp ceļu un pārvietojumu. Pakāpeniski uzdevuma grūtības pakāpe tiek palielināta. Sākumā skolēniem ir jānosaka Lāčplēša parka laukums, kas nav sarežģīti, jo parkam ir taisnstūrveida forma un, lai noteiktu laukumu ir jānomēra katras malas garums (laukums = mala x mala). Tad skolēnam šis pats laukums ir jānosaka ar pārklājuma metodi, liekot kartei virsū caurspīdīgu milimetru papīru. Skolēni veic uzdevumu darba lapās, bet, ņemot vērā, ka tāfeles programmatūras resursos ir piedāvāts milimetru režģis, tad šo metodi skolotājs vai kāds skolēns var demonstrēt pie tāfeles. Līdz ar to skolēnam ir iespēja pārbaudīt iegūto rezultātu ar divām dažādām metodēm.

Lai veiktu minētos uzdevumus, lieto programmatūras rīkus: lineālu, lai mērītu attālumus un novilkto taisnas līnijas, pildspalvu, lai ievilkto kartē līnijas un pierakstītu aprēķinu rezultātus, kā

arī milimetru rūtiņu tīklu no programmatūras resursiem, lai varētu noteikt laukumu ar pārklājuma metodi.



4.8. att. Burtnieku ezera karte bez un ar milimetru režģa fonu ActivInspire vidē.

Izmantojot Burtnieku ezera karti secīgi otro un trešo lapu, var veikt pēdējos divus uzdevumus, kas piedāvāti darba lapā (skat. pielikumu Nr. 8.3): nosakot kartes mērogu un izmantojot milimetru fonu, nosaka Burtnieku ezera laukumu ar pārklājuma metodi. Iegūtais rezultāts ir jāpārbauda, atrodot informāciju enciklopēdijā vai internetā. Lai veiktu minētos uzdevumus, lieto programmatūras rīkus: pildspalvu, lai pierakstītu aprēķinu rezultātus, lupu, lai palielinātu atsevišķas kartes daļas, tādējādi uzskatāmi demonstrējot, cik  $\text{mm}^2$  ietilpst Burtnieku ezera attēlā, kā arī milimetru režģi no programmatūras resursiem, lai varētu noteikt laukumu ar pārklājuma metodi.



4.9. att. Interaktīvās tāfeles materiāla „Garuma un laukuma mērīšana” aprobācija Jūrmalas Pumpuru vidusskolā.

#### 4.4.2. Filmas fragmentu izmantošana

Filmas fragmentus mācību procesā izmanto, lai

1) ilustrētu fizikālās parādības un procesus, kurus klasē nevar nodemonstrēt, tāpēc ka nav pieejamas atbilstošas ierīces vai nevar radīt procesa norisei nepieciešamos apstākļus, piemēram, hologrammas iegūšanas procesu, viļņu interferenci, miera berzes izpausmes, vielas uzbūvi elektronmikroskopā utml.

2) ilustrētu fizikālos procesus to norises dabiskajos vai laboratorijas apstākļos, piemēram, zibeni negaisa laikā, dzelzs kausēšanas procesu rūpnīcā, cilvēka lidojumu gaisa plūsmā Aerodium vēja tunelī u.c.

3) demonstrētu darba gaitu veicamajiem laboratorijas darbiem un demonstrējumiem.

##### Mācību procesa tradicionāla organizācija

Pirms filmas fragmenta noskatīšanās, skolēni var prognozēt aplūkojamā procesa norisi un apstākļus, kādi nepieciešami, lai process notiktu utml. Pēc filmas vai filmas fragmenta noskatīšanās skolēni individuāli vai grupās pārbauda savas prognozes, atbild uz jautājumiem darba lapās vai diskutē par novēroto procesu. Filmu var vairākas reizes apturēt noteiktās vietās, lai analizētu redzēto un prognozētu tālāko procesa norises gaitu.

Skolēni var mācību procesā patstāvīgi uzņemt filmas, lai dokumentētu laboratorijas darba gaitu; lai demonstrētu iegūtos datus un rezultātus.

##### Interaktīvās tāfeles programmatūras priekšrocības

Ievietojot filmu vai filmas fragmentu interaktīvās tāfeles vidē, iespējams filmas skatīšanās laikā vai pirms filmas demonstrēšanas **iegūt atsevišķus filmas kadrus**, kurus lieto uzdevumu izveidei.

1) Izmantojot iegūtos filmas kadrus var veidot uzdevumus, kuros prognozēt procesa norises gaitu pirms filmas noskatīšanās, sarindojot atbilstošā secībā piedāvātos kadrus.

- skolēnam jāprognozē procesa norises gaita pirms filmas noskatīšanās, sarindojot procesa norises secībā piedāvātos kadrus, piemēram, vielas stāvokļa maiņa, enerģijas ieguves posmi hidroelektrostacijā utml.;

- skolēnam jāizvēlas no piedāvātajiem filmas kadriem tie, kas ilustrē procesa norises vai demonstrējuma būtiskākos momentus: nepieciešamos darba piederumus, ierīces sagatavošanu demonstrējumam, eksperimenta sākuma apstākļus, eksperimenta norises momentus, kas ietekmē eksperimenta tālāko gaitu vai norises apstākļus, eksperimenta rezultātus, tādējādi, mācoties novērot būtiskāko jebkurā eksperimentā (skat. piemēru C).

2) Vērojot animācijas filmas vai mākslas filmas fragmentus, izvēlēties tos kadrus, kas ilustrē fizikālās aplamības, lai rosinātu diskusijas mācību procesā un veiktu minēto procesu analīzi.

3) Izmantojot filmu fragmentus, kuru titros redzams procesa norises laiks vai iegūstot procesa norises laiku no filmas atskaņošanas programmas, var veidot uzdevumus procesu



raksturlielumu maiņas noteikšanai laikā, piemēram, automobiļa braukšanas ātrums, siltuma izplatīšanās ātrums u.c.

4) Izmantojot lineālu interaktīvās tāfeles programmatūrā, var mērīt nepieciešamos attālumus un akcentēt nosacīto garuma vienību lietojumu, jo attēla izmērus programmatūrā var mainīt.

- skolēniem jāizmanto attēlā dotais mērogs, objekta reālo izmēru noteikšanai vai otrādi, piemēram, nosakot objektu atrašanās vietu – attālumu starp ceļa stabiņiem automobiļa ātruma noteikšanai, attālumu starp nagliņām demonstrējuma, kas ilustrē siltumvadīšanas procesu utml.

### **Piemērs C.** Siltumvadīšana metālos.

Materiāls izmantojams, lai realizētu sasniedzamos rezultātus:

- Fizika 8. klase: 1) atšķir un izskaidro dažādu veidu siltumpārnesi dabā un tehnikā, mainoties temperatūrai; 2) lieto, analizējot dabas procesus un ikdienā lietojamās ierīces, jēdzienus: siltumvadīšana, konvekcija, siltumstarojums; 3) izvirza pieņēmumu un plāno darba gaitu par dažādu materiālu siltumvadīšanas procesu; 4) veic eksperimentu par dažādas krāsas vai dažādu materiālu siltumvadīšanas procesu un analizē iegūtos rezultātus [41].

Skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts:

- lieto siltumvadīšanas jēdzienu, analizējot demonstrējumu;
- prot atšķirt pētnieciskās darbības soļus eksperimentā;
- nosaka kustības ātrumu vienmērīgā kustībā.

Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas: filmas kadru fotografēšana, objektu pārvietošana un palielināšana, lineāls.

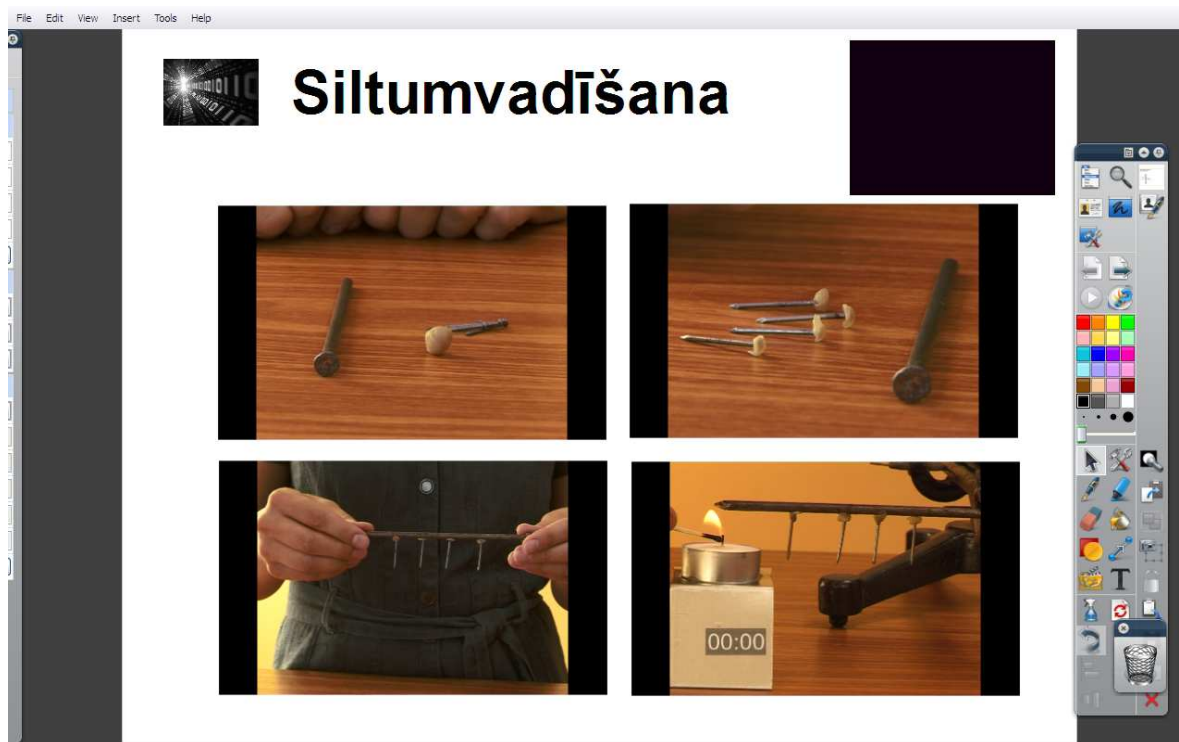
Skolēni skatās filmas fragmentu, kurā ir nofilmēts eksperiments par siltuma izplatīšanos metālos. Demonstrējumā redzams, kā mazās nagliņas ar vaska palīdzību tiek piestiprinātas pie lielās naglas. Lielās naglas vienā galā ir novietota tējas svece, kuru aizdedzina un uzņem laiku, lai varētu izsekot, kuros laika momentos, siltumam izplatoties lielajā naglā, vasks izkūst un mazās nagliņas pakāpeniski viena aiz otras nokrīt uz galda.

Filmis fragmenta skatīšanās laikā, skolotājs, izmantojot interaktīvās tāfeles programmatūras rīku ‘fotoaparāts’, fiksē procesa svarīgākos momentus (skat. 4.10. att.) – darba piederumus (naglas un vasku), sagatavoto demonstrējuma ierīci (pie lielās naglas ar vasku piestiprinātas mazās nagliņas), eksperimenta sākuma momentu (svieces aizdedzināšanas brīdi), izmaiņas eksperimenta norisē (kadrus, kuros nokrīt mazās nagliņas). Izmantojot iegūtos filmis kadrus, skolotājs organizē pētniecisko soļu apguvi stundas laikā.

Uzdevumi skolēniem:

1. Sakārtot kadrus procesa norises secībā.

Skolēni atsauc atmiņā procesa norises gaitu. Ja skolēniem piedāvā šos pašus filmis kadrus pirms filmis skatīšanās, tad skolēni prognozē procesa norisi.



4.10. att. Filmas kadri interaktīvās tāfeles vidē pētniecisko soļu apguvei fizikā pamatskolā.

2. Īsi raksturot katru filmas kadru, pamatojot, kāpēc tieši šie kadri ir izvēlēti.

Skolēniem ir jāsaprot, ka ir fiksēti augstāk minētā eksperimenta svarīgākie momenti – darba piederumi, demonstrējuma ierīce, eksperimenta sākuma moments un brīži, kad kaut kas mainās eksperimenta norisē, t.i., kad nokrīt pirmā, otrā, trešā un ceturtā mazā nagliņa.

3. Noskaidrot siltuma izplatīšanās ātrumu lielajā naglā, izmantojot filmas kadros redzamo informāciju.

Lai noteiktu siltuma izplatīšanās ātrumu, ir jāzina siltuma veiktais attālums un laiks, kurā siltums izplatās. Filmas kadros ir redzams laiks, kad tika uzsākts eksperiments un skolēni var nolasīt laika momentus, kuros nokrīt katra no mazajām nagliņām. Izmantojot tāfeles programmatūrā pieejamo lineālu, skolēni nosaka attālumu starp nagliņām, tādējādi iegūst visus nepieciešamos datus ātruma aprēķināšanai. Te jāņem vērā tas, ka interaktīvās tāfeles programmatūrā ir iespējams mainīt attēla izmērus, līdz ar to tie atšķiras no ķermeņu izmēriem dabā, tātad aprēķini tiek veikti ar garuma nosacītām vienībām. Izmantojot iegūtās ātruma vērtības, skolēni var secināt, vai siltuma izplatīšanās notiek vienmērīgi.

4. Nosaukt, kas jāņem vērā, veicot šādu eksperimentu praktiski klasē.

Skolēniem jāsaprot, ka 1) jāievēro drošības noteikumi strādājot ar uguni; 2) piestiprinot mazās nagliņas vienādos attālumos vienu no otras un no lielās naglas viena gala, būs iespējams vienkāršot aprēķinus.

### 4.4.3. Interaktīvais materiāls pašmācībai fizikā 8. klasei

Interaktīvais materiāls pašmācībai 8. klasei fizikā atbilst 8. klases fizikas kursam un aptver sekojošus tematus: 1) Ko mācās fizikā? 2) Skaņa ikdienā. 3) Gaisma un krāsas (skat. 4.11. att.). 4) Siltuma procesi mums apkārt. 5) Kustība. 6) Spēks un drošība. Materiāls ir izveidots līdzīgi kā grāmata, kur katrā atvērumā sistemātiski apskatīts kāds temats – neliels teksta fragments, attēli, izmantojot elektroniskās vides iespējas, arī interaktīvi uzdevumi, animācijas, videofragmenti un uzdevumi pašpārbaudei. Katra temata noslēgumā ir piedāvāts tests pašpārbaudei par aplūkoto tematu. Skolēns var izpildīt uzdevumu un arī pārbaudīt savas atbildes.

The screenshot shows a web-based interactive learning environment. The browser address bar indicates the page is 'F\_08\_IT\_03p - PUBLICĒTS'. The main content area is divided into two columns. The left column, titled 'GAISMAS AVOTI', contains a text input field with the prompt 'Ķermeņi, kas izstaro gaismu, ir gaismas avoti.', a gallery of four images showing different light sources, and three multiple-choice questions. The right column, titled 'GAISMAS IZPLATĪŠANĀS', contains a question about light dispersion in a forest, two images (a forest scene and a light source in a forest), and a text input field for the answer. The interface also includes a navigation bar at the top, a toolbar on the right, and navigation buttons at the bottom.

4.11. att. Interaktīvais materiāls pašmācībai fizikā 8. klasei temats „Gaisma un krāsas”.

Tā kā materiāls ir sagatavots interaktīvās tāfeles programmatūrā, tad skolotājs var šo materiālu arī lietot stundā uz interaktīvās tāfeles.

## 4.5. Interaktīvā tāfele kā multimediju centrs

### 4.5.1. Jautājumu/atbilžu sistēmas fizikas mācību procesā

Mācību procesā bieži izmanto atbilžu izvēles, savietošanas un brīvo atbilžu uzdevumus, lai formatīvi vai summatīvi iegūtu atgriezenisko saiti par apgūstamo mācību priekšmeta jautājumu. Atbilžu izvēles un savietošanas uzdevumiem raksturīgi tas, ka katram jautājumam tiek piedāvātas vairākas atbildes, no kurām jāizvēlas pareizā atbilde, savukārt, brīvo atbilžu uzdevumu gadījumā skolēns sniedz pats atbildi uz jautājumu. Tradicionālie atbilžu izvēles un savietošanas uzdevumu veidi: 1) testa uzdevumi, kuriem ir jāizvēlas viena vai vairākas atbildes; 2) savietošanas uzdevumi, kuros jāizvēlas atbilstošas atbildes no piedāvātajiem variantiem; 3) nepabeigti teikumi, kuros trūkstošā vārda vietā jāizvēlas atbilstošais vārds no piedāvātajiem; 4) jā/nē – uzdevumi, kuros jānorāda vai minētais apgalvojums ir patiess vai nepatiess. Atbildes šāda veida uzdevumos var būt atsevišķi vārdi, apgalvojumi, fizikālo lielumu apzīmējumi, mērvienības, skaitliskās vērtības un attēli utml.

#### Mācību procesa tradicionāla organizācija

Organizējot mācību procesā formatīvo vai summatīvo vērtēšanu, skolēniem tiek piedāvāti dažādi uzdevumi, kurus skolēni noteiktā laikā pilda uz lapām. Arī vidusskolas fizikas centralizētajā eksāmenā [22] tradicionāli eksāmena pirmajā daļā skolēniem tiek piedāvāti atbilžu izvēles uzdevumi, kuros jāizvēlas tikai viena pareizā atbilde, otrajā daļā ir gan atbilžu izvēles, gan savietošanas uzdevumi, gan brīvo atbilžu uzdevumi, un tikai trešajā eksāmena daļā ir brīvo atbilžu uzdevumi, kuros skolēniem ir jāveic aprēķini, jāpiedāvā radoši risinājumi un jāparāda pētnieciskās darbības prasmes.

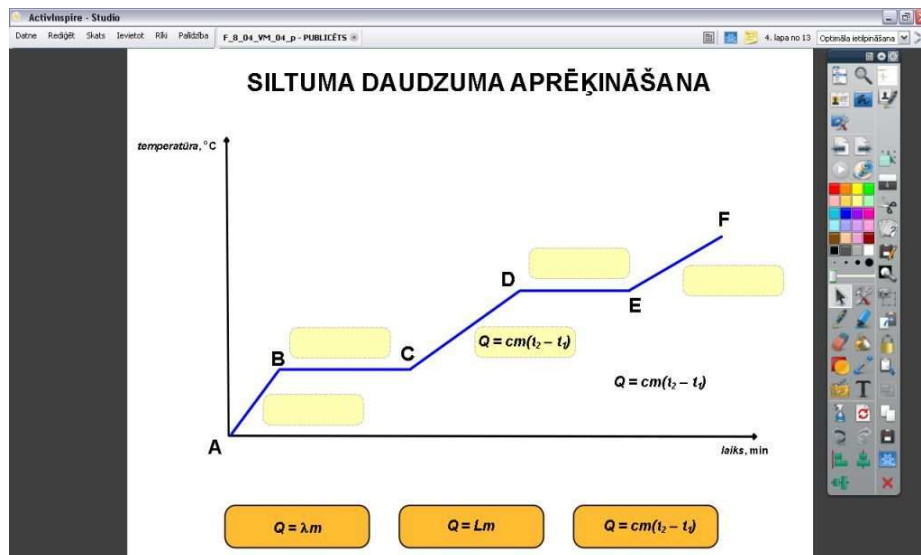
Skolēni darbus nodod un parasti skolotājs pārbauda skolēnu atbildes. Ja mācību procesā veic formatīvo vērtēšanu, tad skolēni var veikt darba pārbaudi, savstarpēji apmainoties darbiem vai individuāli salīdzinot atbildes ar pareizajām atbildēm.

#### Interaktīvās tāfeles programmatūras priekšrocības

Veidojot uzdevumus interaktīvās tāfeles vidē iespējams objektiem piešķirt dažādas īpašības, tādējādi veidojot interaktīvus uzdevumus jebkurā fizikas tematā.

1) Izmantojot *Drag and Drop/Vilkt kopiju* funkciju, atbildēm piešķir paškopēšanās īpašību, t.i. ja skolēns izvēlas atbildi un pārvieto to pretī jautājumam, atbilžu rindā šī atbilde vienalga paliek, tiek pārvietota kopija. Tādējādi skolēns ir spiests izvērtēt vai šī pati atbilde neder vēl kādam no piedāvātajiem jautājumiem, nevis vienkārši izvēlēties atbildi no atlikušajām iespējām (skat. 4.12. att.).

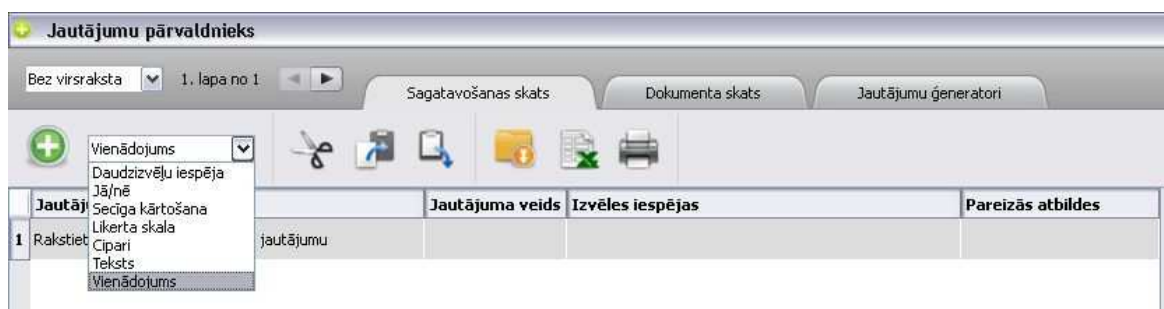
2) Izmantojot *Container/Ietvere* funkciju, objektiem piešķir šķirošanas īpašību, t.i., savietošanas uzdevumos novietojot atbildi tai paredzētajā vietā, ja atbilde nav pareiza, to neļauj tur ievietot un automātiski atgriež sākotnējā pozīcijā. Tādējādi skolēnam ir iespēja iegūt momentānu atgriezenisko saiti un izvērtēt, kāpēc viņa piedāvātais risinājums nav pareizs.



4.12. att. Objektu paškopēšanās īpašību lietojums interaktīvās tāfeles vidē kopsavilkumā par siltuma procesiem.

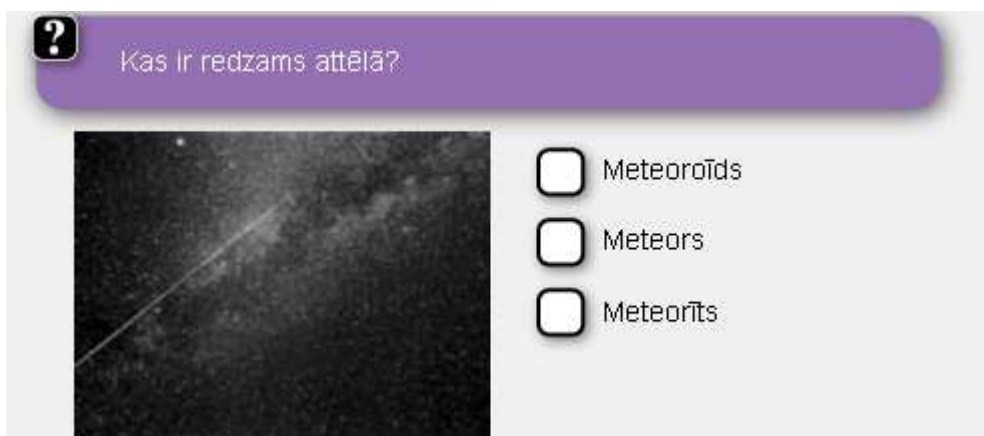
Kopā ar tāfeles programmatūru ir iespējams lietot balsošanas ierīces vai jautājumu un atbilžu sistēmas programmatūras versiju. Lietojot programmatūras versiju, nav nepieciešamas balsošanas ierīces, bet katram skolēnam tad ir nepieciešama iespēja strādāt pie datora.

Interaktīvās tāfeles programmatūrā var sagatavot dažāda veida uzdevumus (skat. 4.13. att.):



4.13. att. Jautājumu pārvaldnieks ActivInspire vidē.

- uzdevumus ar **daudzizvēļu iespēju** atbildēm, kur skolēnam jāizvēlas viena pareizā atbilde no piedāvātajām divām līdz sešām atbildēm, piemēram, jautājums no interaktīvā materiāla pašmācībai pamatskolā fizikā: Kas ir redzams attēlā (skat. 4.14. att.)? A Meteoroids. B Meteors. C Meteorīts.



4.14. att. Uzdevums interaktīvajā materiālā pašmācībai tematā „Novērojamais Visums”.

- **jā/nē uzdevumus**, kuros skolēniem jānorāda vai piedāvātais apgalvojums ir patiess vai nepatiess, piemēram, uzdevums no noslēguma darba fizikā 12. klasei par gaismas viļņiem [89, 35. lpp.] (skat. tabulu 4.2.):

4.2. tabula

**Jā/nē uzdevums jautājumu/atbilžu sistēmai noslēguma darbā par gaismas viļņiem**

	Apgalvojums	Jā	Nē
A	Ja baltā gaisma izplatās caur gaisā novietotu stikla prizmu, tad spektrā sarkanā gaisma ir vairāk laužta nekā violetā gaisma.		
B	Gaismas dispersiju var novērot, ja gaisma atstarojas no ieliekta spoguļa.		
C	Attālums Mēness – Zeme vidēji ir 384 400 km, un gaisma to veic 1.0 sekundē.		
D	Divi gaismas viļņi ar garumu 620 nm, pārklājoties veido interferences minimumu, ja spēkā ir nosacījums, ka abos viļņos svārstības notiek vienādās fāzēs.		
E	Fotoaparāta objektīvs atstarotā gaismā izskatās sārti violets (ceriņu ziedu krāsā), jo uz lēcas uzklātā plānā kārtiņa interferences dēļ nodrošina maksimālu dzeltenī zaļās gaismas caurlaidību.		
F	Difrakcija labāk novērojama, ja šķēršļa izmērs ir samērojams ar gaismas viļņa garumu.		

- uzdevumi, kuros piedāvātās atbildes jāsakārto **noteiktā secībā**, piemēram, sarindot dabā esošās fundamentālās mijiedarbības – gravitācijas mijiedarbība, vājā mijiedarbība, stiprā mijiedarbība, elektromagnētiskā mijiedarbība pēc to iedarbības stipruma utml.; sakārtot zvaigžņu krāsas atkarībā no temperatūras augošā secībā, sākot ar aukstākajām zvaigznēm (skat. 4.15. att.).

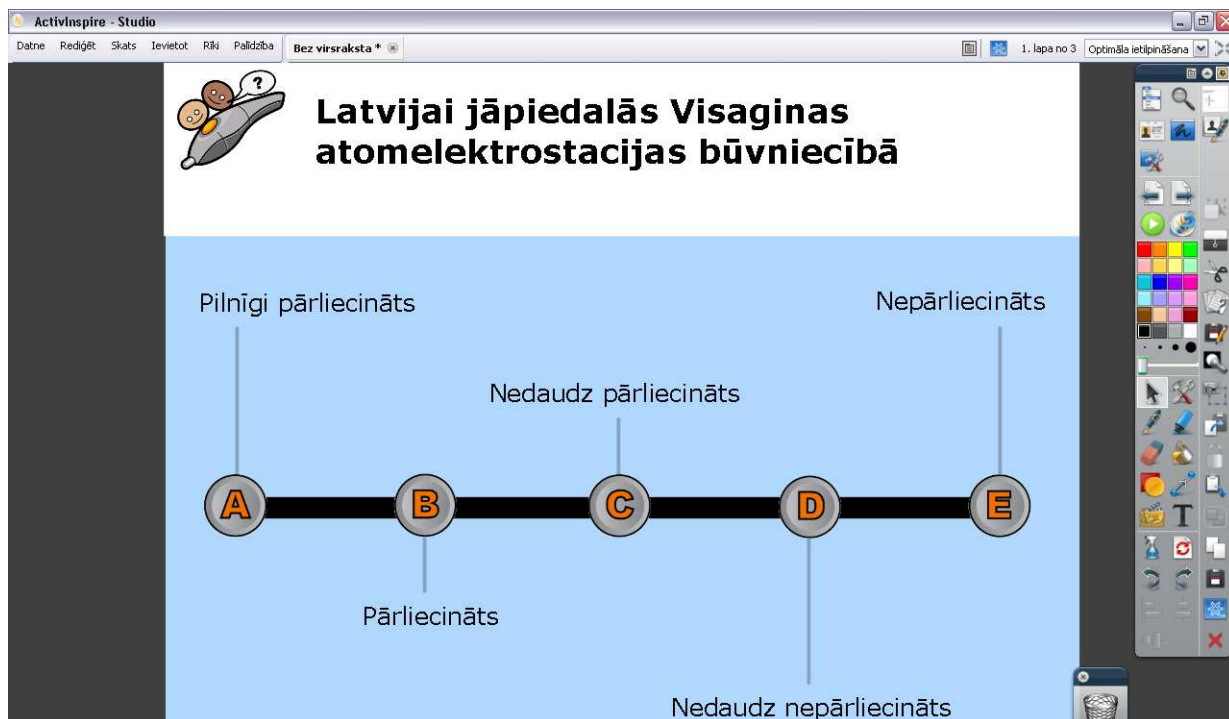


4.15. att. Secīgas kārtēšanas uzdevums interaktīvajā materiālā pašmācībai fizikā 9. klasei tematā „Novērojamais Visums”.

- uzdevumi, kuros atbilde ir jāsniedz **Likerta skalā**, jāizvērtē atbildes iespējamība vai jāizrāda sava attieksme par kādu jautājumu, piemēram, jāparāda kādā mēra piekrīt apgalvojumam, ka atomenerģijas izmantošana atstāj kaitīgu ietekmi uz apkārtējo vidi. Izmantojot



Likerta skalu iegūst klases viedokļu sadalījumu, kuru izmanto par pamatu tālākai diskusijai; būtiski, ka skolēni pamato savu viedokli.



4.16. att. Jautājums Likerta skalā skolēnu viedokļu noskaidrošanai par Visaginas AES.

- uzdevumi, kuriem atbilde ir skaitliskā vērtība, mērvienība, jēdziens, secinājums vai vienādojums. Skolēni atbildes uz jautājumiem var ievadīt jebkādā formā – izvēlēties no piedāvātajām atbildēm, ievadīt skaitli, tekstu, vienādojumu.

Kāda ir priekšrocība, izmantojot mācību procesā balsošanas ierīces vai jautājumu un atbilžu sistēmas programmatūras versiju? Skolēni sniedz atbildi elektroniski, tādējādi ir iespēja uzreiz pēc jautājuma redzēt kurš skolēns, ko ir atbildējis un iegūto informāciju izmantot formatīvai vai summatīvai vērtēšanai. Iegūtos rezultātus iespējams eksportēt uz elektroniskajām tabulām un veikt rezultātu statistisko analīzi, ja nepieciešams. Programmatūra fiksē arī atbildes iesniegšanas laiku, tādējādi skolotājs var iegūt informāciju par skolēnu domāšanas ātrumu. Jautājumu un atbilžu sistēmas programmatūras versijā ir iespējams katram skolēnam strādāt savā tempā, tiklīdz skolēns ir atbildējis uz vienu jautājumu, tā saņem nākamo.

#### 4.5.2. Dokumentu jeb datu kamera

Datu kameru ieteicams izmantot demonstrējumos, ja demonstrējamie objekti ir nelieli pēc izmēriem un nav labi saskatāmi no visām klases vietām.

##### Mācību procesa tradicionāla organizācija

Datu kameru izmanto, lai vienlaikus visai klasei demonstrētu attēlus vai uzdevumus no grāmatas, skolēnu individuālos vai grupas veiktos uzdevumu risinājumus, eksperimentus, ja demonstrējamie objekti ir nelieli vai arī frontāli demonstrētu veicamā laboratorijas darba gaitu.

Ja datorā uzinstalē datu kameras programmatūru, tad ir iespējams arī nofotografēt demonstrējamā objekta vai eksperimenta attēlus.

#### Interaktīvās tāfeles programmatūras priekšrocības

Izmantojot datu kameru kopā ar interaktīvo tāfeli, vienu vai vairākus eksperimenta attēlus var uzreiz ieintegrēt interaktīvās tāfeles vidē un izmantot mācību procesā, strādāt līdzīgi kā ar atsevišķiem attēliem vai filmas kadriem (skat. augstāk sadaļās 4.4.1. Attēlu izmantošana un 4.4.2. Filmas fragmentu izmantošana).

**Piemērs D.** Demonstrējumi elektrības kursā par elektrisko strāvu dažādās vidēs, elektrisko lauku un diodes īpašībām.

Sagatavotais materiāls izmantojams, lai realizētu sasniedzamos rezultātus:

- Fizika 11. klase: 1) izprot vadītājiem un dielektriķiem piemītošās īpašības elektriskajā laukā; 2) grafiski attēlo un analizē funkcionālas sakarības, raksturojot elektrisko lauku; 3) izskaidro vadītāju elektrisko īpašību atkarību no vielas uzbūves; 4) demonstrējumā vēro, kā plūst strāva dažādās vidēs, izskaidro demonstrējuma rezultātus un diskutē par tiem; 5) atlasa informāciju un analizē pētījuma rezultātus, veicot pētījumu par elektrisko strāvu dažādās vidēs [78].

- Fizika 12. klase: apraksta pusvadītāju ierīču – tranzistors, diode, termistors, fotodiode, fotoelements – darbības principus [78].

Demonstrējuma piederumi: viena vai vairākas gaismas diodes (3V), taisnstūrveida trauks ar ūdeni (vismaz 15 cm x 10 cm x 2 cm), sprieguma avots (3 galvaniskie elementi, katrs 4.5 V), 2 skārda plāksnītes vai cepamā folija elektrodu izveidošanai, divi vadi, 4 ‘krokodilu’ spailes.

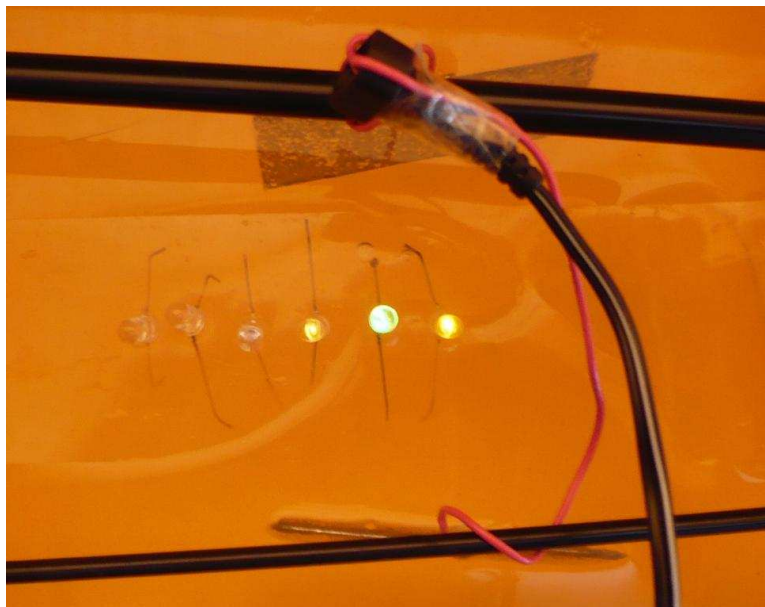
Demonstrējuma ierīce: Trauka galos nostiprina elektrodus, traukā ielej ūdeni tā, lai daļa no elektrodiem atrastos zem ūdens. Elektrodiem pieslēdz spriegumu. Traukā starp elektrodiem ievieto diodi tā, lai diode atrastos perpendikulāri starp elektrodu plāksnītēm, bet neskartos tām klāt (skat. 4.17. att). Būtiski novērtēt attālumu starp elektrodiem. Lai to noteiktu jāņem vērā, cik liels būs elektrodiem pieslēgtais spriegums, cik liels ir diodei paredzētais spriegums un caurplūstošās strāvas stiprums, cik liels ir attālums starp diodes kājiņu galiem. Metodiskos komentārus, kā labāk realizēt demonstrējumu detalizētāk skat. pielikumā Nr. 9.

Demonstrējumi, kurus iespējams veikt izmantojot šo ierīci:

- 1) Ūdens vada elektrību (skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts: demonstrējumā vēro, kā plūst strāva ūdenī, izskaidro demonstrējuma rezultātus un diskutē par tiem).

Skolēni redz, ka diodes kājiņas nepieskaras elektrodiem, bet atrodies starp elektrodiem, kuriem pieslēgts spriegums, diode spīd. Atvienojot vienu elektrodu no sprieguma avota, var novērot, ka diode vairs nespīd.





4.17. att. Diodes novietojums attiecībā pret elektrodiem demonstrējuma laikā.

2) Elektriskais lauks un tā īpašības (skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts: prot raksturot elektrisko lauku; izprot vadītājiem piemītošās īpašības elektriskajā laukā; grafiski attēlo un analizē funkcionālās sakarības, raksturojot elektrisko lauku).

Skolēni var novērot, ka elektriskais lauks ir lokalizēts starp elektrodiem, pie kuriem pieslēgts spriegums. Ja diodi ievieto ūdenī starp elektrodiem, pie kuriem ir pieslēgts spriegums, perpendikulāri attiecībā pret elektrodiem, diode spīd. Ja diodi pārvieto pa labi vai pa kreisi un novieto tā, lai diode vairs neatrodas starp elektrodiem, tad var redzēt, ka diode vairs nespīd. Ja pieejamas vairākas diodes, tad elektriskā lauka lokalizāciju starp elektrodiem uzskatāmi nodemonstrē, nostiprinot diodes paralēli vienu otrai uz caurspīdīgas kodoskopa plēves un plēvi novieto traukā ar ūdeni tā, ka daļa no diodēm atrodas starp elektrodiem un spīd, bet daļa atrodas ārpus elektrodiem un nespīd (skat. 4.17. att.). Izmantojot interaktīvās tāfeles vidē iegūto demonstrējuma attēlu virkni, skolēni var iezīmēt fotogrāfijā elektriskā lauka lokalizāciju starp elektrodiem.

Skolēni var arī novērot kā gaismas diodes spīdēšanas intensitāte ir atkarīga no potenciālu starpības elektriskajā laukā. Ja diodi ievieto ūdenī starp elektrodiem, pie kuriem ir pieslēgts spriegums, perpendikulāri attiecībā pret elektrodiem, diode spīd. Ja diodi pagriež ap savu asi nedaudz slīpāk – piemēram par 10 grādiem, tad var novērot, ka diode sāk spīdēt vājāk. Pagriežot diodi vēl slīpāk, var novērot, ka tā spīd vēl vājāk. Ja diodi pagriež par 90 grādiem attiecībā pret sākotnējo stāvokli – diode atrodas paralēli elektrodiem, potenciālu starpība starp diodes kājiņām ir nulle un diode nespīd. Izmantojot interaktīvās tāfeles vidē iegūto demonstrējuma attēlu virkni, skolēni var iezīmēt fotogrāfijā ekvipotenciālās līnijas un norādīt, katrā no gadījumiem, kur ir lielāka un kur ir mazāka potenciālu starpība.

3) Strāvas plūšanas virziens diodē (skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts: apraksta diodes darbības principus).

Skolēni var novērot, ka diode laiž cauri strāvu tikai vienā virzienā. Ja diodi ievieto ūdenī starp elektrodiem, pie kuriem ir pieslēgts spriegums, perpendikulāri attiecībā pret elektrodiem, diode spīd. Ja diodi pagriež par 180 grādiem attiecībā pret sākotnējo stāvokli, diode nespīd. Izmantojot interaktīvās tāfeles vidē iegūto demonstrējuma attēlu virkni, skolēni var iezīmēt fotogrāfijās, kurā virzienā diode laiž cauri strāvu un kā shēmās apzīmē diodi, kad to ieslēdz virzienā, kurā tā laiž cauri strāvu.

Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas: reālā eksperimenta fotogrāfijas integrēšana mācību materiālā un atbilstošu uzdevumu veidošana.

#### **4.5.3. Bezvadu tāfelīte jeb grafiskā planšete**

Organizējot mācību procesu, lai veiktu uzdevumu pie tāfeles, uzsāktu atskaņot filmu, pierakstītu kādu komentāru, skolotājam vai skolēnam nav jāatrodas pie interaktīvās tāfeles klases priekšā. Minētās darbības var veikt no jebkuras vietas klasē ar bezvadu tāfelītes palīdzību, līdz ar to padarot dinamiskāku mācību procesu. Lai bezvadu tāfelīte darbotos, datoram ir jāpievieno raidīšanas un uztveršanas ierīce un jāuzinstalē datorā atbilstošo interaktīvās tāfeles programmatūru. Mācību saturam šeit nav specifiskas nozīmes, jo ar bezvadu tāfelīti var veikt jebkuru uzdevumu interaktīvās tāfeles vidē.

#### **4.5.4. Interneta resursi**

Internetā, CD un DVD disku formātā ir pieejami plaši resursi un informācijas avoti, kurus izmanto mācību procesā – attēli, videofragmenti, animācijas, simulācijas, darba lapas, apraksti, mācību spēles utml.

##### Mācību procesa tradicionāla organizācija

Augstāk minētos materiālus mācību procesā izmanto gan jaunas informācijas iegūšanai, gan parādību un procesu ilustrēšanai un simulēšanai, gan argumentu meklēšanai diskusijām, gan dažādu uzdevumu veidošanai.

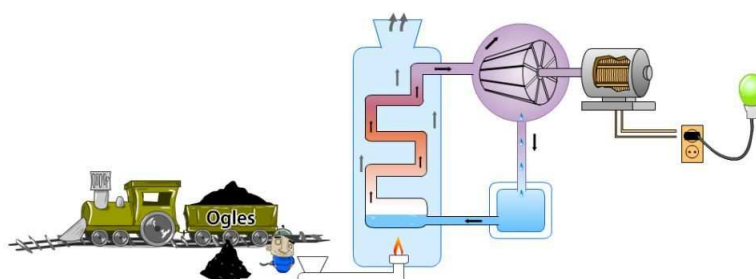
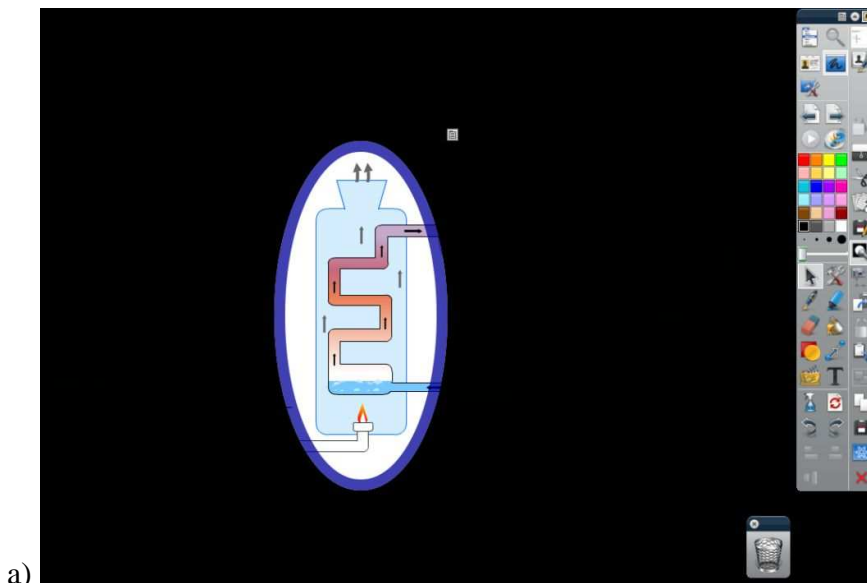
##### Interaktīvās tāfeles programmatūras priekšrocības

Izmantojot citā vidē sagatavotus materiālus kopā ar interaktīvās tāfeles programmatūras rīkiem: darba virsmas anotēšanu, aizslietni, starmeti, fotoaparātu, iespējams veidot interaktīvus uzdevumus.

1) Izmantojot darba virsmas anotēšanas iespēju kopā ar animāciju, var veidot prognozēšanas uzdevumus, piemēram, pētīt bremsēšanas ceļa garuma atkarību no dažādiem faktoriem, prognozēt, kā mainīsies bremsēšanas ceļa garums atkarībā no ātruma, no ceļa apstākļiem (skat. piemēru E).

2) Izmantojot starmeti kopā ar jebkuru citā vidē sagatavoto materiālu veidu, var aizklāt vai atsegt atsevišķas materiāla daļas, lai pievērstu uzmanību konkrētām lietām, piemēram, atsegt pa

daļām elektroenerģijas ieguves procesu, tādējādi piedāvājot skolēniem pašiem izsecināt, kādi ir procesa posmi.

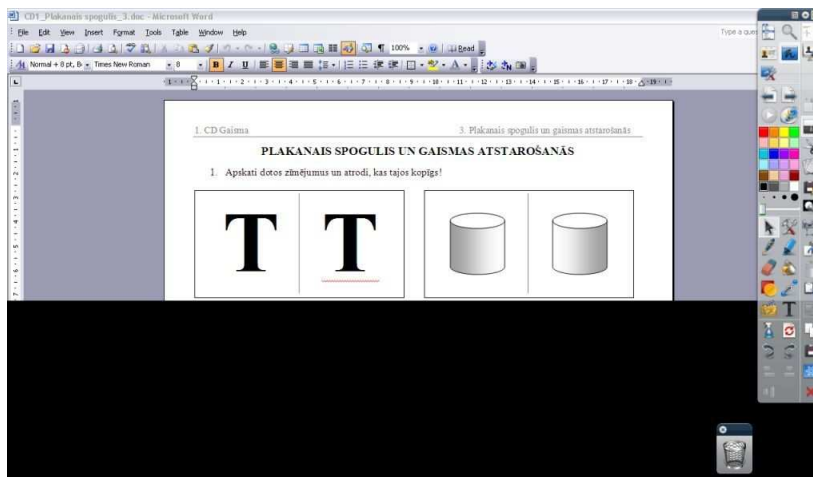


b) **Atpakaļ**

**Atkārtot**

4.18.att. Starmeša izmantošana interaktīvās tāfeles programmatūrā, aplūkojot vienu no elementiem (a) vai termoelektrostacijas darbības principu kopumā (b).

3) Izmantojot aizslietni kopā ar MS Office dokumentiem, var atklāt lapā esošo informāciju pa daļām, piemēram, sagatavoto informāciju vai jautājumus jebkurā fizikas tematā atklāt pakāpeniski (skat. 4.19. att.), lai skolēni nepievērstu uzmanību liekai informācijai.



4.19. att. Aizslietņa izmantošana interaktīvās tāfeles programmatūrā.

4) Izmantojot fotoaparāta rīka iespējas, iegūt noteiktas formas attēlus no interneta resursiem vai citā vidē sagatavotiem mācību materiāliem, piemēram, izmantojot fotoaparātu kopā ar starmeti, var iegūt apaļus zvaigžņu un Saules sistēmas planētu attēlus, kurus tālāk izmanto debess ķermeņu kustības ilustrēšanai vai zvaigžņu evolūcijas shēmas izveidei (skat. piemēru F).

**Piemērs E.** Bremzēšanas ceļa garuma pētīšana dažādos apstākļos.

Sagatavotais materiāls izmantojams, lai realizētu sasniedzamos rezultātus:

- Fizika 8. klase: izvērtē riska faktoros transportlīdzekļu kustībā, pamatojoties uz datiem, piemēram, par bremzēšanas ceļa vai vēlamās braukšanas distances ievērošanu atkarībā no kustības ātruma [41].

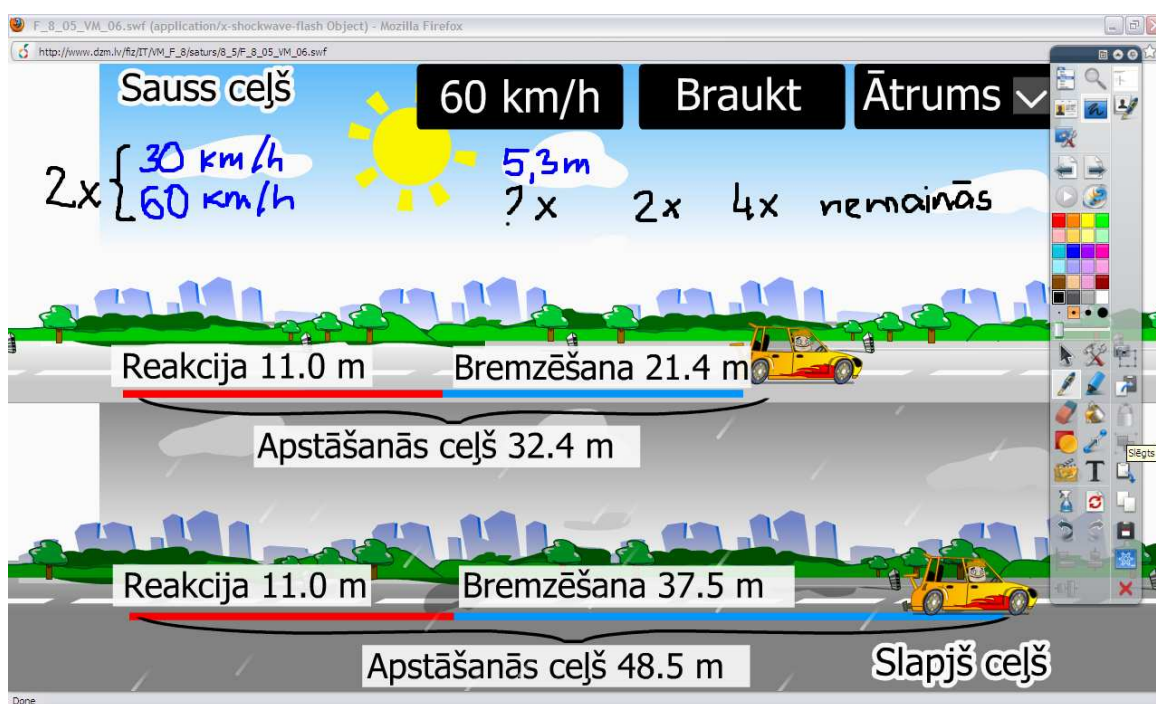
- Fizika 10. klase: 1) argumentē savu viedokli par berzi sadzīvē kā vēlamu vai nevēlamu parādību; 2) izvērtē drošības pasākumus un riska faktoros transportlīdzekļu kustībā dažādos laika apstākļos; 3) aprēķina, izmantojot formulu lapu: kustības ātrumu, paātrinājumu, kustības laiku, veikto pārvietojumu un ceļu [78].

- Dabaszinības 11. klase: 1) izprot drošības pasākumus un riska faktoros: laikapstākļus, ātrumu, masu, berzi transportlīdzekļu kustībā; 2) aprēķina, izmantojot funkcionālas sakarības: kustības ātrumu, paātrinājumu, kustības laiku, ceļu [26].

Skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts:

- zina, kādi faktori nosaka bremzēšanās un apstāšanās ceļa garumu automobiļa kustībā;
- lieto funkcionālo sakarību, kas apraksta, kā mainās ceļš palēninātā kustībā.

Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas: darba virsmas anotēšana.



4.20. att. Darbvirsmas anotēšana interaktīvās tāfeles vidē animācijai par bremzēšanas ceļa atkarību no ātruma un ceļa apstākļiem.

Izmantojot interaktīvās tāfeles programmatūras iespēju: darba virsmas anotēšana, skolotājs var modelēt dažādas situācijas fizikas mācību procesā, izmantojot piemērotu mācību materiālu, kas sagatavots citā vidē. Piemēram, animācija par bremzēšanas un apstāšanās ceļa atkarību no automobiļa kustības ātruma un ceļa apstākļiem [129], kas sagatavota ESF projekta „Dabaszinātnes un matemātika” ietvaros. Automobilim var mainīt braukšanas ātrumu (30 km/h, 50 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h un 120 km/h) un automobili var nobremzēt, iegūstot apstāšanās ceļa garumu pie atbilstoša ātruma, ja automobilis brauc pa sausu vai pa slapju ceļu. Apstāšanās ceļa garumu veido attālums, ko nobrauc automobilis, kamēr vadītājs noreagē, ka viņam jābremzē un attālums, ko automobilis nobrauc bremzējot. Skolēni var prognozēt, kā mainīsies bremzēšanas ceļa garums, ja automobiļa ātrumu palielinās divas reizes. Skolēnu prognozes pieraksta uz darbvirsmas, kur redzama animācija (skat. 4.20. att.). Izteiktās prognozes var uzreiz pārbaudīt, mainot automobiļa ātrumu un iegūstot bremzēšanas ceļa garumu.

Fizikas kursā 10. klasē induktīvā ceļā var nonākt līdz sakarībai, cik reizes mainās bremzēšanas ceļš, ja kustības ātrumu palielina divas, četras utt. reizes:

$$s = \frac{v_2 - v_0^2}{2a} \quad (4.1)$$

### **Piemērs F.** Saules evolūcija.

Materiāls izmantojams, lai realizētu sasniedzamos rezultātus:

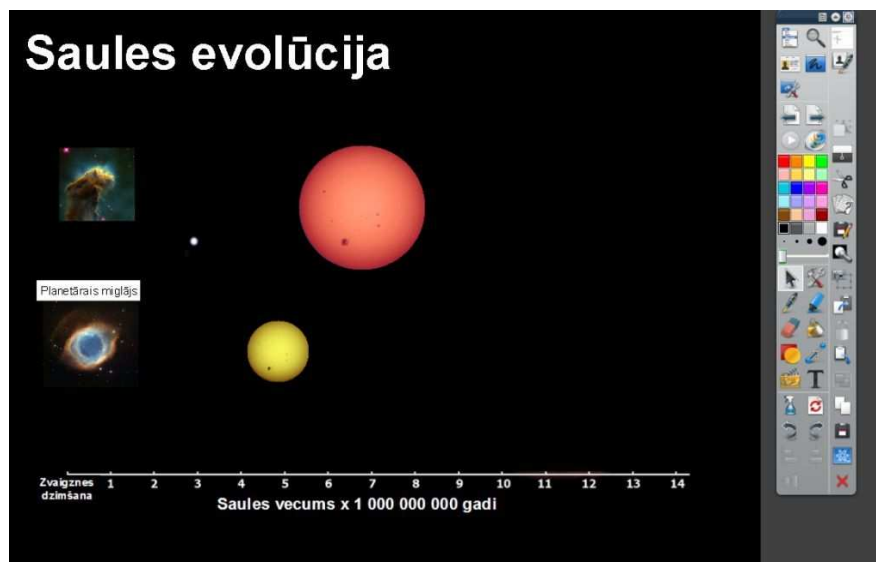
- Fizika 9. klase: iegūst informāciju un izveido pārskatu par izraudzītu Visuma objektu un iepazīstina ar to citus [41].
- Fizika 12. klase: apraksta zvaigžņu evolūciju, izmantojot Hercšprunga – Rasela (H–R) diagrammu [78].
- Dabaszinības 12. klase: raksturo zvaigžņu daudzveidību un to fizikālos raksturlielumus [26].

Skolēnam stundā sasniedzamais rezultāts:

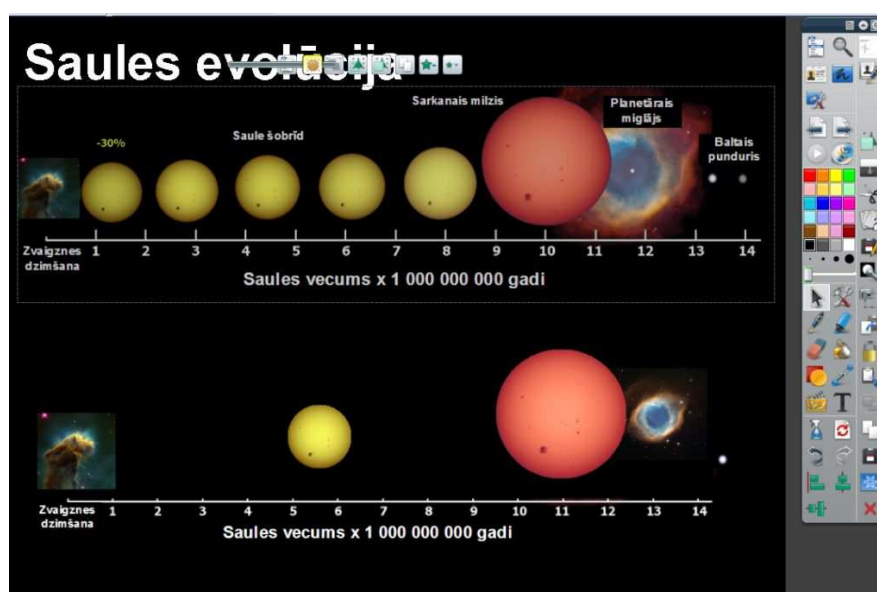
- zina Saules masas zvaigžņu evolūcijas stadijas.

Interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas: attēla caurspīdīguma maiņa, etiķetes piešķiršana objektiem, iespēja izveidot apaļas formas objektus, izmantojot fotoaparāta rīku un starmeti.

Izmantojot interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas – izveidot apaļas formas objektus, piešķirt objektiem etiķeti, skolotājs var izveidot materiālu, kurā pārvietojot objektus ir jāsakārto Saules evolūcijas shēma. Tuvinot peles kursoru, objektam, virs tā parādās etiķete ar objekta nosaukumu (skat. 4.21. att.). Objektus var pārvietot. Izmantojot programmatūras iespēju, mainīt objekta caurspīdīgumu, darba lapā var ievietot atbildi fona krāsā. Pēc tam, kad Saules sistēmas attīstības posmi ir sakārtoti atbilstošā secībā, mainot objekta caurspīdīgumu, darblapā atklāj atbildi vai oriģinālo attēlu, no kura veidots uzdevums (skat. 4.22. att.).



4.21. att. Saule dažādās evolūcijas stadijās – objekti interaktīvās tāfeles vidē.



4.22. att. Objekta caurspīdīguma maiņa ActivInspire vidē.

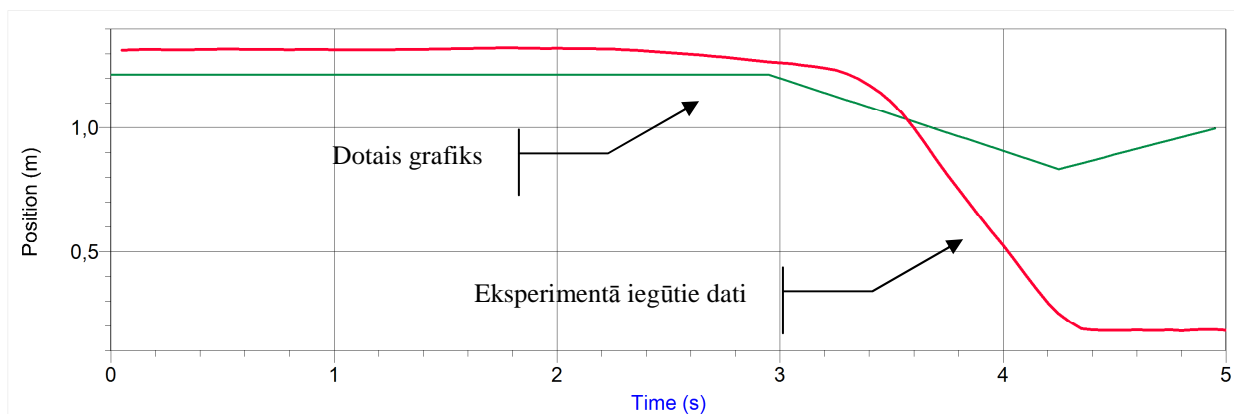
#### 4.5.5. Sensori

Datu uzkrājējus un sensorus fizikas mācību procesā lieto skaitlisko mērījumu veikšanai un fizikālo procesu raksturlielumu maiņas vizualizācijai (skat. 3. nodaļu). Projicējot no sensoriem iegūtos rezultātus uz interaktīvās tāfeles un izmantojot interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas, iegūtos rezultātus var ievietot interaktīvās tāfeles vidē un izmantot darbvirsmas anotāciju un kopā ar skolēniem analizēt iegūtos rezultātus, veicot pierakstus iegūtajos grafikos; izmantot fotoaparāta rīku, izvēlēties atsevišķas iegūto rezultātu daļas tālākai analīzei; izmantojot aizslietni, pakāpeniski analizēt iegūtos rezultātus utml.

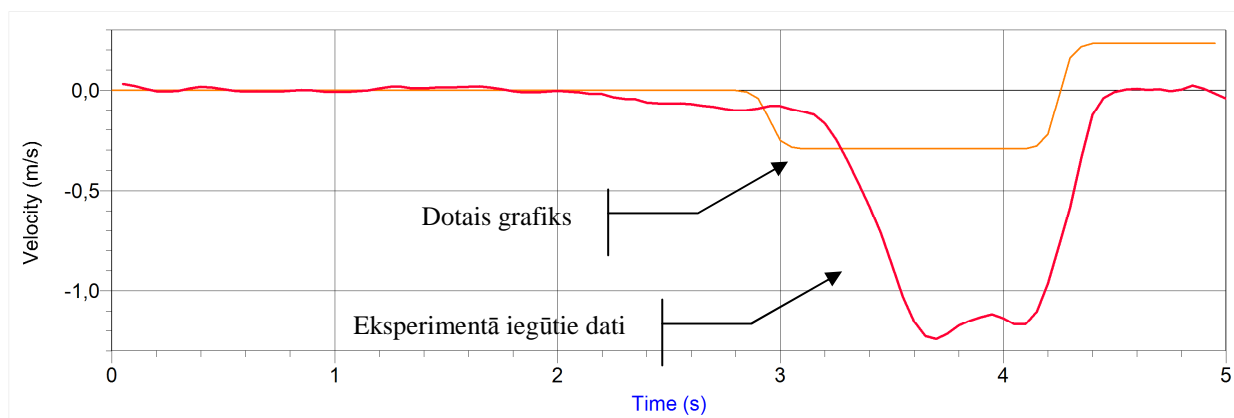
Gan pamatskolā, gan arī vidusskolā skolēniem sagādā grūtības kustības grafiku (koordinātas maiņa laikā, ātruma maiņa laikā) konstruēšana gan vienmērīgā, gan it īpaši paātrinātā kustībā. Izmantojot kustības sensoru un atbilstošas materiālu sagataves datu apstrādes programmatūrā vai

interaktīvās tāfeles programmatūru, skolēns var iegūt nepastarpinātu, tiešu pieredzi par to kā veidojas kustības grafiki.

Datu apstrādes programmatūrā atver gatavus grafikus, kuros attēlota ķermeņa kustības koordinātu maiņa laikā (skat. 4.23. att.) un šīs pašas kustības ātruma maiņa laikā (skat. 4.24. att.).



4.23. att. Dotās kustības koordinātas maiņa laikā un eksperimentā iegūtie dati.

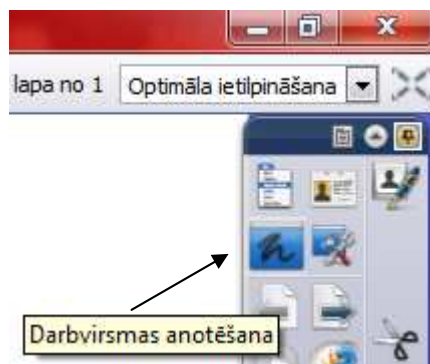


4.24. att. Dotās kustības ātruma maiņa laikā un eksperimentā iegūtie dati.

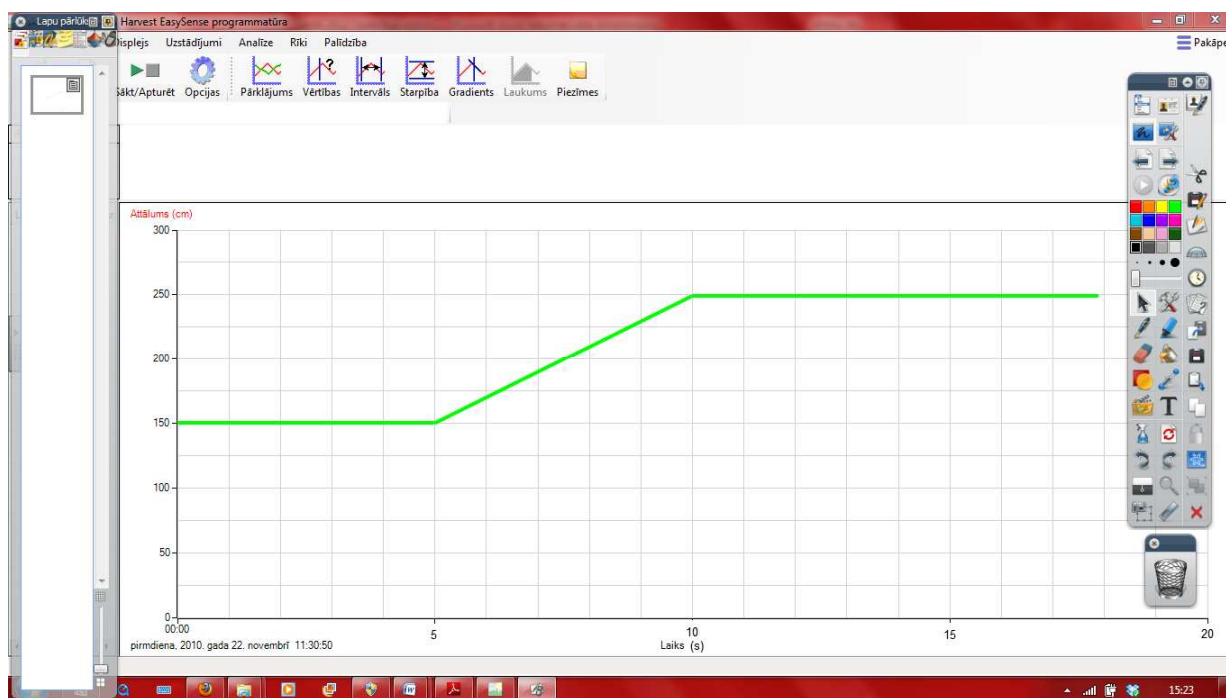
Skolēnu uzdevums ir izanalizēt piedāvātos kustības raksturlielumu maiņas grafikus – gan koordinātas maiņu laikā, gan ātruma maiņu laikā un, izmantojot kustības sensoru un atstarojošu virsmu, atkārtot piedāvātās kustības koordinātas un ātruma maiņas grafikus laikā. Lai to izdarītu skolēnam ir jāsaprot, cik tālu no kustības sensora viņam jānostājas; cik ilgi, sākoties datu reģistrācijai, šajā vietā ir jāstāv; kurā virzienā – uz kustības sensora pusi vai prom no tā ir jāpārvietojas un cik ātri tas ir jādara.

Datu apstrādes programmatūrā piedāvātie grafiki, kas raksturo dažādas kustības ne vienmēr ir vienkārši, bet, izmantojot interaktīvās tāfeles programmatūras iespēju anotēt darbvirsnu, skolotājs var pakāpeniski palielināt uzdevuma grūtības pakāpi. Lai to izdarītu: 1) datoram jāpieslēdz kustības sensors un jāatver datu reģistrēšanas programmatūra; 2) jāatver interaktīvās tāfeles programmatūra; 3) jāizvēlas rīks – darbvirsma anotēšana (skat. 4.25. att.) un grafika jāiezīmē kustības grafiks (skat. 4.26. att.). Kad skolēns ir izpētījis grafiku, var startēt datu reģistrēšanas programmatūru un censties atkārtot grafikā attēloto kustību.





4.25. att. Darbvirsmas anotēšanas rīks ActivInspire programmatūrā.



4.26. att. ActivInspire programmatūrā sagatavots grafiks darbam ar kustības sensoru.

Uzdevumi skolēnam: 1. Izpēti doto grafiku: a) noskaidro, kādi lielumi ir atlicti uz asīm; b) izstāsti, kāds izskatīsies grafiks, ja Tu stāvēsi uz vietas; c) izstāsti, kāds izskatīsies grafiks, ja Tu pārvietosies virzienā uz kustības sensoru vai no kustības sensora; d) izstāsti, kā mainīsies kustības grafiks, ja Tu pārvietosies ātrāk kustības sensora virzienā; e) apraksti grafikā doto kustību; f) izstāsti, kā Tev jākustas kustības sensora tuvumā, lai Tava kustība sakristu ar doto grafiku. 2. Atkārti doto kustību.

Uzdevuma veikšanai nepieciešamie resursi: kustības sensors un atbilstoša datu reģistrēšanas programmatūra, interaktīvās tāfeles programmatūra, plāksne ar labi atstarojošu virsmu (vismaz 40 x 50 cm).

#### 4.6. Interaktīvā tāfele fizikas skolotāju profesionālajā pilnveidē

Kā minēts iepriekš, ir divi būtiski faktori, kas nosaka IKT mērķtiecīgu lietojumu mācību procesā fizikā: 1) atbilstošu digitālo resursu pieejamība fizikā – interaktīvās tāfeles materiāli fizikā; 2) skolotāja profesionālā kompetence mācību procesa organizēšanā, izmantojot



interaktīvo tāfeli. Veidojot nodarbības skolotāju profesionālās kompetences pilnveidei par interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu fizikas mācību procesā: jāiemāca tehniskās prasmes, kā strādāt interaktīvās tāfeles programmatūru; jāmodelē stundas fragmenti, kuros demonstrē interaktīvās tāfeles materiālu lietojumu konkrētu mācību mērķu sasniegšanai.

Interaktīvās tāfeles programmatūras priekšrocības dažādu fizikālu procesu demonstrēšanā, mācību materiālu veidošanā un interaktīva mācību procesa organizēšanā ir ilustrētas 4.2. attēlā, kā arī to ilustrējošos piemēros fizikā, kuri tika aptobēti gan mācību procesā skolā, gan fizikas skolotāju profesionālās pilnveides nodarbībās. Kam jāpievērš uzmanība tālākizglītības nodarbībās par interaktīvās tāfeles lietošanu fizikas mācību procesā?

Tā kā interaktīvā tāfele un tās programmatūra ir tikai rīks, ar kura palīdzību var interaktīvi organizēt mācību procesu jebkurā mācību priekšmetā, tad profesionālās pilnveides nodarbībās fizikas skolotājiem ir jāmodelē pēc iespējas atšķirīgi stundas fragmenti, kuros ilustrē interaktīvās tāfeles materiāla priekšrocības konkrētās fizikas tēmas apgūvē; jārada iespēja praktiski iepazīties ar programmatūras iespējām un jāveido materiāli interaktīvās tāfeles vidē, ar konkrētu mērķi. Lai skolotājiem radītu pārliecību un motivāciju, lietot interaktīvo tāfeli savās stundās, ir jānovada vismaz trīs nodarbības: 1) iepazīšanās ar interaktīvās tāfeles komplektāciju un veidiem; stundas fragmentu modelēšana, kuros demonstrē, kā lietot interaktīvās tāfeles materiālu apskatāmā jautājuma aktualizācijai; jaunas vielas apguvei un refleksijai (skat. pielikumu Nr. 6.2); 2) praktiskas nodarbības pie datora – interaktīvās tāfeles programmatūras apguvei un vienkāršu materiālu izveidei; 3) seminārs, kurā dalībnieki demonstrē izveidotos interaktīvās tāfeles materiālus fizikā, pamatojot, ar kādu mērķi materiāls veidots tieši interaktīvās tāfeles vidē.

Organizējot nodarbības par interaktīvo tāfeli mācību procesā un modelējot fizikas stundu fragmentus, skolotāju pārliecība par interaktīvās tāfeles lietojuma lietderību fizikas stundās ir palielinājusies. Par to liecina pilotskolu skolotāju sākotnējā prasmju izvērtējuma salīdzinājums ar izvērtējumu tālākizglītības kursu noslēgumā, kad tika aprobētas izveidotās tālākizglītības nodarbības (skat. 4.3. tabulu). Respondentu skaits: 49 pilotskolu fizikas skolotāji. Tālākizglītības kursu IV modulī „Prasmes izmantot IT fizikas mācību procesā” skolotājiem tika sniegts metodisks atbalsts kā daudzveidīgi izmantot IT fizikā, kā arī apgūt praktiski IT lietošanas prasmes mācību procesā. Nodarbību laikā skolotājus rosina domāt par IKT lietošanas mērķtiecīgumu. Būtiski šajās nodarbībās ir iedrošināt skolotājus sākt darboties ar informāciju tehnoloģijām, jo sākuma anketu rezultāti liecināja par to, ka tieši IT jomā skolotāji jūtas visnedrošākie, tāpēc ka ir vērojama atšķirība starp skolēnu prasmēm un vajadzībām un skolotāju iespējām un vēlmēm. Nodarbībās tika realizēta pieeja – modelēt mācību situācijas, lai skolotājs varētu darboties kā skolēns, saprast kā dažādās situācijās viņu stundās skolēns jūtas un kā vajadzētu reaģēt šādās situācijās skolotājam.

## Tālākizglītības kursu izvērtējums IV modulis

Tālākizglītības kursu modulis	Vērtējums skalā no 1 – 5 pirms kursiem	Vērtējums skalā no 1 – 5 pēc kursiem
I modulis Izpratne par projekta mērķiem un piedāvāto pieeju.	2.1	4.1
II modulis Prasmes realizēt daudzveidīgu un skolēnu izziņas aktivitāti rosinošu mācību procesu	2.3	4.0
III modulis Izpratne par pētniecisko darbību [laboratorijas darbi un demonstrējumi ar un bez sensoriem]	1.7	3.9
<b>IV modulis</b> <b>Prasmes izmantot IT mācību procesā</b> <b>[t.sk. interaktīvo tāfeli un datu kameru]</b>	1.9	3.8

Atsauksmes pēc skolotāju profesionālās pilnveides kursiem izveidotajām, aprobētajām nodarbībām liecina par šādu nodarbību nepieciešamību, kvalitāti, kā arī IKT ietekmi uz mācību procesu. Kā lielāko ieguvumu, skolotāji min:

- *IT prasmes, datorprasmes, tāfele, sensori – nav bailes ķerties klāt ...*
- *Bija paniskas bailes no IT lietām, tagad tas ir tik vienkārši;*
- *Prasme pareizi saplānot stundu. Iemācījies strādāt ar tehniku, interaktīvo tāfeli, veidot materiālus.*
- *Iemācījies ar interaktīvo tāfeli strādāt; tagad – kā maksimāli labi tāfeli izmantot.*
- *Īpaši interesanta likās darbošanās ar interaktīvo tāfeli. Jau iztēlē redzu savas stundas, izmantojot tāfeles piedāvātās iespējas.*
- *Es kā dalībnieks, iejūtoties skolēna ādā, saprotu, kāpēc skolēni pretojas kādam uzdevumam, tas nozīmē, ka viņam nav pietiekamas prasmes šajā jomā vai izpratnes par mērķi, kāpēc kaut kas jā dara.*

Izveidotās un aprobētās tālākizglītības nodarbības tiek izmantotas arī pārējo Latvijas fizikas skolotāju tālākizglītībasursos.

## SECINĀJUMI

Lai sasniegtu promocijas darbā izvirzīto mērķi – pamatojoties uz starptautisku pētījumu rezultātiem, dabaszinātņu skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēti un aprobācijas pētījuma rezultātiem, izstrādāt atbalsta materiālus un profesionālās pilnveides materiālus fizikas skolotājiem sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības pakāpē, promocijas darba ietvaros tika:

1) analizēta zinātniskā un metodiskā literatūra par IKT lietojumu dabaszinātņu mācību procesā, analizēti šajā jomā veikto pētījumu rezultāti, atsevišķi apskatot pētījumu rezultātus par sensoru un datu uzkrājēju, kā arī interaktīvās tāfeles lietojumu mācību procesā;

2) analizēta esošā situācija un attīstības tendences IKT mērķtiecīgam lietojumam fizikas mācību procesā Latvijas skolās, veicot skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēti;

3) izstrādāti atbalsta materiāli un tiem atbilstoši profesionālās pilnveides materiāli fizikas skolotājiem sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības pakāpē;

4) VISC ESF projektu „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” (vidusskolas posms) un „Dabaszinātnes un matemātika” (pamatskolas posms) ietvaros veikts aprobācijas pētījums, lai:

- izpētītu, kā mainījies IKT lietojums dabaszinātņu mācību procesā laika posmā no 2005. gada līdz 2011. gadam;
- aprobētu izstrādātos atbalsta materiālus darbam ar sensoriem, datu uzkrājējiem un interaktīvo tāfeli fizikas mācību procesā.

### **Aizstāvēšanai tika izvirzītas tēzes:**

1. Sensoru un datu uzkrājēju mērķtiecīga lietošana fizikas mācību procesā:

- dod principiāli jaunu iespēju parādīt fizikālo procesu norisi reālā laikā un procesu raksturlielumu sadalījumu telpā;
- attīsta skolēnu pētnieciskās darbības prasmes, veicot fizikālo lielumu mērījumus, iegūto lielu datu masīvu apstrādi un interpretāciju.

2. Interaktīvās tāfeles mērķtiecīga izmantošana fizikas mācību procesā:

- nodrošina fizikālo procesu funkcionālo sakarību, eksperimentu norises, datu apstrādes uzskatāmu t.sk. grafisku attēlojumu vienlaicīgi visai klasei;
- paplašina fizikas priekšmeta satura interaktīvas pasniegšanas iespējas un nodrošina interaktīvu mācību materiālu izveidi mācību stundas laikā.

3. Izstrādātie un aprobētie atbalsta materiāli sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā atbilst fizikas skolotāju profesionālās pilnveides vajadzībām

un ikdienas darbam skolā atbilstoši Latvijas valsts vispārējās vidējās izglītības un pamatizglītības fizikas priekšmeta jaunajiem standartiem.

Aizstāvēšanai izvirzītās tēzes pamato promocijas darba veikšanā iegūtie secinājumi:

**I Analizējot zinātnisko un metodisko literatūru** par IKT, tajā skaitā sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumu dabaszinātņu mācību procesā, var secināt, ka

1. Pētījumi par sensoru un datu uzkrājēju lietojumu mācību procesā pasaulē ir aktuāli jau no 20. gadsimta deviņdesmitajiem gadiem, bet par interaktīvās tāfeles lietojumu – zinātniskajā literatūrā raksti parādās tikai kopš 2007. gada, līdz ar to jautājums par interaktīvās tāfeles lietojumu mācību procesā ir aktuāls pasaulē šobrīd. Latvijā nav veikti visaptveroši pētījumi par sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumu fizikas mācību procesā.

2. IKT lietojums mācību procesā palielina skolēnu motivāciju iesaistīties mācību procesā, uzlabo skolēnu akadēmiskos sasniegumus dabaszinātņu mācību priekšmetos un rada iespēju diferencēt mācību procesu atbilstoši skolēna spējām.

3. Mērķtiecīgi lietojot sensorus un datu uzkrājējus fizikas mācību procesā, skolēni veido un padziļina izpratni par fizikas jēdzieniem un fizikāliem procesiem, iegūstot informāciju par procesa raksturlielumu maiņu procesa norises laikā (literatūrā norādīta kā būtiskākā sensoru un datu uzkrājēju priekšrocība), attīsta pētnieciskās darbības prasmes – prognozēšanu, eksperimentēšanu, lielu datu masīvu apstrādi (bez sensoriem skolas fizikas kursā to nav iespējams realizēt) un interpretāciju.

4. Mērķtiecīgi lietojot interaktīvo tāfeli mācību procesā, iegūst paplašinātas mācību satura interaktīvas pasniegšanas iespējas, kā arī iespēju veidot interaktīvus materiālus mācību stundas laikā. Pētnieku secinājumi tieši par interaktīvās tāfeles lietojuma ietekmi uz skolēnu mācību sasniegumiem nav viennozīmīgi, jo pētījumi nav veikti līdzvērtīgos apstākļos – skolotājiem ir atšķirīgas IKT lietošanas prasmes, atšķirīgs mācību resursu nodrošinājums, pētījumi veikti dažādās skolēnu vecuma grupās (pārsvarā pamatskolā) un dažādos mācību priekšmetos (fizikā nav, bet ir dabaszinātnēs).

5. Priekšnosacījumi pilnvērtīgai IKT integrācijai mācību procesā ir IKT aprīkojuma pieejamība, mācību un metodisko jeb atbalsta materiālu pieejamība dzimtajā valodā un atbilstoša skolotāju profesionālā pilnveide, kurā uzsvars ir ne tikai uz IKT lietošanas prasmju apguvi, bet uz IKT lietošanas metodiku mācību procesā.

**II Veicot dabaszinātņu skolotāju profesionālās pilnveides vajadzību izpēti** un analizējot tajā iegūtos datus, var secināt, ka kopš lielā daļā Latvijas skolu ir pieejamas dažādas IKT ierīces (pēdējos piecos gados), fizikas skolotāji ir sākuši lietot sensorus, datu uzkrājējus un interaktīvo tāfeli mācību stundās, taču viņiem ir nepieciešami atbalsta materiāli – laboratorijas un

demonstrējumu apraksti darbam ar sensoriem un datu uzkrājējiem, materiāli interaktīvai tāfelei, kā arī nepārtraukta profesionālā pilnveide IKT lietošanas prasmju un metodikas apguvei;

**III Izstrādājot atbalsta materiālus** un tiem atbilstošos **profesionālās pilnveides materiālus** fizikas skolotājiem, tika:

1) izpētītas un aprakstītas sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietošanas priekšrocības un trūkumi fizikas mācību satura kontekstā;

2) tika ņemts vērā zinātniskajā literatūrā norādītās sensoru, datu uzkrājēju, kā arī interaktīvās tāfeles lietošanas priekšrocības mācību procesā. Sensoriem un datu uzkrājējiem nozīmīgākā priekšrocība – attēlot fizikālā procesa raksturlielumu maiņu procesa norises laikā, tādējādi sasaistot reālo fizikālo procesu ar tā abstrakto matemātisko aprakstu. Interaktīvai tāfelei nozīmīgākā priekšrocība – interaktīvu materiālu radīšanas iespējas mācību stundas laikā.

3) tika izpētīti mācību literatūrā pieejamie laboratorijas darbi un demonstrējumi fizikā un izveidots 21 jauns apraksts darbu veikšanai ar sensoriem un datu uzkrājējiem, ilustrējot sensoru priekšrocības fizikālā procesa raksturlielumu maiņas vizualizācijā un iegūto datu apstrādē (skat. tabulas 3.2. un 3.3).

4) tika izveidoti jauni interaktīvie materiāli darbam ar interaktīvo tāfeļu fizikas mācību procesā, kas līdz šim nebija pieejami, ņemot vērā, cik nesen interaktīvās tāfeles tiek izmantotas izglītībā Latvijā.

**IV Veicot aprobācijas pētījumu** un analizējot tajā iegūtos datus, var secināt, ka

1) kopš 2005. gada IKT lietojuma biežums dabaszinātņu priekšmetos, tajā skaitā arī fizikā, ir ievērojami palielinājies un to atzinīgi novērtē skolēni, skolu administrācijas pārstāvji un arī skolotāji, taču skolas administrācijas un skolotāju priekšstatī par to, vai mācību procesā IKT lietojums ir mērķtiecīgs atšķiras;

2) izstrādātie atbalsta materiāli un profesionālās pilnveides materiāli tika atzīti aprobācijas procesā kā atbilstoši Latvijas valsts pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības fizikas priekšmeta jaunajam standartam;

3) atbalsta materiāli pēc aprobācijas pilnveidoti un tiek lietoti gan fizikas mācību procesā Latvijas skolās, gan topošo skolotāju sagatavošanas studiju kursā „E-izglītības materiāli un tehnoloģijas fizikā”, gan skolotāju profesionālās pilnveides kursu programmās „Pārmaiņas fizikas mācību procesā 8. – 9. klasē atbilstoši dabaszinātņu un matemātikas satura attīstības koncepcijai vispārējā izglītībā” un „Pārmaiņas fizikas mācību procesā 8. – 12. klasē atbilstoši dabaszinātņu un matemātikas satura attīstības koncepcijai vispārējā izglītībā”;

4) balstoties uz aprobācijas rezultātiem, izstrādāti ieteikumi skolotāju profesionālajai pilnveidei (skat. nodaļas 3.7. un 4.6.) un aprobēti profesionālās pilnveides materiāli: skolotāju

tālākizglītības nodarbības par sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu mācību procesā (skat. pielikumu Nr. 6).

### **Turpmākās pētniecības perspektīvas un virzieni**

Šī pētījuma ietvaros uzmanība tika vērsta uz atbalsta materiālu un profesionālās pilnveides materiālu izstrādi mērķtiecīgam sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā, ņemot vērā, aktuālās fizikas skolotāju vajadzības profesionālo kompetenču pilnveidei, atsedzot atbalsta materiālos sensoru, datu uzkrājēju, interaktīvās tāfeles iespējas un priekšrocības fizikālo jēdzienu, procesu apguvei.

Ņemot vērā, ka IKT ierīces un programmatūra nepārtraukti attīstās un nav pieejama informācija par šo ierīču mērķtiecīga lietojuma ietekmi uz skolēnu mācību sasniegumiem, ir jāseko līdzi šīm attīstības tendencēm, izpētot un piedāvājot arī citu IKT – piem., elektroniskās vides, datu kameras, virtuālo laboratoriju u.c., mērķtiecīga lietojuma sistēmu fizikas mācību procesā, papildinot un pilnveidojot skolotājam pieejamo atbalsta materiālu klāstu darbam ar IKT.

Pētījumi par interaktīvās tāfeles lietojuma ietekmi mācību procesā uz skolēnu sasniegumiem nav viennozīmīgi, līdz ar to viens no būtiskiem tālākās pētniecības virzieniem ir izstrādāt kvalitatīvus mērinstrumentus šādas ietekmes konstatēšanai, šis jautājums ir aktuāls visu dabaszinātņu priekšmetu didaktikā.

## PROMOCIJAS DARBA PRAKTISKAIS DEVUMS

- Izstrādātie atbalsta materiāli sensoru, datu uzkrājēju un interaktīvās tāfeles lietojumam fizikas mācību procesā ir publicēti tradicionālā un elektroniskā formātā (skat. zemāk pie pētījuma rezultātu aprobācijas 5. punktu „Tradicionālā un elektroniskā formā izdoti mācību un metodiskie līdzekļi”) un ir pieejami visās Latvijas skolās pamatizglītības un vispārējās vidējās izglītības pakāpē.

- Izstrādātas un aprobētās profesionālās pilnveides nodarbības vidusskolas (2007 – 2008) un pamatskolas (2009 – 2011) fizikas skolotājiem, kuras tika vadītas VISC ESF projektu „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” (2005 – 2008) un „Dabaszinātnes un matemātika” (2008 – 2011) ietvaros un tiek vadītas VISC ESF projekta „Vispārējās izglītības pedagogu tālākizglītība” (2012 – 2013) ietvaros.

- Pamatskolā: 1) Informācijas komunikāciju tehnoloģiju izmantošana mācību satura vizualizēšanā. 2) Fizika datorklasē. 3) Elektronisko mācību materiālu izmantošana. 4) Interaktīvās tāfeles mērķtiecīga izmantošana mācību procesā pamatskolā. 5) Sensori un datu uzkrājēji fizikā pamatskolā.

Vidusskolā: 1) Informācijas tehnoloģiju izmantošanas iespējas demonstrējumos. 2) Sensoru, datu uzkrājēju un datora izmantošana demonstrējumos. 3) Iepazīšanās ar EasySense datu uzkrājējiem un sensoriem. Datu iegūšana. 4) Datu iegūšana ar Vernier LabPro datu uzkrājējiem un sensoriem. 5) Interaktīvā tāfele fizikas stundās.

Nodarbību mērķis ir didaktiski, metodiski un praktiski pilnveidot fizikas skolotāju prasmes mērķtiecīgam darbam ar IKT fizikas mācību procesā.

- Izstrādātas nodarbības Latvijas Universitātes (LU) studiju programmas „Skolotājs” studiju virziena „Vidējās izglītības fizikas skolotājs” studiju kursā „E-izglītības materiāli un tehnoloģijas fizikā”: 1) IT rīki fizikas mācību procesā; 2) Interaktīvā tāfele fizikas mācību procesā.

- Sadarbībā ar kolēģiem no LU dabaszinātņu fakultātēm, Liepājas Universitātes (LiepU) un Daugavpils Universitātes (DU) izveidoti skolotāju studiju programmu nodarbību materiāli dabaszinātņu un matemātikas didaktikā [105]. Autores izstrādātas nodarbības: 1) Interaktīvās tāfeles izmantošanas iespējas fizikas mācību procesā; 2) Darbs ar sensoriem fizikā.

Izveidotā materiāla mērķis ir didaktiski, metodiski un praktiski sagatavot topošos fizikas skolotājus, izmantojot līdzvērtīgus nodarbību materiālus katrā no minētajām augstskolām skolotāju sagatavošanas programmās.

## INFORMĀCIJAS AVOTI

1. Angrist, J., Lavy, V. (2002). New Evidence on Classroom Computers and Pupil Learning. *Economic Journal*, 112, 732 – 765
2. Antons, L. Skaņa. Fizika vidusskolām. Rīga: Zvaigzne ABC, 1998 – 144 lpp.
3. Aprobācijas atskaites ziņojums. *ESF VISC projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” materiāli*. Rīga: VISC 2008, 45 lpp.
4. Are students ready for a technology rich world? What PISA studies tell` us. France: OECD, 2004, p. 138
5. Armstrong, V., Barnes, S., Sutherland, R., Curran, S., Mills, S., Thompson, I. (2005) Collaborative research methodology for investigating teaching and learning: The use of interactive whiteboard technology. *Educational review*, 57(4), 457 – 469
6. Aukums, A., Blūmentāls, Ē., Gaumīgs, V., Kārklīņa, A. Laboratorijas un praktikuma darbi fizikā. Rīga, Zvaigzne, 1985 – 200 lpp.
7. Becta (2003). *What the research says about interactive whiteboards*. Coventry, UK: Becta. Skatīts 30. janvārī, 2012 no [http://partners.becta.org.uk/page\\_documents/research/wtrs\\_whiteboards.pdf](http://partners.becta.org.uk/page_documents/research/wtrs_whiteboards.pdf)
8. Becta (2004). *Getting the most from your interactive whiteboard: A guide for secondary schools*. Coventry, UK: Becta. Skatīts 30. janvārī, 2012 no [http://foi.becta.org.uk/content\\_files/corporate/resources/foi/archived\\_publications/getting\\_most\\_whiteboard\\_secondary.pdf](http://foi.becta.org.uk/content_files/corporate/resources/foi/archived_publications/getting_most_whiteboard_secondary.pdf)
9. Becta (2006). *The Becta review 2006: Evidence on the progress of ICT in education*. Coventry, UK: Becta. Skatīts 30. janvārī, 2012 no [http://becta.org.uk/corporate/publications/documents/The\\_Becta\\_Review\\_2006.pdf](http://becta.org.uk/corporate/publications/documents/The_Becta_Review_2006.pdf)
10. Betcher, C., Lee, M. The Interactive Whiteboard Revolution. Teaching with IWBs. ACER Press, 2009, p 154
11. Boeije, H. Analysis in Qualitative Research. London: Sage, 2010 , p 240
12. Branka, V., Krūmiņš, J., Puķītis, P., Tiltiņš, E. Fizika 12. klasei. Rīga, Zvaigzne, 1993 – 352 lpp.
13. Branzburg, J. (2008). The whiteboard revolution. *Technology & Learning*, 28(9), 44. Skatīts 30. janvārī, 2012 no <http://www.wright.edu/~marguerite.veres/SmartWorkshop/whiteboardinfo.pdf>
14. Brasell, H. (1987). The effect of real-time laboratory graphing on learning graphic representation of distance and velocity. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 385 – 395
15. Bruņeniece, A. (2009). Astronomijas pamati vidusskolai. Autorprogramma. *Nepublicētie materiāli*.



16. Bruņeniece, A., Dudareva, I., Gribuste, M., Vinogradovs, S. Transparenti fizikā. Lielvārde: Lielvārds, 2007, 111 lpp.
17. Buckinghamshire, L.E.A. (2002). *Developing the use of interactive whiteboards*. Skatīts 30. janvārī, 2012 no <http://www.bucksict.org.uk/Effective/Whiteboards.htm>
18. Burns, C., Myhill, D. (2004). Interactive or inactive? A consideration of the nature of interaction in whole class teaching. *Cambridge Journal of Education*, 34, 35 – 49.
19. Campbell, C., Martin, D. (2010). Interactive whiteboards and the first year experience: Integrating IWB into pre-service teacher education. *Australian Journal of Teacher Education*, 35(6), 68 – 75
20. Cambell, T., Bohn, C. (2008). Science laboratory experiences of high school students across one state in the U.S.: descriptive research from the classroom. *Sci Educ*, 17(1), 36 – 48
21. Cambell, T., Zhang, D., Neilson, D. (2011). Model Based Inquiry in the High School Physics Classroom: An Exploratory Study of Implementation and Outcomes. *J.Sci Educ Techn*, 20, 258 – 269
22. Centralizēto eksāmenu paraugi dabaszinātnēs (2011). Valsts izglītības satura centrs. Skatīts 17. jūnijā, 2012 no <http://visc.gov.lv/eksameni/vispizgl/paraugi.shtml>
23. Centralizētā eksāmena paraugs fizikā 2011. gadam. Rīga: VISC, 2011, 14 lpp.
24. Cisco, ASV informācijas komunikācijas tehnoloģiju uzņēmums – <http://www.cisco.com/en/US/hmpgs/index.html>
25. Cutrim Schmid, E. (2008). Potential pedagogical benefits and drawbacks of multimedia use in the English language classroom equipped with interactive whiteboard technology. *Computers and Education*, 51(4), 1553 – 1568
26. Dabaszinības 10. – 12. klasei. Mācību priekšmeta programmas paraugs. Autoru kolektīvs. Rīga: ISEC, 2008, 30 lpp.
27. Demonstrējumi un laboratorijas darbi. Fizika 10. klasei. – ISEC, Rīga, 2008 – 54 lpp.
28. Dias, B., L. (1999) Integrating Technology some things you should know. *ISTE – L&L* 27 (3). Skatīts 15. jūnijā, 2010 no <http://www.dirkdavis.net/cbu/etc520/resources/Integrating%20Technology.pdf>
29. Digregorio, P., Sobel – Lojeski, K. (2009 – 2010). The effects of interactive whiteboards (IWBs) on student performance and learning: a literature review. *J.Educational Technology Systems*, 38(3), 255 – 312
30. Dori, Y.J., Hult, E., Breslow, L. & Belcher, J. (2007). How much have they related? Making unseen concepts seen in a freshman electromagnetism course at MIT. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 299 – 323

31. Dori, Y.J. & Sasson, I. (2008). Chemical understanding and graphing skills in an honors case-based computerized chemistry laboratory environment: The value of bidirectional visual and textual representations. *Journal of Research in Science Teaching*. 45, 219 - 250
32. Dudareva, I., Bruņeniece, A. (2008). Some Aspects of Using ICT in Physics Teaching/Learning Process. In: Proceedings of International Scientific Practical Conference: Information & Communication Technology in Natural Science Education - 2008. NSERC, Šiaulai, 42 – 47.
33. Dudareva, I., Bruņeniece A. (2009). Kā lietojam interaktīvo tāfeli fizikas stundās? In: proceedings of the LatSTE` 2009 Conference. LU, Rīga, 86 – 91
34. Dudareva I., Bruņeniece, A. (2009). Interaktīvā tāfele astronomijas/fizikas stundās. Konferences „Astronomija Latvijā” referātu anotācijas. Skatīts 20. jūlijā, 2012 no [http://sag2009.starspace.lv/public/sag2009/konference\\_anot.html](http://sag2009.starspace.lv/public/sag2009/konference_anot.html)
35. Dzenītis, A. Akustikas apguve mūzikas vidusskolā. Rokasgrāmata skolotājiem. *ESF projekta metodiskais materiāls „Atbalsts mākslas un mūzikas vidusskolu audzēkņu konkurētspējas paaugstināšanai darba tirgū”*. Rīga, 2011 – 98 lpp.
36. Dzērve, U, Eidiņš, I. Fizikas uzdevumu krājums 10. klasei. Lielvārde: Lielvārds, 2005, 128 lpp.
37. Dymo/Mimio (2012). Interaktīvo tehnoloģiju ražotājs. Skatīts 17. jūnijā, 2012 no <http://www.mimio.com/en-EM.aspx>
38. Eilks, I., Witteck, T. & Pietzner, V. (2009). A critical discussion of the efficacy of using visual learning aids from the Internet to promote understanding, illustrated with examples explaining the Daniell voltaic cell. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 5, 145 - 152
39. Ekhami, L. (2002). The power of interactive whiteboards. *School Library Media Activities Monthly*, 18(8), 35 – 38
40. European Schoolnet (EUN) – Eiropas valstu Izglītības ministriju sadarbības tīkls – <http://www.eun.org/web/guest/home>
41. Fizika 8. – 9. klasei. Mācību priekšmeta programma. Autoru kolektīvs. Rīga: VISC, 2011, 22 lpp.
42. Fizika. Vispārējās vidējās izglītības mācību priekšmeta standarts. MK 2008. gada 2. septembra noteikumi nr. 715 Pielikums nr. 58. Skatīts 31. jūlijā, 2012 no <http://www.likumi.lv/doc.php?id=181216>
43. Fogarty, I. (2012). Small Group Science Students Gathered Around Interactive Whiteboards and Laptops. *SMART Technologies*, 61 – 63. Skatīts 17. jūnijā, 2012 no <http://smarttech.com/>
44. Gailītis, G., Gaumīgs, V., Puķītis, P. Fizikas praktikums vidusskolā. Rīga, Zvaigzne, 1986 – 180 lpp.

45. Gaumigs, V., Puķītis, P., Aukums, A. Fizikas praktiskie darbi 10. klasei. Rīga: Zvaigzne, 1991 – 166 lpp.
46. Giancoli, D., C. Physics for Scientists & Engineers with Modern Physics. IV Education. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education, 2009 – pp. 1302
47. Glover, D., Miller, D., Averis, D., Door, V. (2005). Leadership implications of using interactive whiteboards. *Management in Education*, 18(5), 27 – 30
48. Glover, D., Miller, D., Averis, D., Door, V. (2005). The interactive whiteboard: A literature survey. *Technology, Pedagogy & Education*, 14(2), 155 – 170
49. Glover, D., Miller, D., Averis, D., Door, V. (2007). The evolution of an effective pedagogy for teachers using the interactive whiteboards in mathematics and modern languages: An empirical analysis from the secondary sector. *Learning, Media & Technology*, 32(1), 5 – 20
50. Glover, D., Miller, D.J. (2002). Running with technology: The pedagogic impact of the large-scale introduction of interactive whiteboards in one secondary school. *Journal of Information Technology for Teacher Education*, 10(3), 257 – 278
51. Greiffenhagen, C. (2000). Out of the Office into the school: electronic whiteboards for education. Programming Research Group Technical Report TR-16-00. Oxford University Computing Laboratory. Skatīts 16. jūlijā, 2012 no <http://nottingham.academia.edu/ChristianGreiffenhagen/Papers/231729/>
52. Gribusts, A. (2011). Izaicinājumi tehnoloģiju efektīvai izmantošanai mācību procesā. *ESF projekta „Atbalsts valsts valodas apguvei un bilingviālajai izglītībai” zinātniski metodisks izdevums „Tagad”*, 2, 75 – 76. Skatīts 26. jūlijā, 2012 no [http://bilingvals.lv/uploads\\_docs/TAGAD-viss.pdf](http://bilingvals.lv/uploads_docs/TAGAD-viss.pdf)
53. Hall, I., Higgins, S. (2005). Primary school students` perceptions of interactive whiteboards. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 102 – 117
54. Hennessy, S., Deane, R., Ruthven, K., Winterbottom, M. (2007). Pedagogical strategies for using the interactive whiteboard to foster learner participation in school science. *Learning, Media and Technology*, 32 (3), 283 – 301.
55. Higgins, S., Beachamp, G., Miller, D. (2007). Reviewing the literature on interactive whiteboards. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 213 – 215.
56. *ImpaCT2: The Impact of Information and Communication Technologies on Pupil Learning and Attainment*. Summary. UK: Becta, 2002, p. 4
57. Inovatīvas skolu sistēmas struktūras īstenošanas izaicinājumi un iespējas. *SIA „Microsoft Latvija” pētījuma rezultātu ziņojums*. SIA „Analītisko pētījumu un stratēģiju laboratorija”, Rīga, 2010, 65 lpp. Skatīts 26. jūlijā, 2012 no <http://www.slideshare.net/GaaKaa/inovatvas-skolu-sistmas-struktras-stenoanas-izaicinjumi-un-iespjas-2010>

58. Interactive Simulations (2011). *Sound*. University of Colorado. Skatīts 8. martā, 2012 no <http://phet.colorado.edu/en/simulation/sound>
59. Interaktīvās tāfeles rīku izmantošana mācību procesā un materiālu veidošanā. Pedagogu profesionālās pilnveides programmas materiāli. Autoru kolektīvs. Rīga: VISC, 2011, 45 lpp.
60. Kaķītis, A. (2008). Neelektrisku lielumu elektriskā mērīšana un sensori. Jelgava: LLU. Skatīts 8. martā, 2012 no [http://www.tf.llu.lv/index.php?option=com\\_content&task=blogcategory&id=15&Itemid=30](http://www.tf.llu.lv/index.php?option=com_content&task=blogcategory&id=15&Itemid=30)
61. Kennewell, S., Morgan, A. (2004). *Student teachers` experiences and attitudes towards using interactive whiteboards in the teaching and learning of young children*. Skatīts 30. janvārī, 2012 no <http://crpit.com/confpapers/CRPITV34Kennewell1.pdf>
62. Kennewell, S., Beauchamp, G. (2007). The features of interactive whiteboards and their influence on learning. *Learning, Media and Technology*, 32(3), 227 – 241
63. Krajcik, J., Arbor, A., Layman, J., W. (1992) Microcomputer-Based Laboratories in the Science Classroom. *National Association for Research in Science Teaching, NARST 2012*. Skatīts 15. martā, 2012 no <http://www.narst.org/publications/research/microcomputer.cfm>
64. Krajcik, J., Mamlok, R., & Hug, B. Modern content and the enterprise of science in the 20<sup>th</sup> century. In L/Corno (ed.). *Education across century: the centennial volume*. Chicago: NSSE – 2001, 205 - 238
65. Krūmiņš, J., Puķītis, P. Fizika 10. klasei. Rīga, Zvaigzne ABC, 1998 – 264 lpp.
66. Krūmiņš, J., Puķītis, P. Fizikas praktiskie darbi 10. klasei. Rīga, Zvaigzne ABC, 1996 – 320 lpp.
67. Krūmiņš, J., Puķītis, P. Fizikas praktiskie darbi 12. klasei. Rīga, Zvaigzne, 1993 – 160 lpp.
68. Latvijas Universitātes Dabaszinātņu un matemātikas izglītības centrs – [www.dzm.lu.lv](http://www.dzm.lu.lv)
69. Lee, M., Winzenried, A. The Use of Instructional Technology in Schools. *Lessons to be learned*. ACER Press, 2009, p 266
70. Lemke, C., Coughlin, E., Reifsneider, D. (2009). *Technology in schools: What researcher says: An update*. Culver City, CA: Commissioned by Cisco, 56. Skatīts 26. jūlijā, 2012 no [http://www.cisco.com/web/strategy/docs/education/tech\\_in\\_schools\\_what\\_research\\_says.pdf](http://www.cisco.com/web/strategy/docs/education/tech_in_schools_what_research_says.pdf)
71. Lewin, C., Somekh, B., Steadman, S. (2008). Embedding interactive whiteboards in teaching and learning: The process of change in pedagogic practice. *Education & Information Technologies*, 13(4), 291 – 303
72. Lielvārds IT – oficiālais interaktīvo tehnoloģiju ražotāja “Promethean” pārstāvis Latvijā – [www.activboard.lv](http://www.activboard.lv)
73. Limniou, M., Roberts, D. & Papadopoulos N. (2008). Full immersive virtual environment CAVETM in chemistry education. *Computers & Education*, 51, 584 - 593

74. Linn, M., C., Layman, J., W., Nachmias, R. (1987). Cognitive consequences of microcomputer-based laboratories: Graphing skills development. *Contemporary Education Psychology*, 12(3), 244 – 253
75. Martin, S. (2007). Interactive whiteboards and talking books: A new approach to teaching children to write? *Literacy*, 4(1), 26 – 34
76. Mayer, R.E. & Chanler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Education Psychology*. 93, 390 – 397
77. Mācību grāmatas un digitālie resursi 2012./2013. Mācību grāmatu katalogs. Lielvārds, 2012, 36 lpp, skatīts 20. jūlijā, 2012 no  
[http://www.lielvards.lv/pub/ebooks/new/mgk\\_2012/HTML/#/18/](http://www.lielvards.lv/pub/ebooks/new/mgk_2012/HTML/#/18/)
78. Mācību saturs un prasības tā apguvei. Fizika. Autoru kolektīvs. Rīga: ISEC, 2008, 34 lpp.
79. Mediju lietošanas kompetence skolēnu un skolotāju mērķa grupā. ESF projekta „Atbalsts valsts valodas apguvei un bilingviālajai izglītībai” pētījuma rezultātu ziņojums. Baltic Institute of Social Sciences, Rīga, 2011, 100 lpp. Skatīts 26. jūlijā, 2012 no  
[http://www.bilingvals.lv/uploads\\_docs/BISS\\_Mediju\\_komptence\\_2011\\_1323249632.pdf](http://www.bilingvals.lv/uploads_docs/BISS_Mediju_komptence_2011_1323249632.pdf)
80. Miller, D.J., Glover, D., Averis, D. (2008). *Enabling enhanced mathematics teaching: Final Report for the National Centre for Excellence in the Teaching of Mathematics*. Skatīts 30. janvārī, 2012 no <http://www.keele.ac.uk/depts/ed/iaw/docs/ncetmreport/ncetmreport.pdf>
81. Mohon, E., H. (2008). SMART moves? A case study of one teacher`s pedagogical change through use of the interactive whiteboard. *Learning, Media and Technology*, 33;4, 301 – 312.
82. Mokros, J., R., Tinker, R., F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children`s ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 369 – 383
83. Muižnieks, A. (2010). Elektromagnētisms. *Studiju kursa apraksts LU FMF bakalaura līmeņa studijās*. Skatīts 15. martā, 2012 no  
[https://luis.lanet.lv/pls/pub/kursi.kurss\\_dati?l=1&p\\_kods=2FIZ2289&p\\_par=druk](https://luis.lanet.lv/pls/pub/kursi.kurss_dati?l=1&p_kods=2FIZ2289&p_par=druk)
84. Multi-range light level sensor (2012). Smart Technology. Skatīts 8. martā, 2012 no  
[http://www.dataharvest.co.uk/distributor/files/documents/sensors/3124/ds099\\_1\\_multirange\\_light\\_sensor.pdf](http://www.dataharvest.co.uk/distributor/files/documents/sensors/3124/ds099_1_multirange_light_sensor.pdf)
85. Murcia, K. (2008). Teaching for scientific literacy with an interactive whiteboard. *Teaching Science*, 54(4), 17 – 21.
86. Murcia, K., Sheffield, R. (2010). Talking about science in interactive whiteboard classrooms. *Australasian Journal of Educational Technology*, 26 (Special issue 4), 417 – 431.
87. Newton, I., R. (1997). Graph Talk: some observations and reflections on students data-logging. *School Science Review*. 79, 49 – 54

88. Noise levels (2006). Lime Technologies. Skatīts 8. septembrī, 2012 no <http://noiselimiteers.co.uk/buy/noise-levels-what-is-noise.php>
89. Pārbaudes darbi. Fizika 12. klasei. – ISEC, Rīga, 2008 – 62 lpp.
90. Pedretti, E., Mayer-Smith, J., Woodrow, J. (1998) Technology, Text and Talk: Students' Perspectives on Teaching and Learning in a Technology-Enhanced Science Classroom. *Science Education*, 82, 569 – 589
91. Pētnieciskā darbība. Fizika 10. klasei. ISEC ESF projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos” mācību un metodisko līdzekļu komplekts fizikā 10. – 12. klasei. Autoru kolektīvs. – ISEC, Rīga, 2008 – 66 lpp.
92. Pētnieciskā darbība. Fizika 11. klasei. ISEC ESF projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos” mācību un metodisko līdzekļu komplekts fizikā 10. – 12. klasei. Autoru kolektīvs. – ISEC, Rīga, 2008 – 50 lpp.
93. Promethean (2012). Interaktīvo tehnoloģiju ražotājs. Skatīts 17. jūnijā, 2012 no <http://www.prometheanworld.com/en-gb/>
94. Puķītis, P. Eksperimentu uzdevumi fizikā vidusskolai. Rīga, Zvaigzne ABC, 2003 – 104 lpp.
95. Puķītis, P. Fizika 10. klasei. Rīga: Zvaigzne ABC, 2010 – 116 lpp.
96. Ramboll Management (2006). E – learning Nordic 2006: Impact of ICT on education. Denmark. Skatīts 20. jūlijā, 2012 no [http://www.skolverket.se/polopoly\\_fs/1.141429!/Menu/article/attachment/English\\_eLearningNordic2006.pdf](http://www.skolverket.se/polopoly_fs/1.141429!/Menu/article/attachment/English_eLearningNordic2006.pdf)
97. Rodrigues, S. (ed). Multiple literacy and science education: ICTs in formal and informal learning environments. Hershey: IGI Global, 2010
98. Roger, L., T., Wild, P. (1996). Data-logging: effects on practical science. *Journal of Computer Assisted Learning*. 12, 130 – 145
99. Rogers, L. (1997). New data-logging tools – new investigations. *School Science Review*, 79, 61 – 68
100. Rudd, T. (2007). *Interactive whiteboards in the classroom*. Skatīts 30. janvārī, 2012 no <http://www.futurelab.org.uk/events/listing/whiteboards/report>
101. Russell, D.W., Lucas, K.B. & McRobbie, C.J. (2004). Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in thermal physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 165 – 185
102. Schroeder, R. (2007). Active learning with interactive whiteboards: A literature review and a case study for college freshmen. *Communications in Information Literacy*, 1(2), 64 – 73



103. Schuck, S., Kearney, M. (2007). Exploring pedagogy with interactive whiteboards: A case study of six schools. *Sydney, University of Technology Sydney*. Skatīts 10. februārī, 2009 no <http://www.ed-dev.uts.edu.au/teachered/research/iwbproject/pdfs/iwbreportweb.pdf>
104. SIA "Baltijas Biroju Tehnoloģijas" – oficiālais SMART Technologies pārstāvis Latvijā. – [www.smartboard.lv](http://www.smartboard.lv)
105. Skolotāju studiju programmu nodarbību materiāli dabaszinātņu un matemātikas didaktikā. Rīga: LU, DU, LiepU, VISC – 2010, CD – formātā.
106. Slay, H., Siebörger, I., Hodgkinson-Williams, C. (2008) Interactive whiteboards: Real beauty or just „lipstick”? *Computers & Education*, 51(3), 1321 – 1341
107. SMART (2012). Interaktīvo tehnoloģiju ražotājs. Skatīts 17. jūnijā, 2012 no <http://smarttech.com/>
108. Smith, H., Higgins, S., Wall, K., Miller, J. (2005). Interactive whiteboards: Boon or bandwagon? A critical review of the literature. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(2), 91 – 101
109. Sound Level Meter (2012). Vernier Software & Technology. Skatīts 8. martā, 2012 no <http://www.vernier.com/files/manuals/slm-bta.pdf>
110. Sound Level Sensors (2012). Smart Technology. Skatīts 8. martā, 2012 no <http://www.dataharvest.co.uk/products.php?g=sci&ppg=sci&a=sec&ppa=sec&t=sen&code=3175>
111. Strauss, A., C., Corbin, J., M. Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grunded Theory. Thousand Oaks, CA: Sage, 2007, p 378
112. Šilters, E. Fizikas burtnīca 8. klasei. Lielvārde: Lielvārds, 2003, 88 lpp.
113. Šilters, E., Dzērve U., Fizikas burtnīca 9. klasei. Lielvārde: Lielvārds, 2003, 88 lpp.
114. Šilters, E., Reguts, V., Cābelis, A. Fizika 10. klasei. Lielvārde: Lielvārds, 2004 – 256 lpp.
115. Šilters, E., Reguts, V., Cābelis, A. Fizika 11. klasei. Lielvārde, Lielvārds, 2006 – 288 lpp.
116. Šilters, E., Reguts, V., Cābelis, A., Vilks, I. Fizika 12. klasei. Lielvārde, Lielvārds, 2008 – 320 lpp.
117. Tabulas un formulas fizikā. 8. – 12. klasei. Sast. U.Dzērve. Lielvārde: Lielvārds, 2005, 72 lpp.
118. Technology in Education. Datalogging – a history. (2011). Skatīts 17. jūlijā, 2012 no – <http://www.technology-in-education.co.uk/features/datalogging-a-history/>
119. The Engineering ToolBox. (2012). *Solids – Specific Heats*. Skatīts 22.aprīlī, 2012 no [http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-solids-d\\_154.html](http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-solids-d_154.html)
120. The ICT Impact Report. *A review of studies of ICT impact on schools in Europe*. European Schoolnet, 2006, p. 75

121. Thorton R., K., Sokoloff, D., R. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58(9), 858 – 867
122. Tolley R.J. (2011) *The Use of Interactive Whiteboards in Schools*. Skatīts 26. maijā, 2012 no <http://www.maximise-ict.co.uk/IWBs.pdf>
123. Tyldesley, A., Turner, C. (2005). Secondary school case studies of literacy and ICT. In *Teaching secondary school literacies with ICT*, ed. Monteith, M. Maidenhead: Open University Press. 57 – 70
124. User Manual (2011). *Magnetic Field Sensor*. Vernier Software & Technology. Skatīts 8. martā, 2012 no <http://www.vernier.com/files/manuals/mg-bta.pdf>
125. User Manual (2011). *Stainless Steel Temperature Probe*. Vernier Software & Technology. Skatīts 8. martā, 2012 no <http://www.vernier.com/files/manuals/tmp-bta.pdf>
126. Veiss, K. Lietišķās informātikas pamati. Rīga, Zvaigzne ABC. 2000
127. Vilks, I. Astronomija vidusskolai. Rīga, Zvaigzne ABC, 1996, 248 lpp.
128. Vilks, I. Fizika 8. klasei. Rīga: Zvaigzne ABC, 2007 – 160 lpp.
129. Vizuālie materiāli fizikā 8. klasei (2011). LU Dabaszinātņu un matemātikas centrs. Skatīts 16. jūnijā, 2012 no [http://www.dzm.lu.lv/fiz/IT/VM\\_F\\_8/index.html](http://www.dzm.lu.lv/fiz/IT/VM_F_8/index.html)
130. Wachira, P., Keengwe, J. (2011). Technology Integration Barriers: Urban School Mathematics Teachers Perspectives. *Journal of Science Education and Technology*, 20, 17 – 25
131. Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: what can investigate experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Sci Educ*, 87(1), 112 – 143
132. Wood, R., Ashfield, J. (2008). The use of interactive whiteboard for creative teaching and learning in literacy and mathematics: A case study. *British Journal of Educational Technology*, 39(1), 84 – 96
133. Zinātnes un tehnoloģijas vārdnīca. Sast. I. Kačevska. Rīga: Apgāds „Norden AB”, 2001, 593. – 594. lpp.
134. Горюнова, М., А., Семенова, Т., В., Солоневича М., Н. Интерактивные доски и их использование в учебном процессе. Санкт-Петербург, БХВ-Петербург, 2010, с. 336
135. 100 years of IBM, videomateriāls par tehnoloģiju attīstību. Skatīts 2. janvārī 2012. – <http://www.wimp.com/ibmachievements/>



# PIELIKUMI

- Nr.1. Pētījumā izmantoto anketu paraugi un stundu vērošanas lapa.
- Nr.2. Laboratorijas darbu un demonstrējumu apraksti fizikā vidusskolā.
- Nr. 3. Skolotāju sniegtie vērtējumi par demonstrējumu aprakstiem aprobācijas procesā.
- Nr.4. Darba lapas fizikā pamatskolā skolēnu pētnieciskajiem darbiem ar sensoriem.
- Nr.5. Demonstrējumi ar magnēta svārstu.
- Nr.6. Profesionālās pilnveides nodarbību plāni fizikas skolotājiem par sensoriem, datu uzkrājējiem un interaktīvo tāfeli.
- Nr.7. Pieejamai resursi fizikā interaktīvās tāfeles programmatūrā.
- Nr.8. Darba lapu paraugi fizikā un tām atbilstošais interaktīvās tāfeles materiāls.
- Nr.9. Demonstrējums ar datu kameru „Vai gaismas diodes spīd ūdenī?”

**PĒTĪJUMĀ IZMANTOTO ANKETU PARAUGI UN STUNDU VĒROŠANAS LAPA**

1. Aptauja par IT lietojumu pilotskolās un atbalsta skolās pilotsskolu dabaszinātņu un matemātikas skolotājiem (respondenti: 50 pilotsskolu dabaszinātņu un matemātikas skolotāji. 2010. gada jūnijs. Anketas tika aizpildītas elektroniski).
2. Aptauja par interaktīvās tāfeles izmantošanu fizikas stundās (respondenti: 140 fizikas skolotāji – profesionālās pilnveides kursu dalībnieki. 2010. – 2011. gads).
3. Mācību stundu ārējās novērošanas lapa projekta pilotskolās (2007. – 2011. gads).

Aprobācijas pētījums tika realizēts ISEC ESF projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” (2005 – 2008) un VISC ESF projekta „Dabaszinātnes un matemātika” (2008 – 2011) pilotskolās:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Āgenskalna Valsts ģimnāzijā                 | 24. Rēzeknes Valsts ģimnāzijā          |
| 2. Daugavpils pilsētas Centra ģimnāzijā        | 25. Smiltenes ģimnāzijā                |
| 3. Druvas vidusskolā                           | 26. Bauskas 1. vidusskolā              |
| 4. Jelgavas Valsts ģimnāzijā                   | 27. Brocēnu vidusskolā                 |
| 5. Liepājas 1. ģimnāzijā                       | 28. Dobeles Valsts ģimnāzijā           |
| 6. Lizuma vidusskolā                           | 29. DA Liepājas pilsētas 5. vidusskolā |
| 7. Rīgas Ostvalda vidusskolā                   | 30. Elejas vidusskolā                  |
| 8. Preiļu Valsts ģimnāzijā                     | 31. Grobiņas vidusskolā                |
| 9. Valmieras Pārgaujas ģimnāzijā               | 32. Jelgavas 1. ģimnāzijā              |
| 10. Valsts Priekuļu lauksaimniecības tehnikumā | 33. V.Plūdoņa Kuldīgas ģimnāzijā       |
| 11. Vecumnieku vidusskolā                      | 34. Talsu Valsts ģimnāzijā             |
| 12. Viļānu vidusskolā                          | 35. Tukuma Raiņa ģimnāzijā             |
| 13. Ernsta Glikas Alūksnes Valsts ģimnāzijā    | 36. Ventspils 1. ģimnāzijā             |
| 14. Balvu pilsētas ģimnāzijā                   | 37. Ugāles vidusskolā                  |
| 15. Daugavpils 3. vidusskolā                   | 38. Andreja Upīša Skrīveru vidusskolā  |
| 16. Gulbenes ģimnāzijā                         | 39. DA Cēsu Valsts ģimnāzijā           |
| 17. Ilūkstes 1. vidusskolā                     | 40. Limbažu 3. vidusskolā              |
| 18. Jēkabpils Valsts ģimnāzijā                 | 41. Natālijas Draudziņas ģimnāzijā     |
| 19. Krāslavas ģimnāzijā                        | 42. Ogres ģimnāzijā                    |
| 20. Līvānu 1. vidusskolā                       | 43. Pumpuru vidusskolā                 |
| 21. Ludzas pilsētas ģimnāzijā                  | 44. Rīgas Franču licejā                |
| 22. Madonas Valsts ģimnāzijā                   | 45. Rīgas Valsts 1. ģimnāzijā          |
| 23. Maltas 1. vidusskolā                       | 46. Rīgas Zolitūdes ģimnāzijā          |

47. Rīgas 3. vidusskolā
48. Siguldas Valsts ģimnāzijā
49. Valmieras Valsts ģimnāzijā
50. Ziemeļvalstu ģimnāzijā
51. Laucienes pamatskolā
52. Krustpils pamatskolā
53. Krāslavas pamatskolā
54. Garkalnes vidusskolā
55. Ventspils 2. pamatskolā
56. Dobeles kristīgajā pamatskolā
57. Cēsu 2. pamatskolā
58. Friča Brīvzemnieka pamatskolā
59. Tukuma 2. pamatskolā
60. Baumaņu Kārļa Viļķenes pamatskolā
61. Sakstagala Jāņa Klīdzēja pamatskolā
62. Kalsnavas pamatskolā
63. Rīgas 95. vidusskolā
64. Rīgas 5. pamatskolā

## 1. Aptauja par IT lietojumu pilotskolās un atbalsta skolās pilotskolu dabaszinātņu un matemātikas skolotājiem

1. Atzīmējiet, kuras no minētajām ierīcēm Jūs lietojat mācību procesā (vairākas atbildes ir iespējamas).

	Dators		Kodoskops		Video kamera
	Interaktīvā tāfele		Dokumentu kamera		Projektors
	Sensori		Datu uzkrājēji		Balsošanas ierīces

2. Kuras no minētajām ierīcēm **sākat lietot** tikai **projekta laikā** (vairākas atbildes ir iespējamas)?

	Dators		Kodoskops		Video kamera
	Interaktīvā tāfele		Dokumentu kamera		Projektors
	Sensori		Datu uzkrājēji		Balsošanas ierīces

3. Atzīmējiet, kurus no minētajiem resursu veidiem Jūs lietojiet mācību procesā (vairākas atbildes ir iespējamas).

	PowerPoint prezentācijas		Word dokumentus		Laikrakstus, žurnālus
	Kodoskopa materiālus		Materiālus Geonext programmā		Videofilmas
	Pdf dokumentus		TV raidījumu fragmentus		Radio raidījumu fragmentus
	Excel dokumentus		Interaktīvās tāfeles darblapas		Interaktīvos mācību diskus
	Vizuālos materiālus (attēlus, shēmas)		Mācību grāmatas, tabulas		Animācijas
	Interneta resursus		Skaņas failus		Didaktiskās spēles

4. Kurus no minētajiem resursu veidiem Jūs **sākat lietot** tikai **projekta laikā** (vairākas atbildes ir iespējamas)?

	PowerPoint prezentācijas		Word dokumentus		Laikrakstus, žurnālus
	Kodoskopa materiālus		Materiālus Geonext programmā		Videofilmas
	Pdf dokumentus		TV raidījumu fragmentus		Radio raidījumu fragmentus
	Excel dokumentus		Interaktīvās tāfeles darblapas		Interaktīvos mācību diskus
	Vizuālos materiālus (attēlus, shēmas)		Mācību grāmatas, tabulas		Animācijas
	Interneta resursus		Skaņas failus		Didaktiskās spēles

5. Kādu mērķu sasniegšanai visbiežāk izmantojat informāciju tehnoloģijas mācību procesā? (atzīmējiet trīs atbildes)

	Vizualizēšanai (attēli, prezentācijas, filmas, u.c.)		Demonstrēšanai (sensori)		Dabas un tehnikas procesu modelēšanai (simulācijas, animācijas)
	Informācijas meklēšanai (internets)		Vērtēšanai (elektroniski testi ar un bez balsošanas ierīcēm).		Saziņai (elektroniskās vides, e-pasts)
	Informēšanai (prezentācijas, kurās norādīts stundas mērķis utml.)		Cits		

6. Kādu darbību veikšanai visbiežāk piedāvājat skolēniem darboties ar informāciju tehnoloģijām mācību procesā? (atzīmējiet trīs atbildes)

	Prezentāciju veidošanai		Laboratorijas darbu veikšanai		Informācijas meklēšanai
	Dabas un tehnikas procesu modelēšanai		Aprēķinu veikšanai		Filmu veidošanai
	Projektu izstrādei		Pētniecisko darbu veikšanai		Saziņai
	Cits				

7. Uzrakstiet no savas pieredzes divus piemērus, kas parāda mērķtiecīgu informācijas tehnoloģiju lietojumu mācību procesā.
8. Uzrakstiet no savas pieredzes vismaz vienu piemēru, kādas problēmas rodas, lietojot informācijas tehnoloģijas mācību procesā un kā Jūs tās risināt.
9. Ja nolemjat neizmantot tehnoloģijas mācību procesā, miniet iemeslus kāpēc (atzīmējiet piecas atbildes).

	Neprotu rīkoties, jo nav pieredzes		Skolēniem ir labākas prasmes par manām		Nav pieejamas manā klasē
	Nav pieejamas skolā		Sagatavošanās ir laikietilpīga		Nav piemērotas konkrētu mērķu realizācijai
	Nav informācijas par iespējām apgūt prasmes strādāt ar konkrēto tehnoloģiju		Nav atbalsta no skolas vadības		Nav atbilstošu mācību resursu
	Cits				

10. Kāda palīdzība Jums būtu nepieciešama, lai efektīvi varētu lietot tehnoloģijas mācību procesā?

11. Kādus priekšmetus vidusskolā Jūs mācāt? F    Ķ    M    B

12. Kādus priekšmetus pamatskolā Jūs mācāt? F    Ķ    M    B

Paldies!

## 2. Aptauja par interaktīvās tāfeles izmantošanu fizikas stundās

Lūdzu atbildiet uz dažiem jautājumiem saistībā ar interaktīvās tāfeles lietojumu fizikas stundās!  
Apvelciet atbilstošo atbildi!

1. Interaktīvā tāfele:
  - atrodas fizikas kabinetā;
  - atrodas skolā, bet citā kabinetā;
  - skolā nav vispār.
  
2. Pieredze darbā ar interaktīvo tāfeli:
  - nestrādāju nemaz;
  - esmu pamēģinājis/pamēģinājusi darboties;
  - izmantoju fizikas stundās regulāri.

Ja neizmantojat tāfeli, 3. un 4. jautājumu varat izlaist. Ja izmantojat tāfeli, atzīmējiet -

3. Kādus materiālus fizikas stundās Jūs izmantojat uz interaktīvās tāfeles:
  - demonstrēju gatavus resursus (filmas, animācijas, CD, DVD);
  - demonstrēju interneta resursus;
  - izmantoju tāfeles programmatūras iespējas – rakstīt, zīmēt, utt.
  - izmantoju speciāli gatavotus tāfeles flipčārtus, ko piedāvā ražotāji vai izdevniecības, kolēģi;
  - gatavoju pats materiālus;
  - cits .....

4. Aprakstiet vienu piemēru, kā Jūs izmantojat interaktīvo tāfeli fizikas stundās (ar kādu mērķi, kāds fizikas saturs un kāda veida uzdevumi, ko dara skolēni, ko dara skolotājs.....)

.....

.....

.....

.....

.....

5. Vai izmantojat interaktīvās tāfeles programmā sagatavotus materiālus **arī bez tāfeles**, kādus?

.....

.....

.....

6. Kāda palīdzība būtu nepieciešama, lai pilnvērtīgi lietotu interaktīvo tāfeli fizikas stundās?

.....

.....

.....

7. Fiziku mācu: • pamatskolā • vidusskolā

Paldies!

### 3. Mācību stundas ārējā novērošana

\_\_\_\_\_ /skolas nosaukums/

Datums \_\_\_\_\_

<b>Priekšmets</b>	B	M	K	F	Dz	<b>Klase</b>	10.	11.	12.
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Stundas temats \_\_\_\_\_

#### Plānotais

(intervija ar skolotāju pirms stundas)

Lūdzu, raksturojiet stundas vietu tematā?

---

---

---

Kāds ir Jūsu vadītās stundas mērķis?

---

---

---

---

Ko skolēni apgūs (Kāds ir skolēnam sasniedzamais rezultāts)?

---

---

#### Sasniegtais

(intervija ar skolotāju pēc stundas)

Kā izdevās sasniegt stundas mērķi?

Pilnībā	Daļēji	Neizdevās
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Komentējiet atbildi – kas izdevās, kas neizdevās, kāpēc?

---

---

---

---

Ko skolēni apguva šajā stundā?

Kā Jūs to konstatējāt?

---

---

---

---

#### Vērojums

(stundas laikā)

Kā tika aktualizētas skolēna iepriekšējās zināšanas un pieredze?

---

---

---

---

Kā tika virzīts apjēgšanas process?

---

---

---

---

Kā skolēni/ skolotājs konstatēja, ka rezultāts ir sasniegts?

---

---

## Stundas norise

Skolēna darbība stundās		Laiks, citas piezīmes
Prognozē, plāno, secina (izziņas darbība)	<input type="checkbox"/>	
Veic laboratorijas darbus, eksperimentē (praktiskā darbība)	<input type="checkbox"/>	
Vēro demonstrējumu	<input type="checkbox"/>	
Skatās animācijas, prezentācijas, video fragmentus	<input type="checkbox"/>	
Risina problēmuzdevumus	<input type="checkbox"/>	
Veido un/vai risina tipveida uzdevumus	<input type="checkbox"/>	
Pamato savu viedokli, izsaka savas domas ( piedalās diskusijās)	<input type="checkbox"/>	
Izspēlē un/vai analizē situācijas	<input type="checkbox"/>	
Atbild uz jautājumiem (veido jautājumus)	<input type="checkbox"/>	
Klausās skolotāja stāstījumu	<input type="checkbox"/>	
Raksta strukturētus rakstu darbus	<input type="checkbox"/>	
Iepazīstina ar savu darbu	<input type="checkbox"/>	
Strādā ar tekstu	<input type="checkbox"/>	
Lieto datoru (Excel Internet, interaktīvā tāfele, sensori, u.c.)	<input type="checkbox"/>	
Cita .....		

Sadarbības formas		Laiks, citas piezīmes
Frontāls darbs	<input type="checkbox"/>	
Grupu darbs	<input type="checkbox"/>	
Pāru darbs	<input type="checkbox"/>	
Individuāls darbs	<input type="checkbox"/>	

Stundā izmantotie mācību līdzekļi/materiāli		Laiks, citas piezīmes
Mācību grāmatas	<input type="checkbox"/>	
Kodomateriāli/ elektroniskie materiāli	<input type="checkbox"/>	
Citi vizuālie materiāli (plakāti, tabulas, u.c.)	<input type="checkbox"/>	
Dators, projektors:		
Internets	<input type="checkbox"/>	
Interaktīvā tāfele	<input type="checkbox"/>	
Sensori	<input type="checkbox"/>	
Cits .....	<input type="checkbox"/>	
Vielas vai dabas objekti	<input type="checkbox"/>	
Ierīces vai piederumi	<input type="checkbox"/>	
Modeļi	<input type="checkbox"/>	
Darba lapas	<input type="checkbox"/>	
Citi .....	<input type="checkbox"/>	
Stundā izmantotās vērtēšanas formas		Laiks, citas piezīmes
Skolotāja mutisks vērtējums	<input type="checkbox"/>	
Ballēs vai <i>i/ni</i>	<input type="checkbox"/>	
Jautājumi (refleksijai)	<input type="checkbox"/>	
Pašnovērtējums	<input type="checkbox"/>	
Citu novērtējums	<input type="checkbox"/>	
Aptauja	<input type="checkbox"/>	



Secinājumu lapa

**Kādi pierādījumi stundas laikā bija par projekta aktualitātēm?**

(aizpilda pēc stundas vērošanas lapām)

Kritēriji	Secinājumi
Izpratne par dabu un tehniku	
Praktiskā un pētnieciskā darbība	
Saista apgūto ar reālo dzīvi	
Mūsdienīgu tehnoloģiju izmantošana	
Mūsdienīgu mācību metožu izmantošana	

Vērotājs /vārds, uzvārds/ \_\_\_\_\_ /paraksts/ \_\_\_\_\_ /datums/ \_\_\_\_\_

## **LABORATORIJAS DARBU UN DEMONSTRĒJUMU APRAKSTI FIZIKĀ VIDUSSKOLĀ**

Laboratorijas darbu un demonstrējumu apraksti fizikas vidusskolas kursam sagatavoti VISC īstenotā ESF nacionālās programmas „Mācību kvalitātes uzlabošana dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos vidējā izglītībā” projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos” (2005 – 2008) ietvaros. Pielikumā ievietoti laboratorijas darbu un demonstrējumu apraksti ar metodiskajiem komentāriem, uz kuriem ir atsauce promocijas darbā.

1. LD Atsperes stinguma koeficienta noteikšana.
2. LD Vidējā ātruma noteikšana.
3. LD Lodītes paātrinājuma noteikšana.
4. DD Ķermeņu kustība.
5. DD Apgaismojuma likumi.
6. DD Spoles radītais magnētiskais lauks.
7. LD Zemūdens sports un gāzu likumi.
8. DD Matemātiskā svārsta periods.
9. DD Svārstību kustības raksturlielumi.

# 1. LD ATSPERES STINGUMA KOEFICIENTA NOTEIKŠANA

Darba izpildes laiks 40 minūtes

## Mērķis

Pilnveidot pētnieciskās darbības prasmes laboratorijas darbā, nosakot atsperes stinguma koeficientu ar atsperes svārstu, patstāvīgi plānojot darba gaitu, iegūstot datus un izvērtējot iegūtos rezultātus.

## Sasniedzamais rezultāts

1. Formulē hipotēzi par svārstību frekvences atkarību no atsperes stinguma koeficienta.
2. Plāno darba gaitu hipotēzes apstiprināšanai.
3. Iegūst un apstrādā datus lietojot IT.
4. Analizē un izvērtē iegūtos datus.

Saskata un formulē pētāmo problēmu	Dots
Formulē hipotēzi	Patstāvīgi
Saskata (izvēlas) un sagrupē lielumus, pazīmes	Patstāvīgi
Izvēlas atbilstošus darba piederumus, vielas	Mācās
Plāno darba gaitu, izvēloties drošas, videi nekaitīgas darba metodes	Patstāvīgi
Novēro, mēra un reģistrē datus	Patstāvīgi
Lieto darba piederumus un vielas	Patstāvīgi
Apstrādā datus	Patstāvīgi
Analizē, izvērtē eksperimenta rezultātus, secina	Patstāvīgi
Prezentē darba rezultātus	---
Sadarbojas strādājot grupā (pārī)	Patstāvīgi

Darbu skolēni veic pāros patstāvīgi, izejot visus pētnieciskās darbības posmus. Skolotājs konsultē nepieciešamības gadījumā. Darbu ieteicams strādāt datorklasē un datus apstrādāt programmatūrā uz datora nevis datu uzkrājēja.

## Situācijas apraksts

Automobilis jāsagatavo rallijam Parīze-Dakāra. Tuksnesīgajai trasei ir raksturīgas samērā lēzenas, bet tomēr dziļas bedres. Jāizraugās automobilim vispiemērotākās atsperes, lai braucot ar lielu ātrumu tās „nesistu cauri”. Taču, ja izmēģinājuma

braucienos rallija automobilim uzliek dažādas atsperes bez amortizatoriem, tad automobilis šūpojas ar dažādām frekvencēm, pēc kurām var spriest par atsperu stinguma koeficientu un spēju, traucoties trasē ar atbilstīgu ātrumu, „reagēt” uz bedrēm un pauguriem.

## Pētāmā problēma

Kā mainās atsperes svārstību frekvence, ja palielina atsperes stinguma koeficientu?

## Hipotēze

Skolēni patstāvīgi formulē hipotēzi. Piemērs.

Jo lielāks atsperes stinguma koeficients  $k$ , jo lielāka ir svārstību frekvence  $\nu$ . Šo

hipotēzi pierāda sakarība  $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow \nu \sim \sqrt{k}$ , ja  $m = const$ .

## Lielumi

Atkarīgais – svārstību frekvence  $\nu$

Neatkarīgais – atsperes stinguma koeficients  $k$

Fiksētais – atsvara masa  $m$

## Darba piederumi

Divas vai trīs atsperes ar dažādiem stinguma koeficientiem, atsvars, statīvs, spēka sensors, datu uzkrājējs un dators ar atbilstošu datu apstrādes programmatūru.

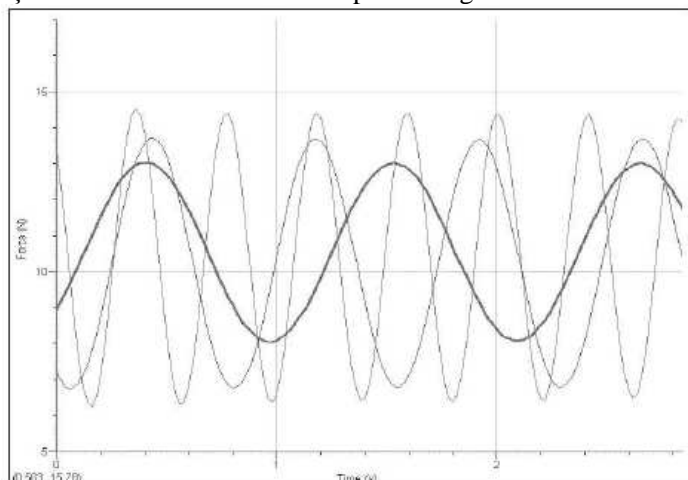
Darbs pārbaudīts ar atsperēm, kuru stinguma koeficienti ir 30 N/m, 70 N/m un 230 N/m un atsvaru, kura masa 1 kg. Ja pieejamās atsperes ir ar citiem stinguma koeficientiem, tad proporcionāli jāpalielina vai jāsamazina arī izraudzītā atsvara masa.



## Darba gaita

Jāņem vērā, ka

- 1) atsperes nedrīkst izstiept līdz plastiskajai deformācijai (ne vairāk kā par 15% to garuma);
  - 2) eksperimenta iekārtu labāk novietot uz grīdas, lai svārstis netišām netrāpītu pa datoru monitora ekrānu.
1. Iestiprina statīvā spēka sensoru un pieslēdz datu uzkrājējam. Datu uzkrājēju pieslēdz datoram.
  2. Sensoram piestiprina atsperi.
  3. Sagatavo datu uzkrājēja programmatūru, lai ierakstītu atsperes sastiepuma spēka maiņu laikā svārstību procesā.
  4. Atsperē iekar atsvaru. Atsvaru paceļ vertikāli uz augšu tā, lai atsperē būtu tikai nedaudz izstiepta, un atlaiž vaļā, tādējādi iesvārstot atsperes svārstu. Vienlaikus ieslēdz sensora mērījumus reģistrējošo programmatūru. Pēc 10 ... 15 svārstību periodiem, pārtrauc datu reģistrēšanu.
  5. Sagatavo programmatūru nākamās līknes attēlošanai tajā pašā grafikā.
  6. Nomaina atsperi ar citu stinguma koeficientu un atkārti darba gaitas 4. un 5. soli. Ja ir pieejama trešā atsperē, tad veic mērījumus arī trešo reizi.
  7. No iegūtajiem grafikiem nosaka svārstību frekvenci katrai atsperēi (vislabāk izraudzīties 5 ... 10 svārstību periodus pēc kārtas, nolasīt svārstību skaitu un izdalīt ar svārstību norises ilgumu).
  8. Aprēķina svārstību frekvenci un atsperes stinguma koeficientu.



## Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

Atsperes stinguma koeficients

Nr.	$m$ , kg	$N$	$t$ , s	$\nu$ , Hz	$k$ , N/m
1.	1	2	2.30	0.87	29.85
2.		3	2.25	1.33	69.76
3.		6	2.45	2.45	236.73

Aprēķina piemērs 1. mērījumam

$$\nu = \frac{N}{t} = \frac{2}{2.30} = 0.87 \text{ Hz}$$
$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \Rightarrow k = \frac{\nu^2 4\pi^2}{m}; k = \frac{0.87^2 \cdot 4 \cdot 3.14^2}{1} = 29.85 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

## Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

Analizējot un izvērtējot iegūtos rezultātus, skolēniem būtu jānosaka atsperes stinguma koeficients, jāizvērtē rezultāts saistībā ar doto situācijas aprakstu un jākonstatē vai hipotēze ir apstiprinājusies. Ja skolēniem rodas grūtības to veikt patstāvīgi, var uzdot sekojošus jautājumus.

1. Kādi atsperēi – cietai vai mīkstai – stinguma koeficients ir lielāks?  
Cietai atsperēi ir lielāks atsperes stinguma koeficients.

2. Kādi optimālie atsperes amortizatori ir jāizvēlas automobilim, lai tas varētu piedalīties rallijā Parīze – Dakāra?  
Šādam automobilim atsperes amortizatori jāizvēlas ar optimālu stinguma koeficientu. Ja trase ir grumbuļaina ar daudz maziem nelīdzenumiem, tad atsperes stinguma koeficientam ir jābūt lielam. Ja trasē bedres ir lielas un nav daudz, tad atsperēi ir jābūt ar mazu stinguma koeficientu. Nozīme ir arī automobiļa masai. Ja automobiļa masa ir liela, tad tas trases defektus pat nejut.

3. Vai hipotēze ir apstiprinājusies?

Jā, ir apstiprinājusies. Atsperes svārstību frekvence ir lielāka tai atsperēi, kurai ir lielāks stinguma koeficients.

## 2. LD VIDĒJĀ ĀTRUMA NOTEIKŠANA

Darba izpildes laiks 40 minūtes

### Mērķis

Pilnveidot izpratni par vidējo ātrumu, mācot strādāt ar gaismas vārtu sensoru, un darba gaitā iegūto informāciju sistematizēt tabulā un attēlot grafiski.

### Sasniedzamais rezultāts

1. Nosaka ķermeņa vidējo ātrumu, izmantojot gaismas vārtu sensoru.
2. Apstrādā un analizē iegūtos datus un rezultātus.

Saskata un formulē pētāmo problēmu	---
Formulē hipotēzi	---
Saskata (izvēlas) un sagrupē lielumus, pazīmes	Dots
Izvēlas atbilstošus darba piederumus, vielas	Dots
Plāno darba gaitu, izvēloties drošas, videi nekaitīgas darba metodes	Dots
Novēro, mēra un reģistrē datus	Mācās
Lieto darba piederumus un vielas	Mācās
Apstrādā datus	Mācās
Analizē, izvērtē eksperimenta rezultātus, secina	Mācās
Prezentē darba rezultātus	---
Sadarbojas strādājot grupā (pārī)	Mācās

Darbu skolēni veic pāros skolotāja vadībā. Pirms darba uzsākšanas jāpārrunā par lielumiem, kas tiks mainīti, mērīti un, kas paliks nemainīgi. Darbu veic atbilstoši darba gaitas aprakstam un mācās strādāt ar gaismas vārtu sensoru un datu uzkrājēju. Rezultātu analīze šajā darbā nav pati būtiskākā, jo skolēni pirmo reizi mācās strādāt ar gaismas vārtu sensoru. Rezultātu analīzē galvenā uzmanība jāpievērš gaismas vārtu sensora mērījumu precizitātei un iespējām veikt dažādus pētījumus.

### Uzdevums

Noteikt, kā mainās lodītes kustības vidējais ātrums  $v_{vid}$  atkarībā no renītes augstuma  $h$ .

### Lielumi

Noskaidro, kādi fizikālie lielumi ir jāzina, lai veiktu uzdevumu. Kuri lielumi būs neatkarīgie lielumi (tiks mainīti), kuri atkarīgie (mainīsies) un kuri – fiksētie lielumi (netiks mainīti darba laikā).

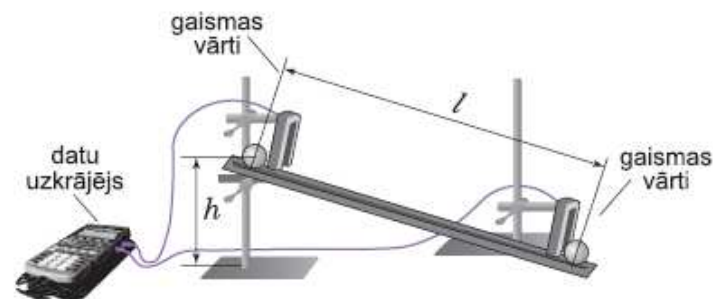
Neatkarīgais – augstums  $h$

Atkarīgie – lodītes ripošanas laiks  $t$ , vidējais ātrums  $v_{vid}$

Fiksētais – garums  $l$

### Darba piederumi

Mērlente, renīte (aptuveni 1 m gara), lodīte, 2 statīvi, 2 gaismas vārti, datu uzkrājējs, metāla cilindrs.



### Darba gaita

Skolotājs konsultē skolēnus, kā darboties ar gaismas vārtu sensoru un datu uzkrājēju.

1. Iestiprina statīvā renīti apmēram 10 cm augstumā  $h$ . Ieraksta augstuma vērtību tabulā.
2. Nostiprina statīvos gaismas vārtu sensorus kā redzams zīmējumā (pirmos renītes augšējā daļā, otros – apakšējā). Pieslēdz gaismas vārtu sensorus datu uzkrājējam. Sagatavo datu uzkrāšanas programmatūru datu reģistrēšanai. Renītes apakšējā galā novieto metāla cilindru, kas apturēs lodītes kustību.

Jāpārbauda, vai lodīte ripojot pa renīti aizsedz gaismas vārtu sensora raidītāju (to rāda indikators uz gaismas vārtu sensorā). Nepieciešamības gadījumā noregulē sensoru augstumu attiecībā pret renīti.

3. Izmēra attālumu  $l$  starp gaismas vārtu sensoriem un eksperimenta laikā to nemaina. Ieraksta attāluma  $l$  vērtību tabulā.

4. Uzsākot mērījumus, datu uzkrājējā aktivizē datu reģistrēšanas programmu.

5. Palaiž vaļā lodīti renītes augšdaļā, datu uzkrājējā tiek reģistrēti laika momenti, kuros lodīte iziet cauri pirmajiem un otrajiem gaismas vārtiem. Eksperimentu atkārto trīs reizes, katru reizi mērījumu rezultātus ieraksta tabulā.

*Ar skolēniem jāpārrunā, kāpēc eksperiments jāatkārto trīs reizes, varbūt tas jāatkārto vairāk reizi.*

6. Paceļ renīti augstāk un atkārto eksperimentu trīs reizes. Renītes augstumu  $h$  un lodītes kustības laiku  $t$  ieraksta tabulā.

7. Veic vēl vairākus mērījumus, novietojot renīti atšķirīgos augstumos  $h$ .

8. Aprēķina lodītes kustības laika vidējo vērtību vienā un tajā pašā augstumā  $h$ . Rezultātus ieraksta tabulā.

9. Aprēķina lodītes kustības vidējo ātrumu. Rezultātus ieraksta tabulā.

10. Salīdzina tabulā ierakstītos rezultātus ar datu uzkrājēja programmatūrā reģistrētajiem rezultātiem.

11. Konstruē grafiku lodītes vidējā ātruma atkarībai no renītes augstuma.

### Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

Lodītes vidējā ātruma vērtības

Nr.	$l$ , m	$h$ , cm	$t$ , s				$v_{vid}$ , m/s
			1.	2.	3.	vid.	
1.	1.20	10	2.67	2.78	3.02	2.82	0.43
2.		15	2.08	2.22	2.13	2.14	0.56
3.		20	1.77	1.79	1.64	1.73	0.69
4.		25	1.50	1.46	1.44	1.47	0.82
5.		30	1.44	1.43	1.43	1.43	0.84
6.		35	1.21	1.21	1.28	1.23	0.97
7.		40	1.08	1.07	1.06	1.07	1.12

Aprēķina piemērs 2. mērījumam

$$t_1 = 2.08 \text{ s} \quad \left| \quad t_{vid} = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} = \frac{2.08 + 2.22 + 2.13}{3} = 2.14 \text{ s}$$

$$t_2 = 2.22 \text{ s} \quad \left| \quad v_{vid} = \frac{l}{t_{vid}} = \frac{1.20}{2.14} = 0.56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$t_3 = 2.13 \text{ s}$$

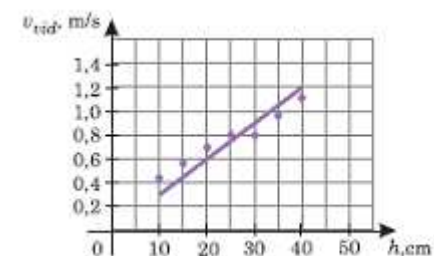
$$l = 1.20 \text{ m}$$

$$t_{vid} - ?$$

$$v_{vid} - ?$$

Jāpievērš skolēnu uzmanība grafika zīmēšanas secībai:

- jāizvēlas, kurus fizikālos lielumus jāatliek uz ordinātu ass (atkarīgais lielums), kurus uz abscisu ass ( neatkarīgais lielums);
- jāizvēlas atbilstošs mērogs;
- jāatliek punkti;
- jāuzsver, ka nevar vienkārši savienot punktus, bet līkne ir jāvelk starp punktiem.



### Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

1. Aicina skolēnus izlasīt darba uzdevumu, apskatīt eksperimenta rezultātu grafisko attēlojumu un secināt par iegūtajiem rezultātiem.
2. Kā varētu palielināt lodītes ātruma noteikšanas precizitāti?
3. Kādus vēl pētījumus varētu veikt, izmantojot šī darba ierīces un piederumus, ja skolēna rīcībā būtu dažāda diametra un dažādu materiālu lodītes?

### 3. LD LODĪTES PAĀTRINĀJUMA NOTEIKŠANA

Darba izpildes laiks 40 minūtes

#### Mērķis

Pilnveidot izpratni par paātrinājuma atkarību no veiktā ceļa garuma, izvēloties darba piederumus un apgūstot prasmes darbā ar gaismas vārtu sensoru.

#### Sasniedzamais rezultāts

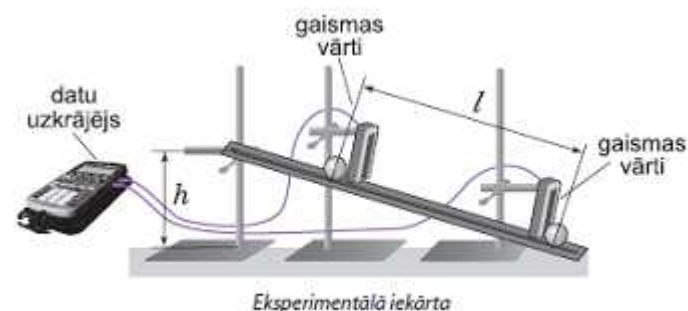
1. Izvēlas darba piederumus, izmantojot attēloto eksperimentālo iekārtu.
2. Iegūst datus ar gaismas vārtu sensoru, pētot vienmērīgi paātrinātu kustību.

Saskata un formulē pētāmo problēmu	---
Formulē hipotēzi	---
Saskata (izvēlas) un sagrupē lielumus, pazīmes	Dots
Izvēlas atbilstošus darba piederumus, vielas	Mācās
Plāno darba gaitu, izvēloties drošas, videi nekaitīgas darba metodes	Dots
Novēro, mēra un reģistrē datus	Patstāvīgi
Lieto darba piederumus un vielas	Mācās
Apstrādā datus	Patstāvīgi
Analizē, izvērtē eksperimenta rezultātus, secina	Mācās
Prezentē darba rezultātus	---
Sadarbojas strādājot grupā (pārī)	Mācās

Darbu skolēni veic pāros skolotāja vadībā. Pēc dotā uzdevuma, dotajiem lielumiem un zīmējumā attēlotās eksperimenta iekārtas skolēni mācās izraudzīties darba piederumus. Skolēni prot noteikt garumu un augstumu. Skolēni pilnveido praktiskās prasmes darbam ar datu uzkrājēju un gaismas vārtu sensoru. Datu reģistrēšanu un apstrādi šajā darbā skolēni veic patstāvīgi.

#### Uzdevums

Noteikt, kā mainās lodītes paātrinājums atkarībā no veiktā ceļa garuma.



#### Lielumi

Neatkarīgais – kustības ceļa garums  $l$   
 Atkarīgie – kustības laiks  $t$ , paātrinājums  $a$   
 Fiksētais – augstums  $h$

#### Darba piederumi

Pēc dotā uzdevuma, dotajiem lielumiem un zīmējumā attēlotās eksperimenta iekārtas attēla skolēni patstāvīgi izvēlas ierīces, kas nepieciešamas eksperimenta veikšanai.

Trīs statīvi ar turētājiem, renīte (1 m), lodīte ( $d = 1$  cm), mērlente, divi gaismas vārtu sensori, datu uzkrājējs.

#### Darba gaita

Kopīgi ar skolēniem pārrunā darba gaitu un noskaidro, kas ir jāmēra; kā ir jāmēra; kā jāizveido eksperimenta iekārta lodītes paātrinājuma noteikšanai [1. – 3. solis]

1. Izveido eksperimenta iekārtu. Renīti iestiprina statīvā 30 cm augstumā.
2. Izmēra attālumu  $l$  starp gaismas vārtu sensoriem un ieraksta to tabulā.
3. Sagatavo gaismas vārtu sensorus un datu uzkrājēju datu reģistrēšanai.

Jāpārbauda, vai lodīte ripojot pa renīti aizsedz gaismas vārtu sensora raidītāju (to rāda indikators uz gaismas vārtu sensorā). Nepieciešamības gadījumā noregulē sensoru augstumu attiecībā pret renīti.

Darbu skolēni turpina patstāvīgi, skolotājs vajadzības gadījumā konsultē.

4. Novieto lodīti renītes augšdaļā tieši pirms gaismas vārtu sensora un palaiž to vaļā. Nemainot renītes slīpumu un lodītes kustības ceļa garumu  $l$ , mērījumus atkārto trīs reizes. Mērījumu rezultātus ieraksta tabulā.

Datu uzkrājējs reģistrē laika momentus, kuros lodīte iziet cauri pirmajam un otrajam gaismas vārtu sensoram.

5. Nemainot renītes slīpumu, maina lodītes kustības ceļa garumu  $l$ , mainot augšējā gaismas vārtu sensora atrašanās vietu. Izmēra attālumu  $l$  starp gaismas vārtu sensoriem un ieraksta to tabulā.

6. Novieto lodīti tieši pirms augšējā gaismas vārtu sensora un palaiž to vaļā. Iegūtos datus ieraksta tabulā.

7. Nemainot renītes slīpumu, vēlreiz maina lodītes kustības ceļa garumu  $l$ , mainot augšējā gaismas vārtu sensora atrašanās vietu. Izmēra attālumu  $l$  starp gaismas vārtu sensoriem un ieraksta to tabulā.

8. Novieto lodīti tieši pirms augšējā gaismas vārtu sensora un palaiž to vaļā. Iegūtos datus ieraksta tabulā.

9. Aprēķina lodītes kustības paātrinājumu katrā no situācijām.

10. Aprēķina lodītes kustības paātrinājuma vidējo vērtību visos trīs gadījumos.

### Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

Iegūtos mērījumus un aprēķinus skolēni patstāvīgi ieraksta tabulā.

Lodītes paātrinājuma vērtības

Nr.	$l$ , m	$t$ , s	$a$ , m/s <sup>2</sup>	$a_{vid}$ , m/s <sup>2</sup>
1.	1.00	1.56	0.82	0.84
2.		1.50	0.89	
3.		1.57	0.81	
4.	0.80	1.41	0.81	0.84
5.		1.40	0.81	
6.		1.32	0.91	
7.	0.60	1.25	0.77	0.80
8.		1.22	0.80	
9.		1.20	0.84	

Aprēķina piemērs 1. mērījumam

$$l = 1.00 \text{ m}$$

$$t = 1.56 \text{ s}$$

$$a = ?$$

$$a = \frac{2l}{t^2} = \frac{2 \cdot 1.00}{1.56^2} = 0.82 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$a_{vid} = \frac{a_1 + a_2 + a_3}{3} = \frac{0.82 + 0.89 + 0.81}{3} \approx 0.84 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

### Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

Skolēni izvērtē iegūtos rezultātus, atbildot uz jautājumiem.

1. Salīdzina iegūtās paātrinājuma vērtības.
2. No kā ir atkarīgas lodītes paātrinājuma vērtības?
3. Kā varētu palielināt lodītes paātrinājuma noteikšanas precizitāti?



## 4. DD ĶERMEŅU KUSTĪBA

*Darba izpildes laiks 15 minūtes*

### Mērķis

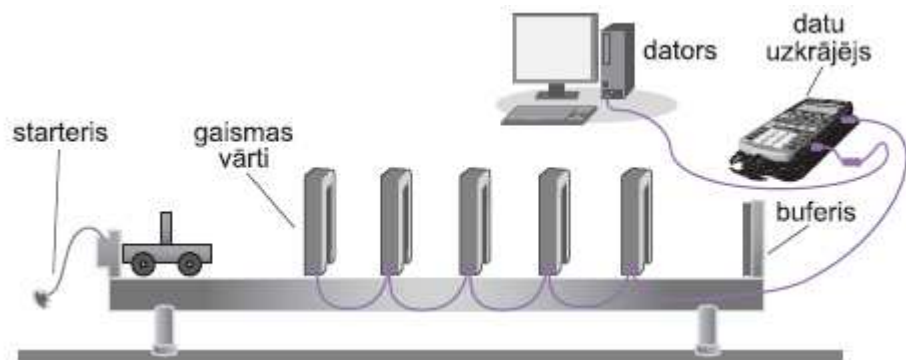
Pilnveidot izpratni par taisnlīnijas kustības veidiem, veidot prasmes novērot un salīdzināt iegūtos rezultātus.

### Sasniedzamais rezultāts

1. Vēro demonstrējumus par ratiņu kustību uz sliedes.
2. Salīdzina un izvērtē demonstrējumu rezultātus.

### Darba piederumi

Sliede (100 ... 150 cm), ratiņi, ratiņiem piestiprināms stienītis, datu uzkrājējs, datu reģistrēšanas un apstrādes programmatūra, pieci gaismas vārtu sensori, pieci statīvi (ja gaismas vārtu sensori nav piestiprināmi pie sliedes), dators.



### Darba gaita

*Sagatavošanās.*

1. Sagatavo darbam demonstrējuma iekārtu kā redzams zīmējumā.
2. Pirms demonstrējuma sliedi novieto horizontālā stāvoklī (sliedes slīpumu var regulēt, izmantojot skrūves sliedes balstos un līmeņrādi).
3. Ratiņos iestiprina stienīti, kas ratiņu kustības laikā aizsegs gaismas vārtu sensora raidītāju. Ratiņus novieto sliedes vienā galā pie startera.

4. Gaismas vārtu sensorus novieto uz sliedes tālāk no startera, bet pietiekami tuvu vienu otram ( $\approx 15 \dots 20$  cm attālumā vienu no otra), pārliecinoties, ka ratiņi ar stienīti brīvi iet cauri gaismas vārtu sensoriem.

5. Gaismas vārtu sensorus savieno virknē un pirmo no tiem (to, kas atrodas tuvāk starterim) pieslēdz datu uzkrājējam.

6. Datu uzkrājēju pievieno datoram ar komunikācijas kabeli.

7. Datu reģistrēšanas programmā norāda attālumu (centimetros) starp gaismas vārtu sensoriem.

8. Uz tāfeles uzzīmē datu reģistrēšanas tabulas paraugu, ko skolēni pārzīmēs savos pierakstos.

Nr.	Kustības veids	$v_1$ , m/s	$v_2$ , m/s	$v_3$ , m/s
1.				
2.				
3.				

*Pirms demonstrējuma skolēniem izstāsta demonstrējuma iekārtas darbības principus:*

- gaismas vārtu sensors fiksē laika momentu, kurā ratiņiem piestiprinātais stienītis, ejot cauri sensoram, aizsedz raidītāju;
- datu apstrādes programmatūra ratiņu ātruma un paātrinājuma vērtības uzreiz aprēķina un attēlo gan tabulā, gan grafikā.

*Demonstrējumā var izmantot arī divus vai trīs gaismas vārtus, bet tad stienīša vietā uz ratiņiem jānostiprina plāksnīte, kuras garums ir zināms. Šajā gadījumā programmatūrā jāizvēlas mērīšanas režīmu, kurā aprēķina un attēlo plāksnītes vidējā ātruma vērtības kustībā cauri gaismas vārtu sensoram.*

### Vienmērīga kustība

*Demonstrējums.* Skolēniem nenosauc kustības veidu, kas tiek demonstrēts, tas būs jāizsecina no iegūtajiem rezultātiem.

1. Sāk datu reģistrēšanu programmatūrā un nospiež startera pogu.

- Ratiņi sāk kustēties un pārvietojas pa sliedi, izripojot cauri visiem gaismas vārtu sensoriem.

- *Ratiņus sliedes beigās jāapstādina ar roku, neļaujot tiem ripot atpakaļ cauri gaismas vārtu sensoriem un pārtrauc datu reģistrāciju.*
2. Uz datora ekrāna var nolasīt ratiņu kustības ātrumu, ar kādu tie iziet cauri gaismas vārtu sensoriem kustībā uz sliedes, kā arī redzēt ātruma izmaiņas laikā.
  3. Mērījumu rezultātus skolēni pieraksta tabulā.

### Palēnināta un paātrināta kustība

1. Izmantojot skrūves sliedes balstos, maina sliedes slīpumu.
  - *Palēninātas kustības gadījumā slīpumu veido tā, lai ratiņi kustētos pret slīpumu.*
  - *Paātrinātas kustības gadījumā slīpumu veido tā, lai ratiņi kustētos no slīpuma.*
2. Veic demonstrējumus, lai demonstrētu gan palēninātu kustību, gan paātrinātu kustību.
3. Uz datora ekrāna var nolasīt ratiņu kustības ātrumu, ar kādu tie iziet cauri gaismas vārtu sensoriem kustībā uz sliedes, kā arī redzēt ātruma izmaiņas laikā.
4. Mērījumu rezultātus skolēni pieraksta tabulā.

### Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

*Skolēni vēro demonstrējumus un izvērtē iegūtos rezultātus.*

1. Nosaka kustības veidu katrā no demonstrējumiem, izmantojot tabulā apkopotos mērījumu datus. Atbildi pamato!
2. Kādā gadījumā kustība ir vienmērīga? Nosauc piemērus!  
*Vienmērīga taisnlīnijas kustība notiek ar nemainīgu ātrumu. Piemēram, gaismas izplatīšanās vakuumā.*
3. Kādā gadījumā kustība ir palēnināta? Nosauc piemērus!  
*Palēninātā kustībā ķermeņa ātrums laika gaitā samazinās. Piemēram, automobilis bremzē.*
4. Kādā gadījumā kustība ir paātrināta? Nosauc piemērus!  
*Paātrinātā kustībā ķermeņa ātrums laika gaitā palielinās. Piemēram, automobilis uzsāk braukt.*

5. Kāds fizikālais lielums raksturo ātruma izmaiņu laika vienībā?  
*Paātrinājums.*

6. Kādus papildu mērījumu datus jāiegūst eksperimentā, lai aprēķinātu kustības paātrinājumu?

$a = \frac{v - v_0}{t} \Rightarrow$  *laiks, kurā ratiņi no viena gaismas vārtu sensora nokļūst līdz otram gaismas vārtu sensoram.*

$s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow a = \frac{v^2 - v_0^2}{2s} \Rightarrow$  *attālums starp gaismas vārtu sensoriem.*

## 5. DD APGAISMOJUMA LIKUMI

Darba izpildes laiks 30 minūtes

### Mērķis

Iegūt apgaismojuma likuma likumsakarības, izvirzot hipotēzi, veicot eksperimentu un apstrādājot iegūtos datus.

### Sasniedzamais rezultāts

1. Izvirza hipotēzi par virsmas apgaismojuma atkarību no gaismas avota attāluma līdz tai.
2. Veic/vēro eksperimentu un apstrādā iegūtos datus.
3. Iegūst apgaismojuma likumus.

### Darba piederumi

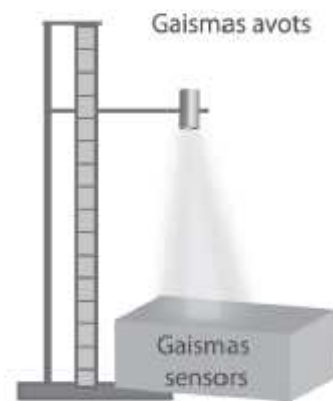
Gaismas avots, statīvs ar piederumiem, mērlente, apgaismojuma sensors, datu uzkrājējs, dators.

### Darba gaita

1. Statīvam piestiprina atritinātu mērlenti kā redzams zīmējumā.
2. Gaismas avotu novieto 10 ... 15 cm attālumā virs apgaismojuma sensora, kas pievienots datoram.

Apgaismojuma sensors ir jānovieto tieši virs gaismas avota tā, lai gaisma krīt perpendikulāri apgaismojuma sensora uztvērēja virsmai un mainot gaismas avota attālumu virs apgaismojuma sensora, nemainītos gaismas krišanas leņķis. Eksperimenta laikā gaismas avotu pārvieto attiecībā pret apgaismojuma sensoru.

3. Sensoru sagatavo eksperimentam. Datu apstrādes programmatūrā izvēlas mērījumu režīmu, kurā var fiksēt atsevišķus mērījumus nevis procesa norisi laikā.



4. Kopīgi ar skolēniem noskaidro eksperimentālās iekārtas darbību.
5. Aicina skolēnus izvirzīt hipotēzi un to pierakstīt, izdarot pieņēmumu, kā mainīsies virsmas apgaismojums, ja gaismas avotu no tās attālinās.
6. Ieslēdz gaismas avotu un veic eksperimentu, pakāpeniski palielinot gaismas avota attālumu no apgaismojuma sensora, katru reizi fiksējot apgaismojuma vērtības.

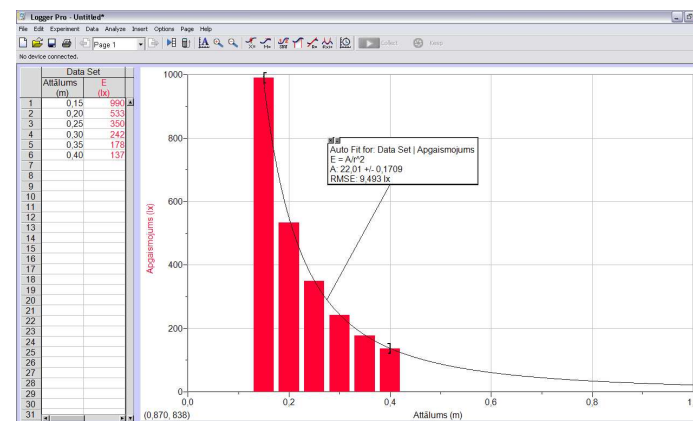
Lai varētu izdarīt secinājumus, nepieciešams pēc iespējas vairāk mērījumu. Ja izmanto pietiekami garu statīvu, tad mērījumu solis var būt 5 cm. Ieteicams telpā samazināt apgaismojumu.

7. Skolēni pieraksta reģistrētos mērījumus tabulā – attālumu  $r$  no apgaismojuma sensora līdz gaismas avotam un apgaismojumu  $E$ .

Nr.	$r$ , cm	$E$ , lx	$I$ , cd
1.	15	990	22.3
2.	20	533	21.3
3.	25	350	21.9
4.	30	242	21.8
5.	35	178	21.8
6.	40	137	21.9

8. Beidzot mērījumus, izslēdz gaismas avotu.

9. Aicina skolēnus analizēt iegūto atkarību  $E(r)$ , kura pēc mērījumiem iegūta datu apstrādes programmatūrā (skat. attēlu), un sasaistīt to ar savu izvirzīto hipotēzi.



- Grafiks un ikdienas pieredze var vedināt uz domām par apgriezto proporcionalitāti – jo tālāk atrodas gaismas avots no apgaismotās virsmas, jo mazāks ir virsmas apgaismojums.

Šādas hipotēzes variantu var ātri pārbaudīt vai nu 1) salīdzinot mērījumu reizinājumu  $E \cdot r = a$ , kur  $a$  – kāda konstante. Reizinājumā iegūtās konstantes ir atšķirīgas, tātad nav spēkā apgrieztā proporcionalitāte; 2) vai nu izmantojot datu apstrādes programmatūras iespējas piemeklējot iegūtajam grafikam matemātisko modeli – funkciju, kas apraksta iegūto atkarību. Izvēloties pārbaudīt apgriezto proporcionalitāti, skolēni ierauga, ka teorētiskā līkne nesakrīt ar iegūtajiem datiem.

- Rosina skolēnus atkal pievērst uzmanību iegūtajiem mērījumu datiem. Var pamanīt, ka apgaismojums samazinās straujāk nekā apgrieztā proporcionalitāte attālumam.

Iesaka salīdzināt mērījumu reizinājumu  $E \cdot r^2$ . Skolēni iegūst, ka  $E \cdot r^2 = \text{const} = I$ , kur  $I$  ir gaismas avota stiprums, jo gaismas avots eksperimenta laikā bija viens un tas pats.

- Lielumi, kas raksturo šo eksperimentu:

Neatkarīgais – attālums  $r$  no gaismas avota līdz apgaismotajai virsmai.

Atkarīgais – apgaismojums  $E$

Fiksētais – gaismas avota stiprums  $I$

10. Uzraksta apgaismojuma likumu gadījumam, ja gaismas stari krīt perpendikulāri pret virsmu:

$$E = \frac{I}{r^2}$$

11. Aicina skolēnus atbildēt uz jautājumu, kā mainīsies virsmas apgaismojums, ja gaismas stari no gaismas avota uz virsmu krīt slīpi.

12. Ieslēdz gaismas avotu un pārvieto apgaismojuma sensoru horizontālā virzienā (pa labi vai pa kreisi) tā, lai gaismas stari no gaismas avota kristu slīpi.

13. Aicina skolēnus izdarīt secinājumus, kā mainījies apgaismojums vietā, kur atrodas apgaismojuma sensors.

Secina, ka apgaismojums ir atkarīgs no leņķa, kādā gaismas stari krīt uz virsmu.

14. Uzraksta apgaismojuma likumu gadījumam, ja gaismas stari krīt slīpi uz virsmu un komentē to:

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \alpha$$

## 6. DD SPOLES RADĪTAIS MAGNĒTISKAIS LAUKS

Darba izpildes laiks 20 minūtes

### Mērķis

Pētīt spoles radītā magnētiskā lauka indukciju, izmantojot magnētiskā lauka sensoru.

### Sasniedzamais rezultāts

1. Ir iepazītinis magnētiskā lauka sensora darbību.
2. Izvērtē spoles radītā magnētiskā lauka indukcijas vērtības atkarību no spolē plūstošās strāvas stipruma.

### Darba piederumi

Solenoids vai spole, līdzsprieguma avots, savienotājvadi, kompassa adata, magnētiskā lauka sensors, datu uzkrājējs, dators, digitālais fotoaparāts, projektoris.

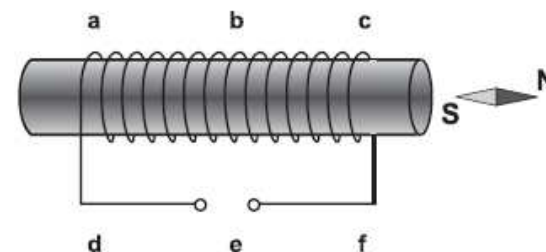
### 1. demonstrējums

Sensoru orientē magnētiskā lauka indukcijas līniju virzienā [124] (tad sensora rādījums ir maksimālais), citos gadījumos sensors reģistrēs magnētiskā lauka indukcijas projekcijas attiecīgajā virzienā. Magnētiskās indukcijas vērtību rāda negatīvu, ja maina strāvas plūšanas virzienu spolē uz pretējo vai arī, pagriežot sensoru uz otru pusi.



### Darba gaita

1. Sagatavo magnētiskā lauka sensoru datu reģistrēšanai.
2. Spoli pieslēdz līdzsprieguma avotam ar maināmu stabilizētu strāvu.
3. Ieslēdz līdzsprieguma avotu un ieregulē 3 A stipru strāvu.
4. Spoles vienam galam tuvina kompassa adatu un noskaidro, kāds ir spoles magnētiskais pols.
5. Aicina skolēnus iezīmēt pierakstos spoles magnētiskos polus un strāvas virzienu spolē.
6. Aicina skolēnus prognozēt un savstarpēji salīdzināt, kāda būs magnētiskā lauka indukcija dažādās vietās spoles apkārtņē un iekšpusē. Prognozes ieraksta tabulā.



Vieta spoles apkārtņē	Prognoze: magnētiskā lauka indukcija (maza, vidēja, liela)	$B$ , mT	Novērojumi
N (spoles ziemeļpols)		0.0045	vidēja
a		0.0011	maza
b		0.0004	vismazākā
c		0.011	maza
S (spoles dienvidpols)		0.0045	vidēja
d		0.0012	maza
e		0.0002	vismazākā
f		0.0012	maza
Spolē iekšā		0.0174	vislielākā

7. Izmēra magnētiskā lauka indukcijas vērtības spoles galos, spoles iekšienē (sensora galu iebīda spolē apmēram 1 cm dziļumā) un punktos a, b, c, d, e un f spoles apkārtņē. Beidzot mērījumus, izslēdz sprieguma avotu.

8. Salīdzina prognozes ar iegūtajiem datiem.

9. Maina spolē plūstošās strāvas virzienu. Ieslēdz līdzsprieguma avotu un atkārti mērījumus un salīdzina iegūtos rezultātus.

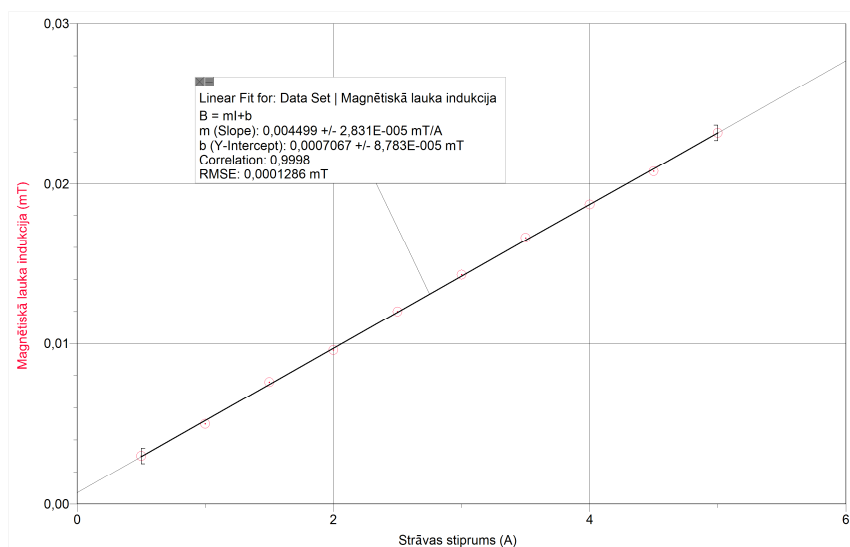
Tā var pārlicināties vai Zemes magnētiskais vai kādi citi spēku lauki rada sistēmātisko kļūdu, kas būtu jāievēro.

## 2. demonstrējums

### Darba gaita

1. Magnētiskā lauka sensoru iestiprina statīvā un sensora galu nedaudz iebīda spolē.
2. Magnētiskā lauka sensora rādījumus ieregulē uz nulles līmeni.
3. Datu apstrādes programmatūrā izvēlas mērījumu režīmu, kurā var fiksēt atsevišķus mērījumus nevis procesa norisi laikā.
4. Spoli pieslēdz sprieguma avotam.
5. Strāvas stiprumu eksperimenta laikā maina no 0 līdz 5 A ar soli 0.5 A, katru reizi fiksējot mērījumu rezultātus.

*Ja datu uzkrājumam paralēli pieslēdz strāvas sensoru, tad strāvas stipruma vērtības var fiksēt automātiski.*



### Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

*Skolēni analizē un izvērtē demonstrējuma rezultātus, atbildot uz jautājumiem.*

1. Kādas magnētiskā lauka izmaiņas ir vērojamas, mainot strāvas virzienu spolē?  
*Mainās strāvas magnētisko polu izvietojums un līdz ar to spoles magnētiskā lauka indukcijas līniju virziens.*

2. Kādēļ spoles magnētiskais lauks ir stiprāks nekā magnētiskais lauks ap taisnu strāvas vadu, pa kuru plūst strāva?

*Spoles veidota no vadu tinumiem, kuru radītais magnētiskais lauks summējas. Salīdzinājumu ir korekti veikt, ja abos gadījumos pa vadu plūst vienāda stipruma strāva.*

3. Kas ir līdzīgs un kas ir atšķirīgs magnētiskajam laukam, kuru rada patstāvīgais magnēts un spole (solenoids)?

*Gan patstāvīgajam magnētam, gan spolei (solenoidam) ir līdzīgs magnētiskā lauka līniju izkārtojums un virziens. Spolei, mainot strāvas plūšanas virzienu, ir iespējams mainīt magnētisko polu izvietojumu, magnētiskā lauka indukcijas virzienu un stiprumu.*

4. Kā mainās magnētiskā lauka indukcija spolē atkarībā no spolē plūstošās strāvas stipruma?

*Palielinoties strāvas stiprumam spolē, magnētiskā lauka indukcija palielinās tieši proporcionāli.*

5. Vai ir iespējams palielināt spoles magnētiskā lauka indukciju, nepalielinot strāvas stiprumu spolē? Ja iespējams, tad kā?

*To var izdarīt, palielinot spoles vijumu skaitu vai ievietojot spolē tērauda serdi.*

## 7. LD ZEMŪDENS SPORTS UN GĀZU LIKUMI

Darba izpildes laiks 40 minūtes

### Mērķis

Pilnveidot izpratni par spiediena atkarību no tilpuma izotermiskā procesā, mācot izvīzīt hipotēzi, strādāt ar spiediena sensoru un darba gaitā iegūto informāciju sistematizēt tabulā, attēlot grafiski un analizēt iegūtos rezultātus.

### Sasniedzamais rezultāts

1. Izvīzra hipotēzi un saskata lielumus eksperimentā par spiediena atkarību no tilpuma, izmantojot situācijas aprakstu.
2. Veic mērījumu ar spiediena sensoru, ievērojot tā lietošanas noteikumus.
3. Apstrādā un analizē iegūtos datus atbilstoši izvīzītājam hipotēzei.

Saskata un formulē pētāmo problēmu	Dots
Formulē hipotēzi	Mācās
Saskata (izvēlas) un sagrupē lielumus, pazīmes	Mācās
Izvēlas atbilstošus darba piederumus, vielas	Dots
Plāno darba gaitu, izvēloties drošas, videi nekaitīgas darba metodes	Dots
Novēro, mēra un reģistrē datus	Mācās
Lieto darba piederumus un vielas	Mācās
Apstrādā datus	Patstāvīgi
Analizē, izvērtē eksperimenta rezultātus, secina	Mācās
Prezentē darba rezultātus	
Sadarbojas strādājot grupā (pārī)	

Darbu skolēni veic pāros skolotāja vadībā. Lai veiktu šo darbu, skolēniem ir jābūt priekšzināšanām par Boila – Mariota likumu, t.i.  $T = const$  un  $pV = const$ .

Iepazīstoties ar situācijas aprakstu un formulētu pētāmo problēmu, pirms izvīzīt hipotēzi, ieteicams ar skolēniem pārrunāt, kuri lielumi darbā tiks mainīti, kurus mērīs un kuri saglabāsies nemainīgi. Šajā darbā skolēni, sekojot darba gaitas aprakstam, mācās strādāt ar spiediena sensoru un datu uzkrājēju. Datu apstrādei var izmantot datoru. Datu apstrādi skolēni veic patstāvīgi.

### Situācijas apraksts

Skolēni izlasa situācijas aprakstu un pārrunā to kopā ar skolotāju. Situācijas analizē nav paredzēts iedziļināties sarežģītos fizioloģiskajos procesos, kas niršanas un izniršanas laikā norisinās cilvēka ķermenī. Būtiskākais ir gaisa spiediena samazināšanās, tilpumam izplešoties, kas notiek arī cilvēka plaušās.

Alfons Trīcvaidziņš nolēma kļūt par ūdenslīdzēju. Ar niršanu viņš sāka nodarboties ūdenslīdzēju kluba baseinā, kur ūdens temperatūra jebkurā dziļumā bija 22 °C. Lai niršana būtu drošāka, viņš centās ūdenī novietot gaisa rezerves. Tām bija jāatrodas zem kupola. Taču, kad kupolu gremdēja dziļāk, gaisa vietu tajā pamazām ieņēma ūdens. Alfons bija sašutis un nesaprata, „kur paliek” gaisa. Jau 10 metru dziļumā bija atlikusi tikai puse no gaisa kupolā.

### Pētāmā problēma

Kas notiek ar gaisu zem kupola, kad to gremdē dziļāk ūdenī?

### Hipotēze

Skolēni mācās formulēt hipotēzi, piemēram, šādi

Nemainīgā temperatūrā gāzes spiediens un tilpums ir apgriezti proporcionāli lielumi – palielinoties spiedienam, samazinās tilpums.

### Lielumi

Skolēni, pārrunājot ar skolotāju, nosaka, kādi lielumi ir atkarīgi, neatkarīgi un nemainīgi..

Atkarīgais – spiediens  $p$

Neatkarīgais – tilpums  $V$

Nemainīgais jeb fiksētais – temperatūra  $T$

### Darba piederumi

Spiediena sensors, datu uzkrājējs, šļirce, termometrs.

### Darba gaita

1. Izmēra temperatūru klasē un to pieraksta.

2. Novieto virzuli šļirces vidusdaļā un šļircei pievieno spiediena sensoru.

3. Datu apstrādes programmatūrā izvēlas mērījumu režīmu, kurā var fiksēt atsevišķus mērījumus nevis procesa norisi laikā.

4. Šļircēs virzuli lēnām velk uz augšu un ik pēc vienas iedaļas nolasa sensora uzrādīto spiedienu šļircē. Tabulā pieraksta iegūto spiedienu vērtību un atbilstošo tilpuma vērtību.

5. Sākot no šļircēs viduspunkta, samazina gaisa tilpumu šļircē, pārvietojot virzuli uz leju. Ik pēc vienas iedaļas nolasa sensora uzrādīto spiedienu šļircē. Tabulā pieraksta iegūto spiedienu vērtību un atbilstošo tilpuma vērtību.

6. Attēlo grafiski spiedienu maiņu atkarībā no tilpuma (1. grafiks).

*Papilduzdevums spējīgākiem skolēniem.*

7. Aprēķina tilpuma apgrieztās vērtības un ieraksta tās tabulā.

8. Attēlo grafiski spiedienu atkarību no tilpuma apgrieztās vērtības (2. grafiks).

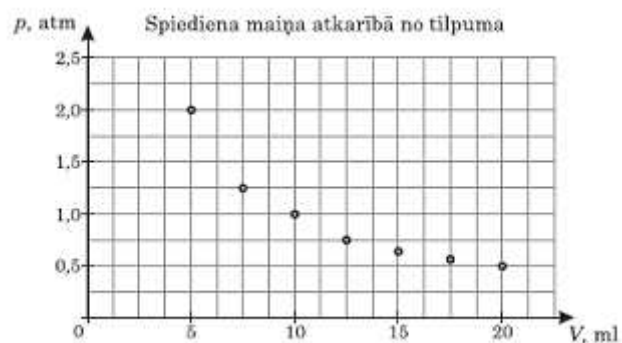
### Iegūto datu reģistrēšana un apstrāde

Gaisa temperatūra klasē ir 23 °C.

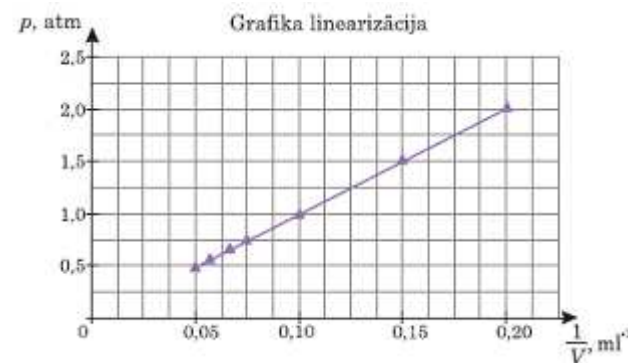
Gaisa tilpums un spiediens šļircē

V, ml	20.0	17.5	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0
p, atm	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.3	2.0
1/V, 1/ml	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20

1. grafiks



2. grafiks



### Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

*Aicina skolēnus izlasīt formulēto hipotēzi un salīdzināt to ar eksperimenta rezultātiem.*

1. Analizē iegūtos rezultātus.

*Nemainīgā temperatūrā gāzes spiediens un tilpums ir apgriezti proporcionāli lielumi. Spiedienu maiņu atkarībā no tilpuma apraksta funkcija  $p = \text{const}/V$ , kur const – konstante.*

2. Vai hipotēze ir apstiprinājusies?

*Darba sākumā izvirzītā hipotēze ir apstiprinājusies. Gāzes spiedienu maiņu atkarībā no tilpuma saista apgrieztā proporcionalitāte.*

3. Alfons dziļi zem ūdens piepildīja kupolu ar gaisu. Kas notiks ar gaisu, ja kupolu cels augšup?

*Gaisa tilpums palielināsies un burbuļodams pāri kupola apakšējais malai celsies augšup.*

4. Kādi fizikālie procesi jāņem vērā, nodarbojoties ar zemūdens peldēšanu? Jautājums pārrunām.

*Visiem zemūdens peldētājiem ir jāievēro Boila-Mariota likums, jo saskaņā ar šo likumu mainās gaisa tilpums nīrēja plaušās. Plaušas sastāv no alveolām, tāpēc tām ir liels iekšējās virsmas laukums. Ienirstot, gaisu veidojošās gāzes (galvenokārt slāpeklis) plaušās izšķīst. Šajā gadījumā strauja uzpeldēšana var izraisīt Kesona slimību. Asinīs izšķīdusī gāze izplešas. Visbīstamākā ir strauja pacelšanās no dziļuma, jo tad izšķīdusī gāze izplešas ļoti strauji.*



## 8. DD MATEMĀTISKĀ SVĀRSTA PERIODS

*Darba izpildes laiks 7 minūtes*

---

### Mērķis

Veidot izpratni par IT priekšrocībām datu ieguvē, pilnveidojot prasmi vērot, reģistrēt un salīdzināt iegūtos mērījumu datus.

### Sasniedzamais rezultāts

Salīdzina laboratorijas darbā iegūtos mērījumus ar sensora programmatūras reģistrētajiem rezultātiem.

*Skolēni veic laboratorijas darbu matemātiskā svārsta perioda noteikšanai, izmantojot statīvu, noteikta garuma matemātisko svārstu un hronometru. Šo demonstrējumu veic skolotājs ar tāda paša garuma matemātisko svārstu. Pēc demonstrējuma skolēni salīdzina ar gaismas vārtu sensoru iegūtās perioda vērtības ar laboratorijas darbā iegūtajiem rezultātiem.*

### Darba piederumi

Statīvs ar diviem turētājiem, trīs dažāda garuma matemātiskie svārsti, gaismas vārtu sensors, datu uzkrājējs, atbilstoša datu reģistrēšanas un apstrādes programmatūra, dators.

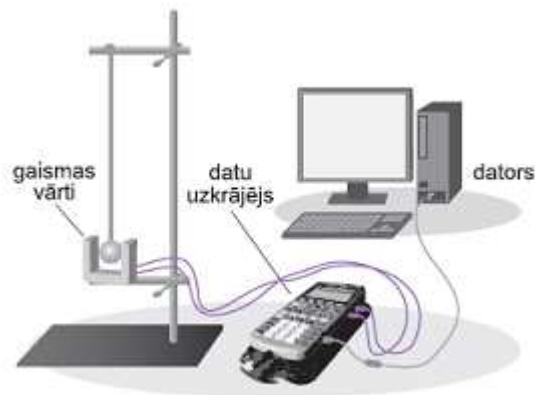
*Matemātisko svārstu garumus izvēlas tik pat garus, cik gari matemātiskie svārsti ir skolēniem, strādājot laboratorijas darbu par matemātiskā svārsta perioda noteikšanu.*

### Darba gaita

*Sagatavošanās.*

1. Sagatavo darbam demonstrējuma iekārtu kā redzams attēlā.

2. Gaismas vārtu sensoru pie statīva piestiprina tādā augstuma, lai matemātiskā svārsta lodītes centrs, svārstību laikā virzītos cauri gaismas vārtu sensoram.



3. Gaismas vārtu sensoru pieslēdz datu uzkrājējam, kuru ar komunikāciju kabeli pieslēdz datoram.

*Pirms demonstrējuma skolēnus iepazīstina ar demonstrējuma iekārtas darbības principiem.*

4. Atver sagatavi perioda noteikšanai datu apstrādes programmatūrā.

5. Uzsāk datu reģistrāciju. Nedaudz atvirza matemātisko svārstu no līdzsvara stāvokļa un ļauj tai svārstīties cauri gaismas svārstu sensoram.

6. Uz ekrāna iegūst svārstību perioda vērtības gan tabulā, gan stabiņu diagrammas veidā.

7. Nostiprina statīvā matemātisko svārstu ar citu garumu un atkārto eksperimentu.

## 9. DD SVĀRSTĪBU KUSTĪBAS RAKSTURLIELUMI

*Darba izpildes laiks 20 minūtes*

### Mērķis

Veidot izpratni par atsperes svārsta svārstību kustības raksturlielumiem, pilnveidot prasmes novērot un salīdzināt iegūtos rezultātus.

### Sasniedzamais rezultāts

Vēro demonstrējumu un formulē secinājumus no iegūtā grafiskā svārstību attēlojuma par atsperes svārsta svārstību kustības raksturlielumiem.

### Darba piederumi

Statīvs, atsperē (piemēram,  $k = 70 \text{ N/m}$ ), trīs dažādas masas atsvari (300 g, 600 g un 1 kg), spēka sensors, datu uzkrājējs, dators ar atbilstošu datu reģistrēšanas un apstrādes programmatūru.

### Darba gaita

1. Izveido demonstrējuma iekārtu: statīvā iestiprina spēka sensoru, kuru pieslēdz datu uzkrājējam. Datu uzkrāju pievieno datoram. Spēka sensorā iestiprina atsperi, kurā iekar atsvaru kā redzams attēlā.
2. Iepazīstina skolēnus ar demonstrējuma iekārtu.
3. Iesvārsta atsperi un vēro atsperes kustību.
4. Kopa ar skolēniem noskaidro, kāda kustība piemīt atsperes svārstam un kādi raksturlielumi varētu raksturot šo kustību.

*Kustība ir periodiska, to raksturo periods  $T$ , atsperes stinguma koeficients  $k$  un atsvara masa  $m$ .*

5. Izmantojot sakarību  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ , noskaidro kādi lielumi ietekmē atsperes svārsta kustību. Vienojas, ka šajā demonstrējumā pētīs, kā atsvara masa ietekmē svārstību periodu.
6. Aicina skolēnus formulēt hipotēzi. *Piemēram, jo lielāka ir atsvara masa, jo lielāks ir atsperes svārsta svārstību periods, tāpēc, ka  $T \sim \sqrt{m}$ . Skolēni hipotēzi pieraksta.*



7. Datu apstrādes programmatūrā izvēlas mērījumu režīmu, kurā var fiksēt procesa norisi laikā.

8. Nedaudz pavelk atsvaru uz leju atsperes ass virzienā, palaiž to vaļā un uzsāk datu reģistrāciju.

*Mērījumus veic tik ilgi, kamēr svārstības var uzskatīt par harmoniskām svārstībām. Programmatūra reģistrē, kā mainās atsperē pieliktais spēks svārstību laikā. Uz ekrāna tiek attēlots svārstību kustības grafiskais attēlojums.*

9. Pārtrauc datu reģistrēšanu pēc 7 ... 10 sekundēm.

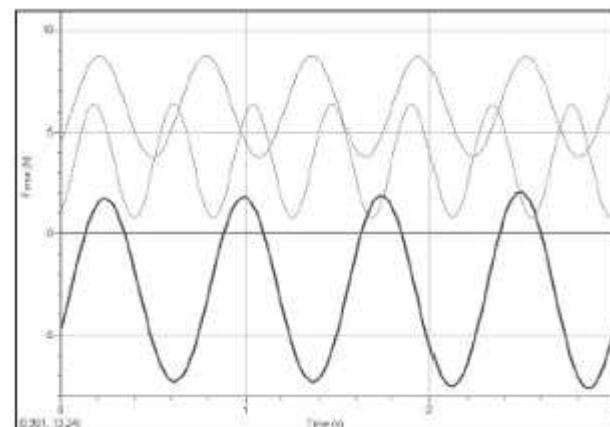
10. Izvēlas datu reģistrācijas programmā pārklājuma režīmu, lai nākamo mērījumu sēriju attēlotu tajā pašā grafikā, kur ir jau iegūtais svārstību grafiskais attēlojums.

11. Iekar atsperē atsvaru ar citu masu un atkārtoti demonstrējumu.

12. Atkārtoti izvēlas datu reģistrācijas programmā pārklājuma režīmu, lai nākamo mērījumu sēriju attēlotu tajā pašā grafikā, kur ir jau iepriekš iegūtie svārstību grafiskie attēlojumi.

13. Iekar atsperē atsvaru ar citu masu un atkārtoti demonstrējumu.

### Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi



*Kopā ar skolēniem pārrunā šādus jautājumus.*

1. Vai svārsta svārstību periods ir atkarīgs no atsperes svārsta masas? *Jā.*

2. Vai apstiprinājās demonstrējuma sākumā izvirzītā hipotēze?

*Jā, grafikā var redzēt, ka svārstībām ar smagāku atsvaru ir lielāks svārstību periods nekā svārstību gadījumā ar vieglākiem atsvariem.*

3. Kā var noteikt atsperes svārsta svārstību periodu, izmantojot iegūtos datus?

*No grafika nosaka laiku, kurā notikušas 5 svārstības, un aprēķina svārstību perioda vidējo vērtību.*

4. Kāpēc aprēķiniem jāizvēlas dati no svārstību sākumdaļas?

*Svārstību sākumdaļā svārstības var uzskatīt par harmoniskām.*

## SKOLOTĀJU SNIEGTIE VĒRTĒJUMI PAR DEMONSTRĒJUMU APRAKSTIEM APROBĀCIJAS PROCESĀ

Nr.	Rādītājs	Vērtējums	Matemātiskā svārsta periods (30)				Svārstību kustības raksturlielumi (27)				Harmoniskas svārstības (26)			
			Vid.	0	1	2	Vid.	0	1	2	Vid.	0	1	2
1.	DD mācību procesā	2 – vēro un izpilda ar interesi	1.93	0.00 %	6.67 %	93.33 %	1.88	0.00 %	11.54 %	88.46 %	1.79	0.00 %	20.83 %	79.17 %
		1 – ir problēmas												
		0 – nevar veikt												
2.	Izmantotais aprīkojums (ierīces, vielas)	2 – lietojums atbilst plānotajām	1.70	0.00 %	30.00 %	70.00 %	1.77	0.00 %	23.08 %	76.92 %	1.58	0.00 %	41.67 %	58.33 %
		1 – ir problēmas												
		0 – nevar izmantot												
3.	DD izpildes laiks	2 – pietiekošs	1.83	0.00 %	16.67 %	83.33 %	1.73	3.85 %	19.23 %	76.92 %	1.71	4.17 %	20.83 %	75.00 %
		1 – ar grūtībām var iekļauties												
		0 – nevar izpildīt												
4.	DD apraksta noformējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.70	0.00 %	30.00 %	70.00 %	1.58	0.00 %	42.31 %	57.69 %	1.58	0.00 %	41.67 %	58.33 %
		1 – nepieciešami labojumi												
		0 – jāmaina												
5.	DD apraksta formulējumi	2 – pietiekošs	1.47	0.00 %	53.33 %	46.67 %	1.58	3.85 %	34.62 %	61.54 %	1.67	4.17 %	25.00 %	75.00 %
		1 – ar grūtībām var iekļauties												
		0 – nevar izpildīt												
6.	Skolēna darba lapas noformējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.53	0.00 %	46.67 %	53.33 %	1.38	7.69 %	46.15 %	46.15 %	1.58	0.00 %	41.67 %	58.33 %
		1 – nepieciešami labojumi												
		0 – jāmaina												
7.	Skolēna darba lapas formulējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.63	0.00 %	36.67 %	63.33 %	1.77	0.00 %	23.08 %	76.92 %	1.67	0.00 %	33.33 %	66.67 %
		1 – nepieciešami labojumi												
		0 – jāmaina												

**SKOLOTĀJU SNIEGTIE VĒRTĒJUMI PAR DEMONSTRĒJUMU APRAKSTIEM APROBĀCIJAS PROCESĀ (Turpinājums)**

Nr.	Rādītājs	Vērtējums	Ķermeņu kustība (21)			Spoles radītais magnētiskais lauks (11)				
			Vid.	0	1	2	Vid.	0	1	2
1.	DD mācību procesā	2 – vēro un izpilda ar interesi	1.84	0.00 %	15.79 %	84.21 %	1.64	0.00 %	36.36 %	63.64 %
		1 – ir problēmas								
		0 – nevar veikt								
2.	Izmantotais aprīkojums (ierīces, vielas)	2 – lietojums atbilst plānotajām	1.74	0.00 %	26.32 %	73.68 %	1.45	0.00 %	54.55 %	45.45 %
		1 – ir problēmas								
		0 – nevar izmantot								
3.	DD izpildes laiks	2 – pietiekošs	1.79	0.00 %	21.05 %	78.95 %	2.00	0.00 %	0.00 %	100.00 %
		1 – ar grūtībām var iekļauties								
		0 – nevar izpildīt								
4.	DD apraksta noformējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.47	5.26 %	42.11 %	52.63 %	1.27	0.00 %	72.73 %	27.27 %
		1 – nepieciešami labojumi								
		0 – jāmaina								
5.	DD apraksta formulējumi	2 – pietiekošs	1.63	5.26 %	26.32 %	68.42 %	1.55	0.00 %	45.45 %	54.55 %
		1 – ar grūtībām var iekļauties								
		0 – nevar izpildīt								
6.	Skolēna darba lapas noformējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.21	15.79 %	47.37 %	36.84 %	1.82	0.00 %	18.18 %	81.82 %
		1 – nepieciešami labojumi								
		0 – jāmaina								
7.	Skolēna darba lapas formulējums	2 – skaidri, saprotami, atbilstoši	1.79	0.00 %	21.05 %	78.95 %	1.73	0.00 %	27.27 %	72.73 %
		1 – nepieciešami labojumi								
		0 – jāmaina								

## **DARBA LAPAS FIZIKĀ PAMATSKOLĀ SKOLĒNU PĒTNIECISKAJIEM DARBIEM AR SENSORIEM**

Darba lapas pētnieciskajiem darbiem fizikas pamatskolas kursam sagatavotas elektroniskā formātā kā daļa no metodiskajiem un interaktīvajiem materiāliem „Mūsdienīga fizikas mācīšanās 8. un 9. klase” un iesnegtas publicēšanai [77, 16. lpp.] izdevniecībā „Lielvārds” sadarbībā ar līdzautori A. Bruņenieci.

Metodiskie un interaktīvie materiāli aptver visu pamatskolas kursu, bet pielikumā ievietoti tikai tie darba lapu paraugi, kuros darba veikšanai jālieto sensori un uz kuriem ir atsauce promocijas darbā.

1. Apgaismojuma mērīšana (8. klase)
2. Siltuma vadīšana I (8. klase)
3. Siltuma vadīšana II (8. klase)
4. Skaņas pētīšana (8. klase)
5. Skaņas frekvence (8. klase)

### 1. APGAISMOJUMA MĒRĪŠANA

1. Izpēti, kā darbojas apgaismojuma sensors!

- Kādās mērvienībās datu uzkrājējs un sensors reģistrē apgaismojumu? .....
- Kā jānovieto gaismas avots attiecībā pret apgaismojuma sensoru, lai reģistrētu maksimālo apgaismojumu? Uzzīmē un apraksti!

Vieta zīmējumam

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Izpēti, kā mainās apgaismojums atkarībā no gaismas avota stipruma. Izmanto dažāda stipruma gaismas avotus.

! Ievēro, ka gaismas avoti jānovieto vienā un tajā pašā attālumā no sensora!  $l = \dots\dots\dots$  cm

Nr	Gaismas avots	Apgaismojums, lx

Secinājumi .....

.....

.....

.....

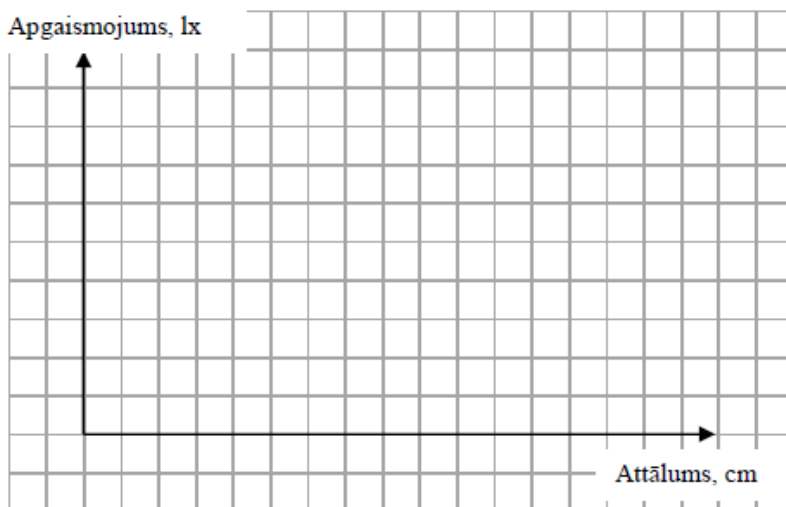
.....

3. Izpēti, kā mainās virsmas apgaismojums atkarībā no attāluma līdz gaismas avotam! Izmanto vienu gaismas avotu. Rezultātus attēlo grafiski!

Gaismas avots:

.....

Attālums, cm	Apgaismojums, lx



Secinājums: .....

4. Izmēri apgaismojumu noteiktās telpas vietās. Salīdzini to ar apgaismojuma normām.

Vieta	Apgaismojums, lx	Apgaismojuma norma, lx
Galda virsma		

- Kāpēc ir būtiski ievērot apgaismojuma normas?  
.....  
.....  
.....  
.....

5. Izpēti, kuri no minētajiem priekšmetiem un materiāliem – caurspīdīga dokumentu kabatiņa, balts papīrs, stikls, saulesbrīļļu lēcas, audums – vislabāk aiztur gaismu?

- Kā Tu veiksi pētījumu? Kas ir nepieciešams? Uzzīmē un apraksti!

Vieta zīmējumam

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

- Sanumurē dotos materiālus pēc caurspīdīguma, sākot ar materiālu, kas vislabāk laiž cauri gaismu! Savu prognozi ieraksti tabulā!
- Pārbaudi savu prognozi eksperimentāli! Rezultātus ieraksti tabulā!
- Kādi ir secinājumi?

Prognoze		Eksperiments	
Objekts	Nr	Apgaismojums, lx	Nr.

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

- Novērtē eksperimenta rezultātu ticamību! .....

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

- Kas būtu jādara, lai uzlabotu eksperimenta rezultāta ticamību?

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



## 10. Izpēti, kādas krāsas atstarotāji vislabāk atstaro gaismu?

- Kā Tu veiksi pētījumu? Kas ir nepieciešams? Uzzīmē un apraksti!

Vieta zīmējumam

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- Mērījumu rezultātus ieraksti tabulā!

Atstarotāja krāsa	Atstarotās gaismas stiprums, lx
Balta	
Dzeltena	
Oranža	

- Kāpēc ceļu policisti izmanto atstarojošās vestes dzeltenā nevis baltā krāsā?

.....

.....

.....

.....

## 7. Mini piemērus un pamato, kādās situācijās cilvēkiem ir nepieciešamas saulesbrilles vasarā un ziemā!

.....

.....

.....

.....

## 8. Ko pētījām ar apgaismojuma sensoru?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

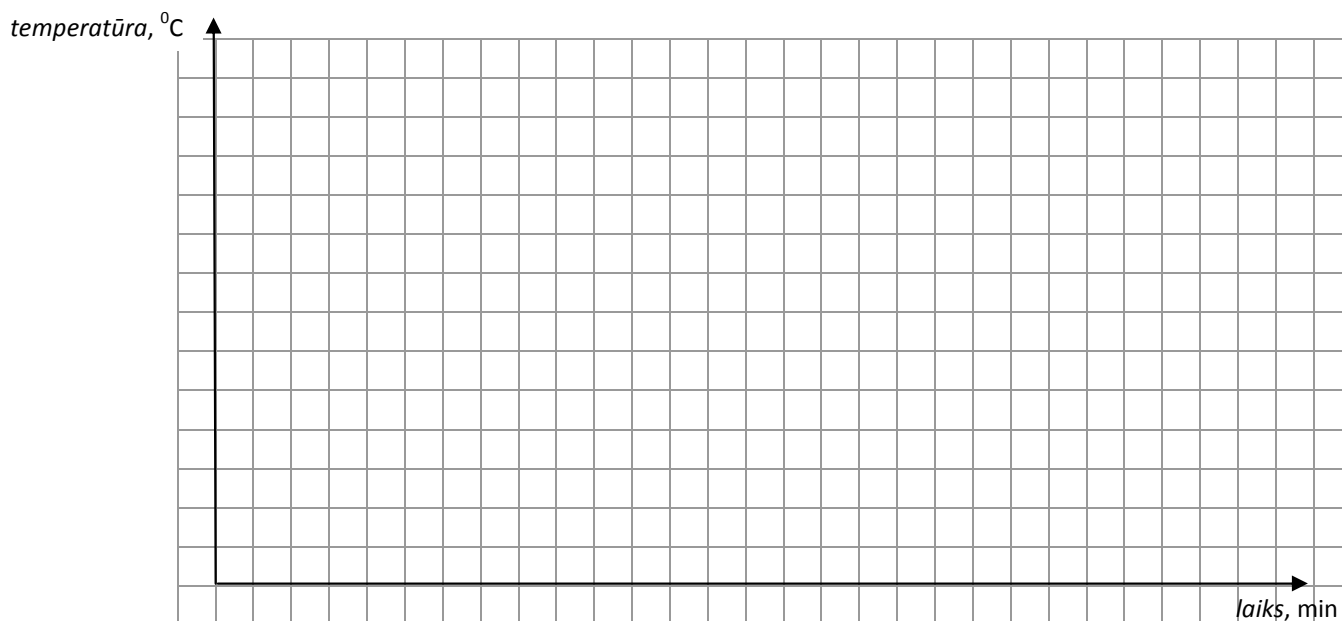
## 2. SILTUMA VADĪŠANA I

Izpēti, kāda materiāla traukā ūdens visilgāk saglabā siltumu!

- Iepazīsties ar drošības noteikumiem, kas jāievēro rīkojoties ar karstiem priekšmetiem un šķīdumiem!
- Sakārto materiālus (stikls, alumīnijs, plastmasa) dilstošā secībā pēc to spējas saglabāt vielas siltumu, sākot ar materiālu, kurš visilgāk saglabā siltumu!  
.....
- Ielej vienādu daudzumu karsta ūdens dažāda materiāla traukos un termosā.
- Izmēri ūdens sākuma temperatūru katrā no traukiem un mērījumu rezultātus ieraksti tabulā. Atceries, ka termometrs, kad to ieliek ūdenī, uzreiz nerāda ūdens temperatūru!

Nr	Trauks	ūdens sākuma temperatūra, $t_0, ^\circ\text{C}$	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$t_4, ^\circ\text{C}$	$t_5, ^\circ\text{C}$	$t_6, ^\circ\text{C}$
1.	Plastmasas trauks							
2.	Stikla trauks							
3.	Alumīnija trauks							
4.	Termoss							

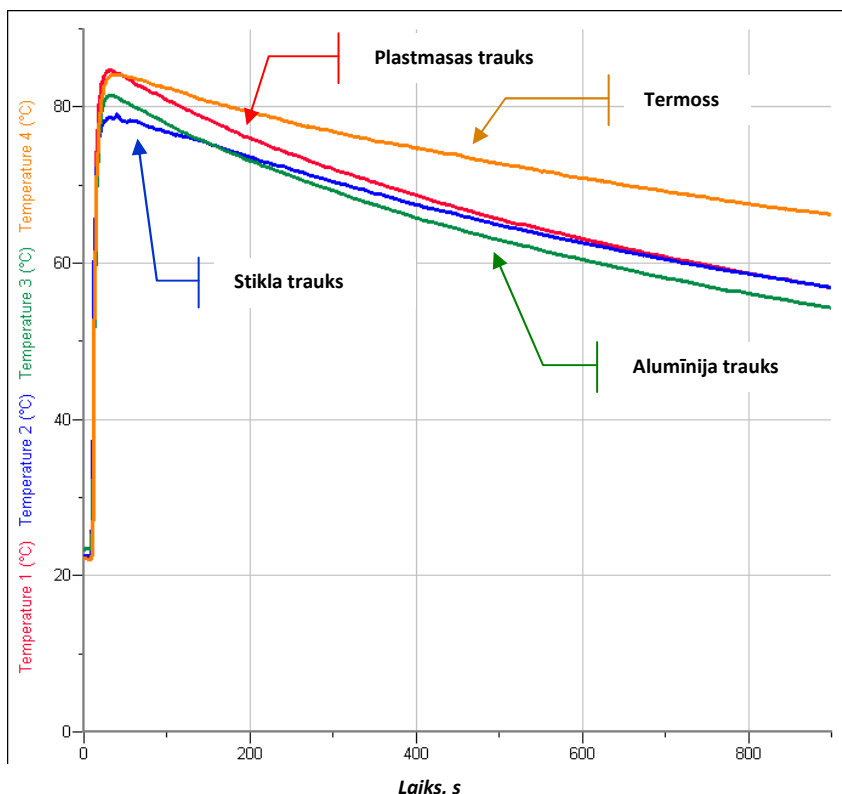
- Atkārti temperatūras mērījumus ik pēc trim minūtēm un mērījumu rezultātus ieraksti tabulā.
- Attēlo grafiski ūdens temperatūru atkarībā no laika dažāda materiāla traukos.



- Kurā traukā eksperimenta laikā ūdens temperatūra ir izmainījusies visvairāk? .....
- Par ko tas liecina? .....
- Salīdzini eksperimenta rezultātus ar savu sākotnējo minējumu? Ko vari secināt? .....
- Salīdzini eksperimenta rezultātus ar tabulās dotajām siltumietilpības vērtībām! Ko vari secināt? .....

### 3. SILTUMA VADĪŠANA II

Izpēti demonstrējumā iegūtos karstā ūdens atdzišanas grafikus dažāda materiāla traukos.



- Kurā traukā ūdens atdzisa visātrāk? .....
- Kurā traukā ūdens atdzisa vislēnāk? .....
- Kā to var noteikt no grafika?

.....  
 .....

- Izmantojot demonstrējumā iegūto grafiku, sakārto materiālus (stikls, alumīnijs, plastmasa) dilstošā secībā pēc to spējas saglabāt vielas siltumu, sākot ar materiālu, kurš visilgāk saglabā siltumu.

.....  
 .....

- Kāpēc stikla traukā sākumā ir zemāka temperatūra nekā citos traukos, kaut gan visos traukos ielēja vienādas temperatūras ūdeni un temperatūras sensorus tajos ievietoja vienlaikus?

.....  
 .....

- Salīdzini eksperimenta rezultātus ar tabulās dotajām stikla un alumīnija siltumietilpības vērtībām! Ko vari secināt?

.....  
 .....

- Novērtē plastmasas siltumietilpības vērtību! Ko vari secināt?

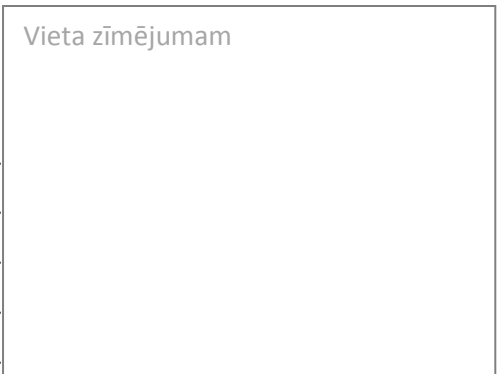
.....  
 .....

### 4. SKAŅAS PĒTĪŠANA

1. Izpēti, kā darbojas skaņas sensors!

- Kā sensors jānovieto attiecībā pret skaņas avotu, lai veiktu ticamus skaņas skaļuma mērījumus? Uzzīmē un apraksti!

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



- Kādās mērvienībās datu uzkrājējs un sensors reģistrē skaņas skaļumu? .....
- Kādā datu uzkrājēja režīmā ērtāk reģistrēt skaņas skaļuma izmaiņas? Kāpēc?

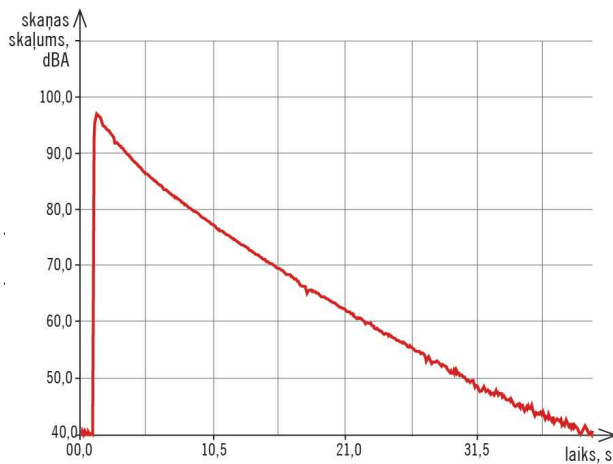
.....  
 .....  
 .....

- Kā tu noteiksi skaņas skaļuma apakšējo robežu, ko var reģistrēt?

.....  
 .....

- Cik liela ir skaņas sensora mērījuma apakšējā robeža? .....

2. Skaņas skaļumu skolas fizikas laboratorijā reģistrē ar skaņas sensoru. Attēlā redzams tonāks radītās skaņas grafiskais attēlojums.



- Kāpēc grafikam ir šāda forma?

.....  
 .....

3. Izpēti, kā mainās skaņas skaļums atkarībā no attāluma līdz skaņas avotam!

- Vai pētījumā kā skaņas avotu var izmantot tonāksu? Kāpēc?

.....  
 .....

- Mini divus avotus, kas rada nerimstošu skaņu!

.....

- Izmēri, cik tālu no skaņas avota atrodas tavš skaņas sensors!  $l = \dots m$

- Izmēri, cik skaļa skaņa ir tavā darba vietā! ..... dB

- Pieraksti **savas solu rindas** klasesbiedru iegūtos rezultātus tabulā!

Sola Nr.	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Skaņas sensora attālums no skaņas avota, m						
Skaņas skaļums, dB						

- Kā mainās skaņas skaļums atkarībā no attāluma līdz skaņas avotam?

.....  
 .....

4. Izpēti, kādi materiāli – papīra loksne, stikla plāksne, auduma slānis – vislabāk aiztur skaņu!

- Prognozē! Kurš no materiāliem vislabāk slāpē skaņu? Sarindo tos secībā, sākot ar materiālu, kurš vislabāk slāpē skaņu, beidzot ar materiālu, kurš visvājāk slāpē skaņu.

.....  
 .....

- Kā var noteikt, kurš no materiāliem vislabāk laiž cauri skaņu?

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

- Vēro demonstrējumu! Apraksti novēroto!

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

- Vai tava prognoze apstiprinājās?

.....

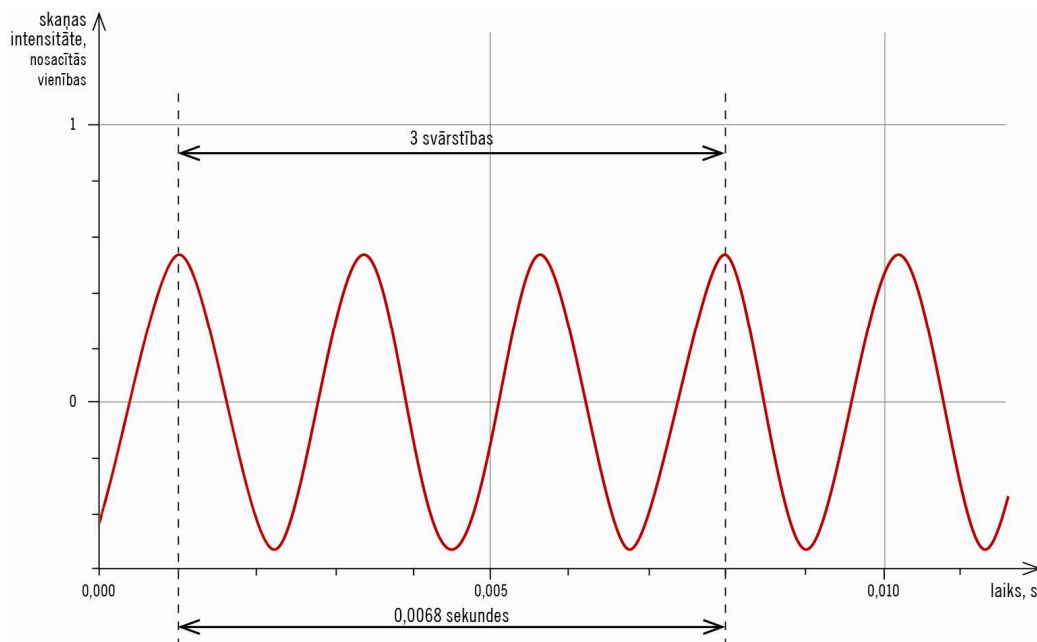
- Kādas bija eksperimenta nepilnības? Kā tu ieteiktu tās novērst?

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

### 5. SKAŅAS FREKVENCE

#### Situācijas apraksts

Skaņas svārstības skolas fizikas laboratorijā var reģistrēt ar mikrofonu un datu uzkrājēju. Ierakstot toņdakšas radīto skaņu, iegūva svārstību grafisko attēlojumu.



Viens no skaņas raksturlielumiem ir **frekvence** jeb **svārstību skaits laika vienībā**. Jo vairāk svārstību laika vienībā, jo augstāka frekvence.

$$\text{frekvence} = \frac{\text{pilno svārstību skaits}}{\text{laiks}} = \frac{3}{0,0068} \approx 440 \text{ Hz}$$

Kā sauc šo toni? .....

1. Attēlā redzami divi „la” toņu grafiki.

- Ar ko šie toņi atšķiras?

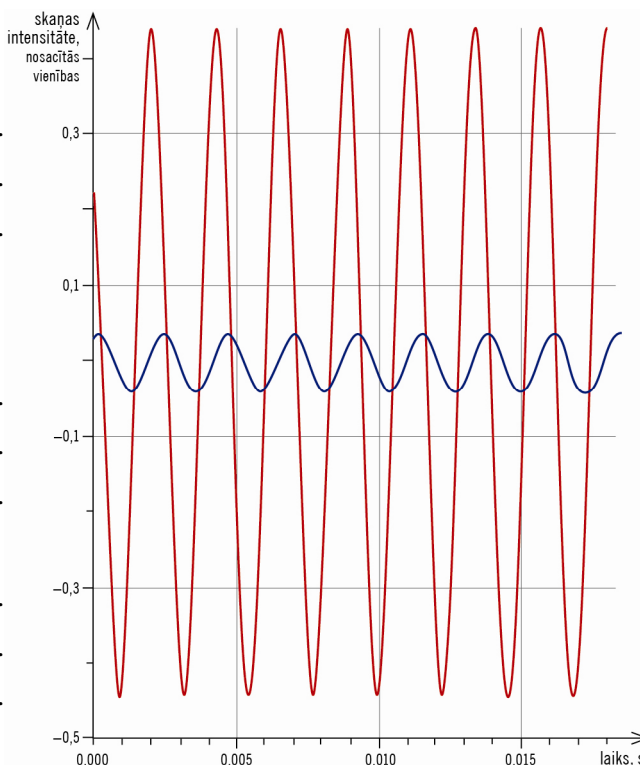
.....  
 .....  
 .....

- Izdomā un uzraksti, kā, izmantojot lineālu un grafiku, var salīdzināt abu toņu frekvences.

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

- Salīdzini abu toņu frekvences!

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



2. Attēlā redzami divu toņu grafiki.

- Ar ko šie toņi atšķiras?

.....

.....

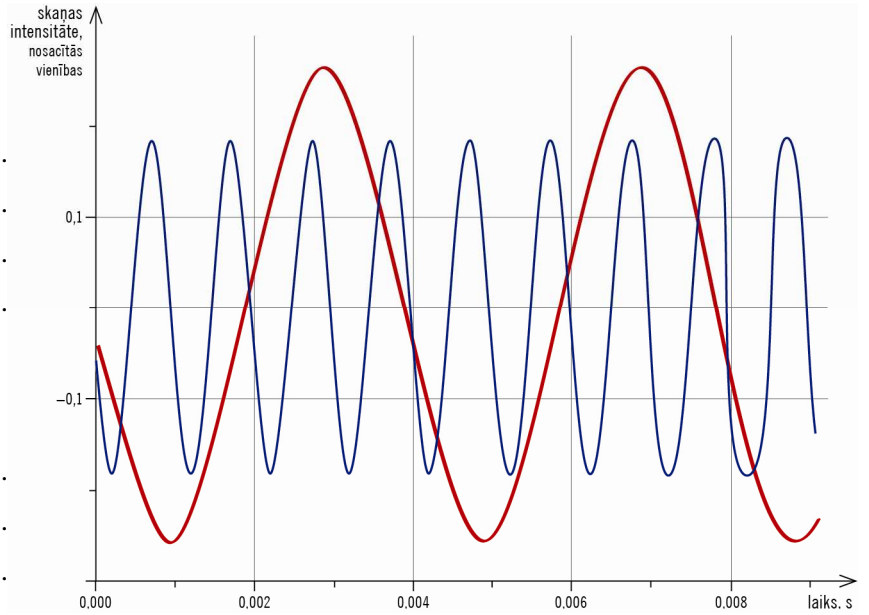
.....

- Izmantojot lineālu un grafiku, salīdzini abu toņu frekvences.

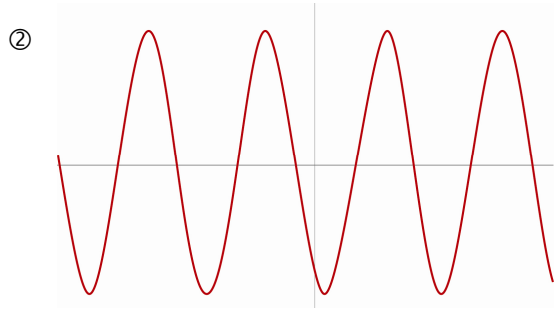
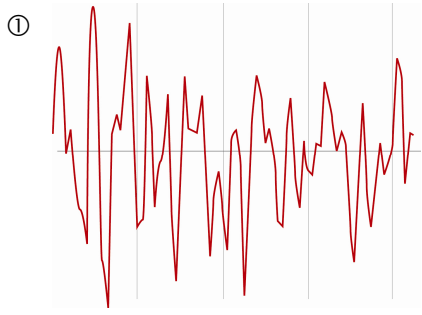
.....

.....

.....



3. Izpēti grafikus!



- Nosaki, kurā grafikā ir redzams skaņas toņa un kurā – trokšņa ieraksts!

.....

- Ar ko skaņa atšķiras no trokšņa?

.....

.....

- Mini piemērus, kur tu sastopies ar muzikālām skaņām un kur – ar trokšņiem!

.....

.....

.....

- Apraksti savas sajūtas, kādas tev rodas dzirdot muzikālās skaņas un kādas – trokšņus. Aprakstā lieto fizikālos jēdzienus!

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## DEMONSTRĒJUMI AR MAGNĒTA SVĀRSTU

### Magnēta svārsta sastāvdaļas:

- pamatne (no koka vai cita nemagnētiska materiāla);
- divas tapiņas vada nostiprināšanai;
- neelastīgs diegs;
- nemagnētiska materiāla statīvs;
- cilindrisks magnēts ( $d = 10.0$  mm,  $l = 34.0$  mm,  $m = 19.4$  g).

### Demonstrējuma ierīces izgatavošana

Uz koka pamatnes nostiprina nemagnētiska materiāla tapiņas un statīvu kā redzams attēlā. Statīvā iestiprina neelastīgu diegu, kurā iesien cilindriskas formas magnētu 1 cm virs pamatnes. Jāņem vērā, ka magnēts diegā jāiesien tā, lai magnēts atrastos horizontāli attiecībā pret koka pamatni.



### Papildus piederumi

- kompass (Fizika 9. klase DD Kompasa darbības princips);
- galvaniskais elements 1.5 V, vara vads, kura diametrs  $d = 0.45$  mm un  $l = 73$  cm, voltmetrs (Fizika 11. klase. DD Ersteda eksperiments);
- patstāvīgais magnēts, magnētiskā lauka sensors (demonstrējumam „Svārstības Zemes magnētiskajā laukā”);
- patstāvīgais magnēts, magnētiskā lauka sensors, alumīnija folija, kuras biezums  $b_0 = 0.0125$  mm, laukums  $S = 15 \times 16$  cm<sup>2</sup>, kārtu skaits  $n = 16$  (demonstrējumam „Svārstību rimšana virpuļstrāvu ietekmē”).



# KOMPASA DARBĪBAS PRINCIPS

**Mērķis:** veidot izpratni par kompasu darbības principu, pilnveidot prasmi novērot un analizēt.

**Sasniedzamais rezultāts:** 1) Salīdzina svārsta magnēta un kompasu rādījumus dažādās situācijās. 2) Nosaka svārsta magnēta polus.

**Darba piederumi:** magnēta svārsts, kompass.

## Darba gaita

*Lai eksperiments izdotos jāpārlicinās, lai eksperimenta vietā nebūtu citi magnēti un lieli dzelzs priekšmeti. Lai kompasu adatu nepārmagnetizētu, nevajag ilgstoši to turēt magnēta tiešā tuvumā.*

1. Novieto magnēta svārstu uz galda un pagaida, lai norimst tā svārstības.
2. Magnēta svārsta pamatni pagriež pulksteņrādītāja virzienā ap savu asi par 20 līdz 50<sup>0</sup>, tad apstājas un novēro, kurā virzienā noorientējas svārsta magnēts.
3. Magnēta svārsta pamatni pagriež pulksteņrādītāja virzienā ap savu asi vēl par 20 līdz 50<sup>0</sup> un atkal novēro, kurā virzienā noorientējas svārsta magnēts. Šo darbību atkārto līdz ierīce ir pilnībā apgriezta par 360<sup>0</sup>.
4. Līdzīgi eksperimentu atkārto ar kompasu, griežot to ap savu asi, un novēro, kurā virzienā noorientējas magnētadata.
5. Tuvina kompasu ierīces magnēta vienam polam un novēro, kā uzvedas kompasu adatu – pievelkas vai atgrūžas.

## Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

1. Novēro, kurā virzienā noorientējas svārsta magnēts, ja svārstu griež ap savu asi un ik pa laikam aptur kustību!

*Svārsta magnēts vienmēr noorientējas vienā un tajā pašā virzienā, kad tā pamatni griež ap savu asi.*

2. Kādā virzienā vienmēr noorientējas kompasu magnētadata, ja kompasu griež ap savu asi un ik pa laikam aptur kustību?

*Kompasu magnētadata noorientējas Zemes magnētiskajā laukā un norāda virzienu uz Zemes magnētiskajiem poliem. Ja kompasu pamatni griež ap savu asi, tad kompasu adatu, norimstot svārstībām, noorientējas Z – D virzienā.*

3. Kas kopīgs eksperimentam ar svārsta magnētu un eksperimentam ar kompasu?

*Svārsta magnēts tāpat kā kompasu magnētadata noorientējas Zemes magnētiskajā laukā un norāda virzienu uz Zemes magnētiskajiem poliem. Ja ierīces vai kompasu pamatni griež ap savu asi, tad gan svārsta magnēts, gan kompasu adatu, norimstot svārstībām, noorientējas Z – D virzienā.*

4. Kā izmantojot kompasu, var noteikt svārsta magnēta polus?

*Ierīces magnētam tuvinot kompasu, novēro, ka kompasu adatu ziemeļpols vai dienvidpols pievelkas vienam no magnēta poliem. Tā kā magnētu pretējie poli pievelkas, tad var noteikt svārsta magnēta polus. Ja ierīces magnēta vienam galam pievelkas kompasu magnētadatu ziemeļpols, tad šis gals ir svārsta magnēta dienvidpols un otrādi.*

## ERSTEDA EKSPERIMENTS

**Mērķis:** veidot izpratni par elektriskās strāvas magnētisko darbību, pilnveidot prasmi novērot un analizēt, kā arī novērtēt vadā plūstošās strāvas un strāvas radītā magnētiskā lauka indukcijas skaitliskās vērtības.

**Sasniedzamais rezultāts:** 1) Novēro elektriskās strāvas magnētisko darbību. 2) Secina, kā elektriskās strāvas plūšanas virziens ietekmē strāvas vada mijiedarbību ar magnēta svārstu. 3) Nosaka magnētiskās indukcijas līniju virzienu. 4) Aprēķina vadā plūstošās strāvas stiprumu. 5) Aprēķina magnētiskā lauka indukciju 1 cm attālumā no vada, pa kuru plūst elektriskā strāva.

**Darba piederumi:** magnēta svārsts, galvaniskais elements (1.5 V), vara vads ( $d = 0.45$  mm un  $l = 73$  cm), voltmetrs.

### Darba gaita

*Lai eksperiments izdotos jāpārliedzinās, lai eksperimenta vietā nebūtu citi magnēti un lieli dzelzs priekšmeti.*

1. Novieto magnēta svārstu tā, lai uz pamatnes esošais vads atrastos Z-D virzienā, t.i., lai svārsta magnēts miera stāvoklī atrastos paralēli vadam.

2. Paņem galvanisko elementu rokās un ar vienas rokas pirkstiem piespiež pie tā viena pola vara vada vienu brīvo galu un uz īsu brīdi ar brīvo roku pievieno otru vada galu galvaniskā elementa otram polam. Novēro magnēta svārsta kustību.

3. Samaina vietām galvaniskā elementa polus, atkārtoti eksperimentu un novēro magnēta svārsta kustību.

*Ja izgatavo garākas tapiņas, uz kurām nostiprināt vadu, tad eksperimentu var veikt nevis samainot vietām galvaniskā elementa polus, bet novietojot vadu virs/zem magnēta svārsta un novērot, kurā virzienā katrā no gadījumiem pagriežas magnēta svārsts.*

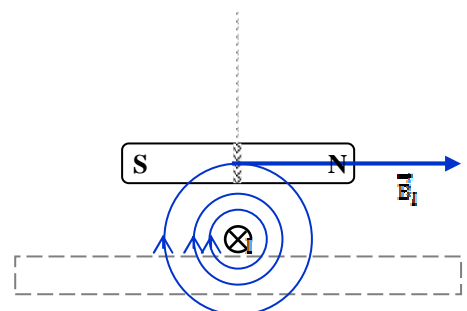
### Rezultātu analīze, izvērtēšana un secinājumi

1. Ko var novērot minētajā eksperimentā brīdī, kad vadā sāk plūst elektriskā strāva?

*Ja pa vadu plūst elektriskā strāva, svārsta magnēts, līdzīgi kā magnētadata, pagriežas perpendikulāri attiecībā pret vadu, pa kuru plūst elektriskā strāva.*

2. Kāpēc svārsta magnēts cenšas noorientēties perpendikulāri vadam, pa kuru plūst elektriskā strāva?

*Ap strāvas vadu tāpat kā ap patstāvīgo magnētu pastāv magnētiskais lauks. Mijiedarbojoties magnēta magnētiskajam laukam un vadā plūstošās strāvas magnētiskajam laukam uz magnēta poliem darbojas pretēji vērsti magnētiskā lauka spēki un rodas spēka moments, kas griež magnētu ap tā vertikālo asi. Griešanās notiek līdz brīdim, kamēr magnēts nostājas perpendikulāri strāvas vadam un spēka moments izzūd. Magnēts pēc inerces parasti pagriežas nedaudz tālāk un tāpēc parasti vērojamas svārstības ap šo stāvokli.*



3. Kā var noteikt, kurā virzienā svārsta magnēts pagriezīsies attiecībā pret vadu, pa kuru plūst elektriskā strāva?

*Zinot elektriskās strāvas plūšanas virzienu, magnētiskās indukcijas līniju virzienu nosaka pēc labās vītnes skrūves likuma: skrūvējot labās vītnes skrūvi tā, lai tā ietu strāvas plūšanas virzienā, strāvas magnētiskā lauka indukcijas līnijas ir jāvērs skrūves griešanas virzienā. Kurā virzienā griezīsies svārsta magnēts, nosaka pēc Ampēra likuma: novietojot magnētu labās rokas plaukstā, pagrieziet roku tā, ka četri izstieptie pirksti rāda strāvas plūšanas virzienu, tad par  $90^{\circ}$  atliektais īkšķis rādīs magnēta ziemeļpola orientācijas virzienu.*

4. Ko var novērot, ja vadam pieslēdz pretējos galvaniskā elementa polus?

*Izmainot strāvas virzienu uz pretējo, strāvas vada tuvumā novietotais magnēts pagriežas par  $180^{\circ}$ .*

5. Kāpēc svārsta magnēts sāk griezties uz pretējo pusi, ja vadam pieslēdz pretējos galvaniskā elementa polus?

*Izmainot strāvas virzienu uz pretējo, strāvu aptverošās indukcijas līnijas maina virzienu uz pretējo un līdz ar to strāvas vada tuvumā novietotais magnēts arī pagriežas uz pretējo pusi.*

6. Cik stipra elektriskā strāva plūst vadā dotajā eksperimentā?

*Lai vara vadā plūstu strāva, tas ir pievienots galvaniskā elementa poliem. Galvaniskā elementa EDS ir 1.5 V un iekšējā pretestība apmēram 1  $\Omega$ . Lai noteiktu strāvas stiprumu, aprēķina vara vada pretestību R un nomēra spriegumu uz galvaniskā elementa poliem  $U = 0.74$  V.*

$U = 0.74$ V $\rho_{Cu} = 1.7 \cdot 10^{-8}$ $\Omega \cdot m$ $l = 73$ cm = 0.73 m $d = 0.45$ mm = $= 0.45 \cdot 10^{-3}$ m	$R = \rho \frac{l}{S}$  $I = \frac{U}{R}$	$R = 1.7 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0.73 \cdot 4}{\pi \cdot (0.45 \cdot 10^{-3})^2} \approx 0.08 \Omega$  $I = \frac{0.74}{0.08} \approx 9.25$ A
$R - ?$  $I - ?$		

7. Cik stipra ir magnētiskā lauka indukcija 1 cm attālumā no vada, pa kuru plūst elektriskā strāva?

*Elektriskās strāvas radītais magnētiskais lauks ir stiprāks nekā Zemes magnētiskais lauks, jo magnēta pagriešanās perpendikulāri strāvas vadam notiek ļoti strauji. Zemes magnētiskā lauka indukcija  $B = 1.6 \times 10^{-5}$  T.*

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ A/m <sup>2</sup> $I = 9.25$ A $R = 0.08$ $\Omega$	$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$	$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 9.25}{2\pi \cdot 0.08} \approx 2.3 \cdot 10^{-5}$ T
$B - ?$		

## **PROFESIONĀLĀS PILNVEIDES NODARBĪBU PLĀNI FIZIKAS SKOLOTĀJIEM PAR SENSORIEM, DATU UZKRĀJĒJIEM UN INTERAKTĪVO TĀFELI**

Fizikas skolotāju profesionālās pilnveides nodarbību plāni sagatavoti un aprobēti VISC īstenoto ESF nacionālās programmas „Mācību kvalitātes uzlabošana dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos vidējā izglītībā” projekta „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu, matemātikas un tehnoloģiju priekšmetos” (2005 – 2008) un „Dabaszinātnes un matemātika” (2008 – 2011) ietvaros. Pielikumā ievietoti nodarbību plāni, kurus veidojusi autore un, uz kuriem ir atsauce promocijas darbā.

Nodarbību plāniem šeit nav pievienoti izdales materiāli un veicamo laboratorijas un/vai demonstrējumu apraksti, jo tie ir pielikumā Nr. 2 un promocijas darba pamattekstā aprakstītie darbi.

1. Datu uzkrājēji un sensori fizikā pamatskolā.
2. Interaktīvās tāfeles mērķtiecīga izmantošana fizikas mācību procesā.
3. Laboratorijas darbi, izmantojot mūsdienīgas laboratorijas iekārtas.

## 1. DATU UZKRĀJĒJI UN SENSORI PAMATSKOLĀ FIZIKĀ

90 min. grupa dalās uz pusēm

**Ziņa:** Datu uzkrājēji un sensori kā līdzeklis mācību procesā demonstrējumu, pētniecisko darbu un laboratorijas darbu veikšanai: procesa vizualizācijai, ātrai datu ieguvei, apstrādei un analīzei.

**Mērķis:** pilnveidot izpratni par datu uzkrājēju un sensoru lietošanas iespējām fizikā pamatskolā.

**Rezultāts:** prasmes 1) lietot datu uzkrājējus un sensorus mācību procesā fizikā; 2) organizēt mācību procesu, izmantojot datu uzkrājējus un sensorus.

Saturs/Soļa mērķis	Aktivitātes	Resursi	Laiks
Noskaidrot dalībnieku pieredzi	Dalībnieki organizējas darbam pāros datorklasē. Vadītājs frontāli pajautā, kāda ir katra dalībnieka pieredze darbā ar datu uzkrājējiem un sensoriem.		5 – 7`
Apgūt pamatprasmes darbā ar datu uzkrājējiem un sensoriem	– Vadītājs iepazīstina ar datu uzkrājēja uzbūvi un darbības principiem. Izdala IL 1 – Vadītājs <b>kopā ar dalībniekiem</b> iziet cauri darba lapām IL 1, veicot praktiskas aktivitātes un apgūstot pamatprasmes darbā ar datu uzkrājēju un sensoriem <i>Ja kādam dalībniekam ir ļoti liela pieredze, tad šajā laikā, kamēr citi apgūst pamatprasmes viņš pārdomā savu pieredzi, lai nodarbības beigās varētu demonstrēt, kā izmantot sensorus pētniecībā.</i>	Datu uzkrājēji katram dalībniekam IL 1 „EasySense Q datu reģistrēšanas ierīce (Q3 vai Q5)	20`
Nostiprināt prasmi lietot datu uzkrājējus un sensorus un organizēt mācību procesu, izmantojot projekta atbalsta materiālos piedāvātos demonstrējumus un laboratorijas darbus.	<b>Vadītājs iepazīstina</b> ar darba staciju izvietojumu un veicamo <b>uzdevumu</b> : strādājot pa pāriem, katrā darba stacijā, izmantojot instrukciju, jāsaslēdz iekārtas un jāizmēģina darba lapā aprakstītais demonstrējums vai jāveic LD  <b>Katrs</b> pāris pēc <b>kārtas apmeklē visas darba stacijas</b> , iepazīstas ar sensoru veidiem un izstrādā piedāvātos demonstrējumus vai LD, iegūstot un apstrādājot datus, fiksējot DL. Pēc darba beigšanas sakārto ierīces. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vadītāju virknes un paralēlais slēgums (15`);</li> <li>• Virsmas apgaismojums; (15`);</li> <li>• Kā atdziesť ūdens? (15`).</li> <li>• Arhimēda likums (15`)</li> </ul> <b>Vēro</b> dalībnieku darbību, nepieciešamības gadījumā <b>sniedzot padomu</b> .	Darba stacijas: 1. un 2. stacija „Vadītāju virknes un paralēlais slēgums”. 3. un 4. stacija „Kā atdziesť ūdens?” 5. un 6. stacija „Virsmas apgaismojums” 7. un 8. stacija „Arhimēda likums”	50`
Dalībniekiem veikt	Vadītājs aicina <b>katru</b> grupu <b>izstāstīt</b> par pēdējo apmeklēto darba staciju un <b>izvērtēt</b> +/- sensoru izmantošanai demonstrējumos un laboratorijas darbos.		15`

secinājumus par sensoru lietošanas efektivitāti mācību procesā fizikā.	<i>Aicina dalībniekus ar pieredzi sensoru izmantošanā piedāvāt savas idejas. Vadītājs komentē tās, ja nepieciešams .</i>		
--	--	--	--

## 2. INTERAKTĪVĀS TĀFELES MĒRĶTIECĪGA IZMANTOŠANA FIZIKAS MĀCĪBU PROCESĀ

90 min.

**Mērķis:** pilnveidot izpratni par interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu fizikas stundās pamatskolā.

**Rezultāts:** izpratne par interaktīvās tāfeles mērķtiecīgu lietojumu fizikas stundās pamatskolā.

Saturs/Soļa mērķis	Aktivitātes	Resursi	Laiks
<b>Aktualizācija.</b> Informācija par nodarbības mērķi un norisi. Dalībnieku pieredze.	<b>Vadītājs:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Iepazīstina</b> ar nodarbības mērķi, uzsverot tāfeles mērķtiecīgu lietojumu stundā;</li> <li>• Iepazīstina ar norisi: modelēsim stundu fragmentu piemērus, analizēsim to lietojumu un arī paši domāsim piemērus savām stundām;</li> <li>• Jautā, kāda ir dalībnieku pieredze interaktīvās tāfeles lietošanā stundās? (<i>nav, ir lietojuši, paši taisa materiālus, utt.</i>)</li> </ul>	Telpa sakārtota kā tradicionāli klase skolā	5`
<b>Apjēgšana.</b>  Tāfele un tās lietošanai nepieciešamais aprīkojums.  Mērķtiecīga mācību materiālu izmantošana.	Izmantojot interaktīvās tāfeles materiālu, <b>stāsta</b> dalībniekiem par interaktīvās tāfeles rašanos biznesa jomā, par tās galvenajām iespējām. <b>Uzsver</b> , ka skolā tā NAV krīta tāfeles aizstājēja, tai ir savi specifiski uzdevumi: nodrošināt skolēna interaktīvo darbību mācību stundā.  <b>Stāsta un demonstrē:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• komplektāciju (<i>dators, tāfele, projektors, programmatūra, rakstāmrīki, skaļruņi</i>);</li> <li>• interaktīvo tāfeļu veidiem (<i>viena ražotāja tāfeles programmā veidotu mācību materiālu izmantošanas iespējas uz cita ražotāja tāfeles- abas programmas uz datora</i>);</li> <li>• telpas iekārtojumu (<i>stacionāri nostiprinātu projektoru un tāfeli, par vietu parastajai tāfelei, par apgaismojumu telpā</i>);</li> <li>• kalibrēšanas nepieciešamību (<i>kas ir kalibrēšana un kā to veikt</i>).</li> </ul> <b>Izdala</b> PM par noderīgām adresēm internetā, kur iespējams gan iepazīties ar dažādu ražotāju interaktīvo tāfeļu programnodrošinājumu, to izmēģināt, gan atrast gatavus materiālus vai idejas tiem.	Interaktīvās tāfeles materiāls.  Interaktīvā tāfele, dators, projektors, interaktīvās tāfeles programmas nodrošinājums.  PI 1 (informācija par tāfelēm)  PM (adreses)	5`
Reālu mācību	<b>Vadītājs stāsta</b> , ka svarīgi saprast: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ka stundas efektivitāte paaugstinās; ja šajā procesā būs iesaistīti skolēni un interaktīvās tāfeles programmatūras iespējas tiks mērķtiecīgi izmantotas. (<i>Stunda NAV skolotāja šovs!</i>),</li> <li>• <b>atsaucas uz nodarbību par stundas fāzēm un paskaidro</b>, ka tagad modelēsim stundas fragmentus, kuros izmanto interaktīvo tāfeli, pievēršot uzmanību nupat minētajām lietām.</li> </ul>		10`

<p>stundu fragmentu modelēšana.</p>	<p><b>Norāda</b>, ka, vispirms noskaidrosim:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kā interaktīvo tāfeli izmantot temata aktualizācijai: piemēram, <ul style="list-style-type: none"> <li>○ sākot kopsavilkuma stundu tematā „Fizikālie lielumi un to mērīšana” – kā aktualizējam skolēnu pieredzi? (<i>vadītājs atver flipčartu un aicina kādu dalībnieku sagrupēt objektus atbilstoši fizikāliem lielumiem, pārējie seko līdz, salīdzina, apspriežas, jautā, kāpēc objekti ir dažādās krāsās?, pāriet uz nākamo lapu un dalībnieki sagrupē objektus pēc krāsām un paši nosauc un ieraksta katras krāsas objektu grupas: mērinstrumenti, lielumi, mērvienības, apzīmējumi, utt., kāds nāk pie tāfeles, tekstu pārvērš par kustīgu objektu...</i>)</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Vadītājs komentē</b>, ka šajā fragmentā izmantojām programmatūras iespēju – <i>objektus pārvietot, grupēt, ierakstīt tekstu un pārvērst to par kustīgu objektu ... un te jau parādās atšķirība no PPT</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ mācāmie prognozēšanu (hipotēzes izvirzīšanu) un prognozes pārbaudi, izmantojam animāciju „Bremzēšanas ceļš” (<i>atver animāciju ar Explorer/ atver Inspire /bultiņa / minimizēt / desktop annotate /) un izvēloties ātrumu 30 km/h palaiž animāciju un aicina dalībniekus pierakstīt bremzēšanas ceļu garumu starpību saulainā un lietus laikā, kādu aicina pie tāfeles pierakstīt uz animācijas).</i></li> <li>○ <i>Uzliek ekrāna izgaismotāju: rīki ( tools / spotlight / square spotlight – un izmaina tā lielumu, lai var redzēt ātruma nomainas pogas un bremzēšanas pogu</i> Aicina prognozēt, <b>kā un cik reīzu mainīsies bremzēšanas ceļa garums, ja ātrumu palielinās divas reizes?</b> Dalībnieki prognozē, vadītājs pieraksta uz tāfeles. Nomainām ātrumu 2x, tad nobremzē un salīdzina rezultātus, diskutē par pareiza bremzēšanas ceļa izvēli....</li> </ul> <p><b>Vadītājs:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>komentē</b>, ka šajā fragmentā izmantojām tāfeles rīkus: piezīmes uz darba virsmas (<i>desktop annotate</i>) un izgaismošanu (<i>square spotlight</i>), animāciju un tāfeles programmatūras iespējas un <b>te parādās atšķirība no PPT.</b></li> <li>• <b>Pārunā</b>, ka aktualizācijas daļā tāfeli izmanto nelielu laiku un tie var būt arī vienkārši uzdevumi: piemēram, definīcijas izveidošana no teikumu daļām, teksta daļu, attēlu pārbīdīšana, savietošana, jautājumu uzdošana, u.c.)</li> </ul>	<p>flipčārts „Fizikālie lielumi”</p> <p>animācija „Bremzēšanas ceļš”</p>	
	<p><b>Vadītājs paskaidro</b>, ka tagad kopīgi noskaidrosim:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kā interaktīvās tāfeles materiāls veicina jauna satura apguvi? Piemēram, mācoties pētniecību tematā par siltuma procesiem: <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <b>aicina</b> uzmanīgi noskatīties videofragmentu „Siltuma vadīšana” (<i>vadītājs pie datora tāfeles programmā, izmanto fotoaparātu, lai iegūtu nozīmīgākos stopkadrus</i></li> </ul> </li> </ul>	<p>Elektroniskie pielikums „Siltuma</p>	<p>20`</p>



	<p><i>no filmas), aicina dalībniekus</i> iejusties skolēnu lomās un <b>sakārtot</b> kadrus procesa norises secībā, <i>kāds nāk pie tāfeles.</i> <b>aicina atkārtoti noskatīties</b> filmas fragmentu, <b>pievēršot uzmanību</b> kadru secībai un domāt par procesu, kāpēc tieši šie kadri tika izvēlēti? <b>aicina kādu</b> īsi raksturot katru kadru, pamatojot, kāpēc tieši šie kadri tika izvēlēti? Aicina citus iesaistīties diskusijā. Turpina procesu, <b>izveidojot problēmsituāciju</b> (skatīt PI2)- <i>svarīgi sīki izspēlēt šo fragmentu saturiski, dalībniekiem fiksējot rezultātus uz tāfeles un pierakstos, izdarot secinājumus; dalībnieki pierakstos veido tabulu, kura fiksē laiku un ar tāfeles lineālu nomēra attālumus starp nagliņām; noskaidro, ko varētu pētīt – vai siltums izplatās vienmērīgi? Kas būtu jādara, lai to pārbaudītu – jānovieto nagliņas vienādos attālumos].</i></p> <p>Pēc stundas fragmenta modelēšanas <b>vadītājs komentē</b>, ka ne vienmēr nepieciešamas darba lapas, ka skolēni var strādāt arī savos pierakstos un interaktīvo tāfeli izmanto, lai parādītu kā notiek kāds process, parādība, kā veikt mērījumus, kā grupēt, sistematizēt, atrast vienādos, līdzīgos u.c. Būtiski, ka skolēns mācoties redz, kas jādara, kāpēc un aktīvi iesaistās procesā (skolēni nāk pie tāfeles un strādā ar tās rīkiem, piedalās diskusijās). Komentē, ka tāfeles programmā var ielikt video fragmentu un izmantojot fotoaparātu var iegūt atsevišķus filmas kadrus, to neapstādinot un pēc tam izmantot diskusijai, u.c.</p>	<p>vadīšana”</p> <p>PI2 (siltuma vadīšana)</p>	
	<p><b>Vadītājs paskaidro</b>, ka tagad kopīgi noskaidrosim:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kā izmantot interaktīvo tāfeli, lai nostiprinātu zināšanas un prasmes? Piemēram, tematā „Siltums mums apkārt”, kad skolēni apguvuši atsevišķus siltuma procesus, veidojot kopsavilkumu un nostiprinot zināšanas. <i>Vadītājs atver sagatavotu flipčartu un aicina dalībniekus</i> iezīmēt pierakstos grafika veidolu, norādot, ka vēlams to zīmēt lielu, lai varētu pierakstīt klāt informāciju. Uzsver: svarīgi, ka skolēni darbojas patstāvīgi un aicina sākt darbu, pie grafika norādot, kāds grafika posms raksturo attiecīgo siltuma procesu. Kādu aicina pie tāfeles: turpina ar vielas stāvokļiem un aprēķināšanas sakarībām, katreiz aicinot citu dalībnieku pie tāfeles. Stundas noslēgumā ir iespējams pārbaudīt, vai skolēni ir sapratuši, ko attēlo siltumprocesu grafiki ar flipčārtā sagatavotiem jautājumiem. <i>Katram skolēnu pārim izdala balsošanas pultis un darba lapas ar 5 grafikiem. Pultis iepriekš reģistrētas. Atver reģistrēšanas programmu, aicina dalībniekus aizpildīt darba lapu un nobalsot izvēloties atbildes. Pēc katra jautājuma parāda balsojumu un veic jautājuma analīzi. Pēc visu jautājumu atbildēšanas, parāda kopsavilkumu, pastāsta,</i> </li> </ul>	<p>Elektroniskie pielikums ”Siltuma procesu grafiki” PI 3 F_08_SP_04</p> <p>DL_ Siltuma procesu grafiki</p> <p>Balsošanas pultis vai 4 krāsu B5 formāta lapas katram dalībniekam</p>	<p>20`</p>

	<p><i>kādu analīzi šādā veidā var iegūt.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Komentē</b>, ka šādā veidā var ātri salīdzināt atbildes, iegūt viedokli par kādu noteiktu jautājumu. Lai lietotu pultis, vajag tikai uztvērēju /HUBu/, pultis un datorprogrammu, pultis var izmantot arī bez interaktīvās tāfeles.</li> </ul>										
<p><b>Lietošana.</b></p> <p>Dalībnieku redzējums interaktīvās tāfeles materiālu lietojumam savās stundās.</p> <p>Interaktīvās tāfeles lietojuma +/- izvērtēšana.</p> <p>Par interneta resursiem tāfelēm.</p>	<p><b>Vadītājs:</b></p> <p><b>aicina</b> grupās padomāt, kā mērķtiecīgi varētu izmantot interaktīvo tāfeli un izveidot vienu ideju, kuru realizēt interaktīvai tāfelei. <i>Uzsvars uz idejām, nevis tehnisko izpildījumu (kā izveidot materiālu).</i> Ideju aprakstīt uz A4 lapas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>aicina</b> katru pāri īsi raksturot piedāvāto ideju, izmantojot dokumentu kameru</li> </ul>	A4 lapas, flomasteri	15`								
	<p><b>Aicina dalībniekus</b> apvienoties grupās pa 4 un atskatoties uz nodarbību, apspriesties par izmantošanas iespējām stundās un izvērtēt interaktīvās tāfeles lietojuma efektivitāti (+/-), izveidojot kopsavilkuma tabulu.</p> <p><b>Dalībnieki grupās izveido</b> pārskata tabulu par interaktīvās tāfeles lietojumu.</p> <p><b>Vadītājs aicina</b> katru grupu (pa apli) nosaukt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vienu +, fiksē uz interaktīvās tāfeles;</li> <li>• vienu - ;</li> <li>• problēmu, piedāvāto risinājumu.</li> </ul>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>+</th> <th>-</th> <th>Problēmas</th> <th>Risinājumi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>Tabula uz interaktīvās tāfeles, pēc tam parāda, ka to var saglabāt.</p>	+	-	Problēmas	Risinājumi					7`
	+	-	Problēmas	Risinājumi							
<p><b>Vadītājs īsi pastāsta:</b> Kādus materiālus interaktīvām tāfelēm fizikā piedāvā Latvijā un citas valstis. <i>Te atsauce uz adresēm sākumā, ko iedeva. Kādi ir pētījumi par to lietojumu mācību procesā? Par pētījumiem, var nokomentēt to pētījumu, kas ir PPT ielikts un salīdzināt ar dalībnieku minētajiem + un -, domāju, ka komentāri sasauksies ar rezultātiem ...</i></p>	Interaktīvās tāfeles materiāls.	3`									
<p><b>Izvērtēšana.</b></p> <p>Kopsavilkums par interaktīvās tāfeles izmantošanu mācību procesā.</p>	<p><b>Vadītājs veic kopsavilkumu</b> par interaktīvās tāfeles materiālu lietojumu mācību stundā, uzsverot, ka svarīgi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• skolēni darbojas līdz savos pierakstos vai darba lapās;</li> <li>• tāfeles efektīva izmantošanu noteikta mērķa sasniegšanai;</li> <li>• tikai tāfeles programmatūras izmantošana (stundā prasa pārāk daudz laika, lai visu demonstrējumu sagatavotu stundas laikā);</li> <li>• tikai iepriekš sagatavotu demonstrējumu izmantošana (tāfele ir vienkārši ekrāns);</li> <li>• pārdomāta interaktīvo iespēju izmantošana iepriekš sagatavotā materiālā (optimāls variants).</li> </ul>		5`								

### 3. LABORATORIJAS DARBI, IZMANTOJOT MŪSDIENĪGAS LABORATORIJAS IEKĀRTAS

90 min. Grupa dalās uz pusēm, lai katrs var strādāt pie sava datora.

**Mērķis:** 1) pilnveidot izpratni un apgūt prasmes lietot mūsdienīgas laboratorijas iekārtas un IT fizikas laboratorijas darbu datu ieguvei; 2) radīt izpratni par mūsdienīgu laboratorijas iekārtu lietošanas priekšrocībām datu ieguvē.

**Rezultāts:** 1) prasme, atbilstoši drošības noteikumiem, lietot mūsdienīgas laboratorijas iekārtas un IT laboratorijas darbu datu ieguvei; 2) izpratne par tehnoloģiju iespējām precīzu mērījumu iegūšanā; 3) prasme plānot un organizēt datu ieguvei un apstrādi ar mūsdienīgām laboratorijas iekārtām.

Saturs	Aktivitātes	Resursi	Laiks
Iepazīšanās ar nodarbības mērķi	<b>Iepazīstina</b> ar datu uzkrājēju Vernier LabPro un veicamo uzdevumu: strādājot pēc instrukcijas (IL1 un IL2), jāiepazīstas ar datu uzkrājēja iespējām datu uzkrāšanā un apstrādē: 1. izmantojot datu uzkrājēju un grafisko kalkulatoru; 2. izmantojot datu uzkrājēju un datoru.		5`
Praktiska laboratorijas darbu modelēšana ar datu uzkrājēju, sensoriem un grafisko kalkulatoru.	Vadītājs komentē instrukciju, vēro dalībnieku darbību un nepieciešamības gadījumā konsultē.  Dalībnieki katrs individuāli pēc piedāvātās instrukcijas: 1) iepazīstas ar pieejamo datu uzkrājēju, tā iespējām, mērīšanas režīmiem; 2) slēdz kopā laboratorijas darba ierīces; 3) modelē laboratorijas darba fragmentus (ūdens atdzišana; zemūdens sports un gāzu likumi).	Katram dalībniekam: - datu uzkrājējs; - grafiskais kalkulators; - sastatne; - komunikācijas kabeļi - temperatūras sensors - spiediena sensors un šļirce	40`
Praktiska laboratorijas darbu modelēšana ar datu uzkrājēju, sensoriem un datoru.	<b>Vadītājs iepazīstina</b> ar datu apstrādes programmatūru <i>LoggerPro software</i> un kopā ar dalībniekiem <b>modelē</b> laboratorijas darba „Zemūdens sports un gāzu likumi” datu uzkrāšanu un apstrādi.  Dalībnieki katrs individuāli pēc piedāvātās instrukcijas un sekojot pasniedzēja demonstrējumam uz ekrāna, modelē LD „Zemūdens sports un gāzu likumi” datu uzkrāšanu un apstrādi, paralēli apgūstot datu apstrādes programmatūras iespējas.  <b>Vadītājs iepazīstina</b> ar datu apstrādes programmatūras papildus iespējām: attēlu apstrāde, darbs ar videofragmentiem procesu modelēšanai.	Katram dalībniekam: - datu uzkrājējs; - grafiskais kalkulators; - sastatne; - komunikācijas kabeļi - temperatūras sensors - spiediena sensors un šļirce	40`
	<i>Diskusija par sensoru un datu uzkrājēju lietošanas efektivitāti fizikas mācību procesā.</i>		5`

## PIEEJAMIE RESURSI FIZIKĀ INTERAKTĪVĀS TĀFELES PROGRAMMATŪRĀ

### 1. Materiāli fizikā latviešu valodā:

- [www.activboard.lv](http://www.activboard.lv) – „Lielvārds IT” oficiālais interaktīvo tehnoloģiju ražotāja „Promethean” pārstāvis Latvijā. Piedāvā bezmaksas lejupielādēt materiālus ActivInspire vidē, kas atbilst izdevniecībā „Lielvārds” izdotajām mācību grāmatām un mācību līdzekļiem:

- 1) darblapas fizikā 8. un 9. klasei [103, 104];

- 2) resursu pakas: fizikas plakāti vidusskolā [16]; ilustrācijas fizikā apkopotas pa tematiem, tabulas un formulas [108], uzdevumi fizikā 10. klasei [36], testi fizikā 10. klasei.

Lai materiālus lejupielādētu, lietotājam jāreģistrējas.

- [www.smartboard.lv](http://www.smartboard.lv) – SIA „Baltijas Biroju Tehnoloģijas” oficiālais SMART Technologies UMC pārstāvis Latvijā. Piedāvā bezmaksas lejupielādēt materiālus SMART Notebook vidē. Materiālus veido un augšupielādē skolotāji. Fizikā piedāvāto resursu skaits šobrīd (2012. gada maijs) ir neliels – pieejamas interaktīvās darblapas 8. klasei tematā kustība un resursu paka ar attēliem dabaszinību kursam. Lai materiālus lejupielādētu, lietotājam jāreģistrējas.

- [www.dzm.lu.lv](http://www.dzm.lu.lv) – LU Dabaszinātņu un matemātikas izglītības centrs. Piedāvā bezmaksas lejupielādēt materiālus ActivInspire vidē, kas atbilst pamatskolas fizikas standartam un ESF projektā „Dabaszinātnes un matemātika” izveidotajai mācību programmai:

- 1) uzdevumu piemēri fizikā 8. – 9. klasei;

- 2) mācību spēļu „Elektriķi” un „Siltums” noteikumi;

- 3) interaktīvais disks pašmācībai skolēniem fizikā 8. klasei.

Materiāls ir brīvi pieejams un veidots ar autores vadībā un ar autores līdzdalību.

### 2. Materiāli fizikā angļu valodā:

Materiāli interaktīvajai tāfelei angļu valodā ir pieejami daudzās lapās, zemāk minētas interaktīvo tāfeļu ražotāju lapas, kas piedāvā materiālus savai produkcijai. Apskatīti tie ražotāji, kuru interaktīvās tāfeles ir pamatā Latvijas skolās (skat. tabulu 4.1.).

- <http://exchange.smarttech.com/#tab=0> – SMART Technologies (Kanāda) – interaktīvo tehnoloģiju ražotājs. Piedāvā bezmaksas lejupielādēt materiālus SMART Notebook vidē. Materiālus veido un augšupielādē skolotāji. Fizikā izmantojamus resursus var atrast pie

dabaszinātņu materiāliem sadaļā Science. Plašs materiālu klāsts gan pamatskolas, gan vidusskolas fizikas kursam. Lai materiālus lejupielādētu, lietotājam jāreģistrējas.

- <http://www.prometheanplanet.com/> – Promethean (Lielbritānija) – interaktīvo tehnoloģiju ražotājs. Piedāvā bezmaksas lejupielādēt skolotāju veidotos materiālus, bet par maksu – ražotāja veidotos materiālus ActiveInspire vidē. Fizikā izmantojamus resursus var atrast pie dabaszinātņu materiāliem sadaļā Science. Materiāli pieejami gan pamatskolas, gan vidusskolas fizikas kursam. Lai materiālus lejupielādētu, lietotājam jāreģistrējas.

- [www.mimioconnect.com](http://www.mimioconnect.com) – DYMO/Mimio (ASV) – interaktīvo tehnoloģiju ražotājs. Piedāvā bezmaksas lejupielādēt materiālus MimioStudio vidē. Materiālus veido un augšupielādē skolotāji. Fizikā izmantojamus resursus var atrast pie dabaszinātņu materiāliem sadaļā Science. Materiāli pamatā pieejami pamatskolas fizikas kursam. Lai materiālus lejupielādētu, lietotājam jāreģistrējas.

## DARBA LAPU PARAUGI FIZIKĀ UN TĀM ATBILSTOŠAIS INTERAKTĪVĀS TĀFELES MATERIĀLS

Darba lapas lietošanai kopā ar interaktīvās tāfeles darblapām jeb flipčārtiem sagatavotas elektroniskā formātā un iesniegtas publicēšanai kā elektroniskais mācību līdzeklis [77] izdevniecībā Lielvārds sadarbībā ar Jūrmalas Pumpuru vidusskolas fizikas un astronomijas skolotāju A.Bruņenieci. Darba lapas aprobētas fizikas un astronomijas stundās Pumpuru vidusskolā un Rīgas Uzņēmējdarbības koledžā, kā arī izdevniecības „Lielvārds” tālākizglītības programmas nodarbībās fizikas skolotājiem „Astronomijas tēmu integrācija fizikas mācību saturā pamatizglītībā un vidējā izglītībā”, LatSTE konferencē Smiltēnē 2009. gadā [33], konferencē „Astronomija Latvijā” [34] 2009. gadā, kā arī Starptautiskajā zinātniski praktiskajā konferencē par IKT dabaszinātņu izglītībā Šauļos [32] 2008. gadā.

Methodiskie un interaktīvie materiāli aptver visu pamatskolas kursu, bet pielikumā ievietoti tikai tie darba lapu paraugi un tām atbilstošie flipčārti, uz kuriem ir atsauce promocijas darbā.

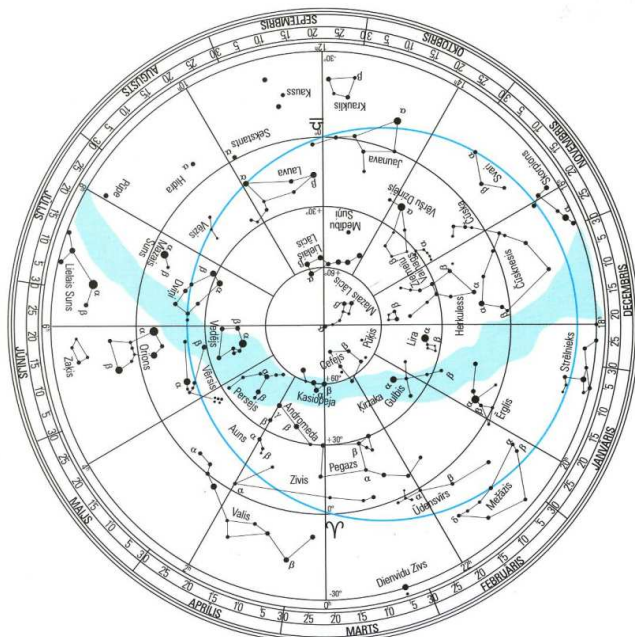
1. Zvaigžņotās debess grozāmā karte (Fizika 10. klase. Dabaszinības 12. klase. Astronomija vidusskolā.).
2. Flipčārts „Zvaigžņotās debess grozāmā karte” ActivInspire vidē.
3. Garuma un laukuma mērīšana (Fizika 8. klase).
4. Flipčārts „Garuma un laukuma mērīšana” ActivInspire vidē.

### 1. ZVAIGŽŅOTĀS DEBESS GROZĀMĀ KARTE

Zvaigžņu karte ir debess sfēras daļa, kas projicēta plaknē [64]. Izmantojot zvaigžņu karti, var attēlot zvaigžņu redzamo stāvokli jebkurā laika momentā. Kartes centrā atrodas debess ziemeļpols.

Iepazīsties ar zvaigžņotās debess grozāmo karti!

1. Atrodi kartē Polārzcvaigzni! Iezīmē to attēlā!
2. Debess ekvators sadala zvaigžņoto debesi divās daļās: ziemeļu un dienvidu puslodē. Iezīmē debess ekvatoru attēlā ar zilu krāsu!
3. Ekliptika ir Saules šķietamais ceļš pa debess sfēru. Kartē tas ir ovāls, kas nobīdīts attiecībā pret debess ziemeļpolu. Atrodi ekliptiku kartē un iezīmē to attēlā ar dzeltenu krāsu!
4. Ekliptika šķērso debess ekvatoru ekvinokcijas punktos. Atrodi šos punktus kartē un iezīmē tos attēlā! Nosaki, kad ekliptika šķērso debess ekvatoru!



Zvaigžņotās debess grozāmā karte

.....

- Kas vēl kopīgs šiem punktiem?

.....

5. Zvaigznājs ir debess apgabals ar noteiktām robežām, kas ietver visas tajā esošās zvaigznes un citus objektus. Izpēti, caur kādiem zvaigznājiem gada laikā iziet Saule! Uzraksti tos!

.....  
 .....

6. Kāpēc šos 12 zvaigznājus sauc par zodiaka zvaigznājiem? Kā varētu tulkot „zodiaku” no grieķu valodas?

.....  
 .....

7. Zvaigznes katrā zvaigznājā apzīmē ar grieķu alfabēta burtiem  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  utt., sākot ar spožāko, piemēram, Liras zvaigznāja spožākā zvaigzne ir Liras  $\alpha$ , bet Oriona zvaigznāja otra spožākā zvaigzne ir Oriona  $\beta$ . Atrodi kartē un uzraksti piemērus citu zvaigznāju spožākajām zvaigznēm ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ).

.....

8. Izvēlies vienu zvaigznāju, kurā ir spožas zvaigznes, pārzīmē to! Atrodi uzziņu literatūrā stāstu, kā radies šī zvaigznāja nosaukums. Ieraksti to!

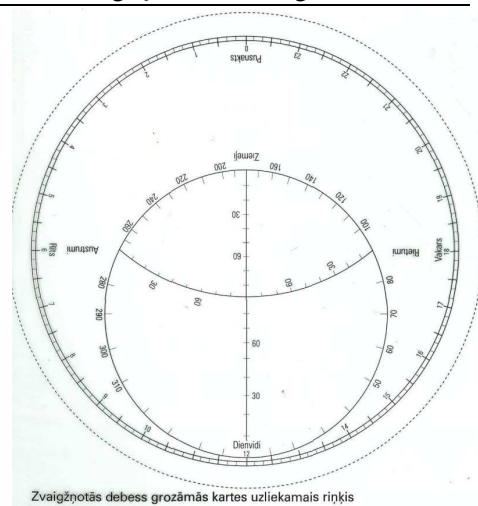
.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....



9. Uzliekamā riņķī ir atvērums, kura mala ir horizonts. Iezīmē to attēlā! Atvērumu šķērso divas līnijas: ziemeļu – dienvidu un austrumu – rietumu (A – R) virzienā, kuru krustpunktā atrodas zenīts. Iezīmē zenītu attēlā! Atrodi ziemeļu – dienvidu līniju (Z – D) un iezīmē to attēlā!

Zvaigžņotās debess grozāmās kartes uzliekamais riņķis veidots  $57^{\circ}$  ģeogrāfiskajam platumam, bet to var lietot visā Latvijas teritorijā, jo ģeogrāfiskā platuma atšķirības ir nelielas. Riņķa malās atzīmētas stundas pēc vietējā laika. Lai sagatavotos darbam ar karti, jāpāriet uz vietējo laiku: ziemā no pulkšteņa laika atņemot aptuveni pusstundu, vasarā – pusotru. Piemēram, lai iegūtu vietējo laiku vasarā Rīgā no pulkšteņa laika jāatņem  $1^{\text{h}} 24^{\text{m}}$ .

10. Aprēķini vietējo laiku novērojumiem Pumpuros 20. novembrī plkst. 20.00, ja joslas un vietējā laika starpība ir 25 min.



Zvaigžņotās debess grozāmās kartes uzliekamais riņķis

11. Savieto izvēlēto datumu uz zvaigžņu kartes ar novērošanas laiku uz grozāmā riņķa tā, lai Z – D līnija ietu caur Polārzvaigzni! Grozāmā riņķa atvērums iekšpusē atrodas tie zvaigznāji, kuri redzami virs horizonta meklētajā laikā. Nosaki, kādus zvaigznājus var redzēt šovakar plkst. 21.00 pēc vietējā laika. Uzraksti vismaz 10 zvaigznājus!

12. Griežot uzliekamo riņķi pulksteņa rādītāja virzienā, ievēro zvaigznājus, kuri redzami visu laiku. Tos sauc par nenorietošiem zvaigznājiem. Uzraksti tos!

13. Saule gada laikā lēni pārvietojas pa ekliptiku starp zvaigznēm virzienā no A uz R (no labās puses uz kreiso pusi kartē). Zvaigznāju kustība gada laikā notiek pretēji Saules kustībai. Vislabāk redzami būs tie zvaigznāji, kas atrodas Saulei pretējā pusē. Zvaigznājs, kurā atrodas Saule nav redzams. Kāpēc?

14. Zvaigznāju redzamība ir atkarīga no gadalaika. Novērojot zvaigznes noteiktā diennakts stundā vairākus mēnešus pēc kārtas, var pamanīt, ka austrumu pusē parādās jauni zvaigznāji, bet rietumu pusē citi pazūd. Izpēti un uzraksti, kuri zvaigznāji vislabāk redzami dažādos gadalaikos!

Rudens zvaigznāji .....

Ziemas zvaigznāji .....

Pavasara zvaigznāji .....

Vasaras zvaigznāji .....

15. Izpēti un uzraksti, kurā gadalaikā vislabāk redzami Dvīņi, Vedēja, Vērša, Oriona, Lielā un Mazā suņa zvaigznāji!

16. Izpēti un uzraksti, kurā mēnesī un cikos Lauvas zvaigznājs redzams uz Z – D līnijas! .....

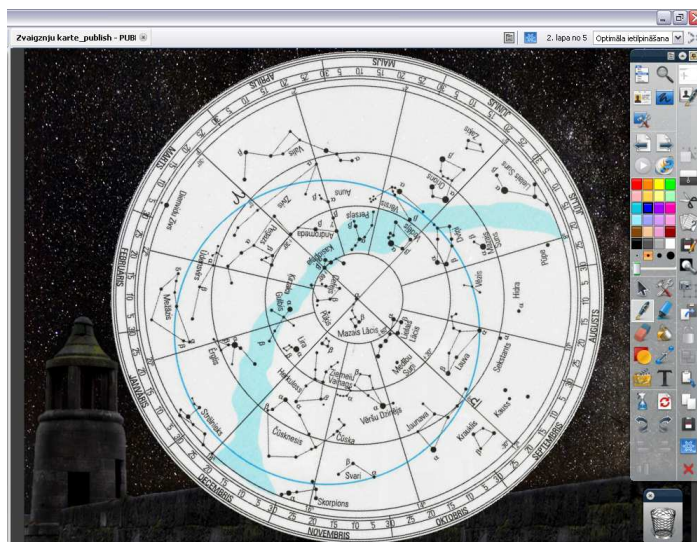
17. Izpēti, kurš zvaigznājs: Dvīņi vai Orions ilgāk redzams pie debess? Pamato atbildi! .....

18. Izpēti, vai Skorpiona zvaigznājs redzams pie debess mūsu platuma grādos! Pamato atbildi!

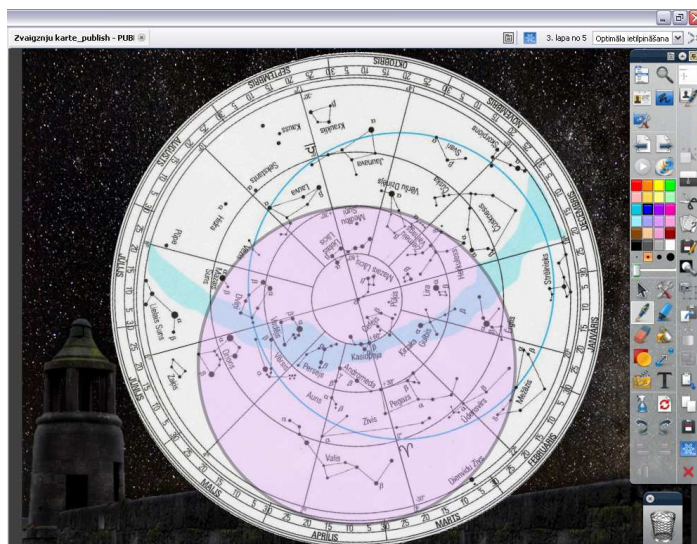


## 2. FLIPČĀRTS „ZVAIGŽNOTĀS DEBESS GROZĀMĀ KARTE” ACTIVINSPIRE VIDĒ

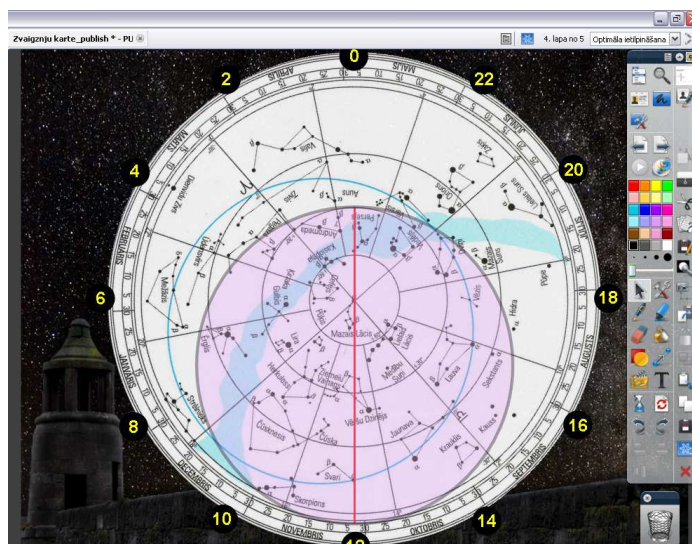
1. lapa. Zvaigžnotās debess grozāmās kartes pamatne.



2. lapa. Zvaigžnotās debess grozāmās kartes uzliekamais riņķis.



3. lapa. Zvaigžnotās debess grozāmā kartē.



### 3. GARUMA UN LAUKUMA MĒRĪŠANA

#### 1. Izpēti Liepājas Karostas kartes fragmentu!



Nosaki kartes mērogu! Cik metru dabā atbilst vienam centimetram uz kartes?

1 cm uz kartes atbilst ..... m dabā.

1. Izmantojot doto mērogu, nosaki attālumu dabā starp Turaidas un Studentu rotas ielām (divas paralēlās ielas)!
- .....
2. Nosaki attālumu dabā starp Karostas cietumu un Sv. Nikolaja pareizticīgo katedrāli!
- .....
3. Izvēlies īsāko ceļu, pa kuru Tu vari nokļūt no Karostas cietuma līdz Ziemeļu molam! Iezīmē kartē izvēlēto ceļu!
4. Aprēķini ceļa garumu dabā no Karostas cietuma līdz Ziemeļu molam!

.....

.....

.....

.....



5. Kādus mērījumus Tu veiksi, lai noteiktu Lāčplēša parka (atrodas starp Turaidas un Neatkarības rotas ielām) laukumu! Izsaki laukumu m<sup>2</sup>!

.....

.....

.....

6. Sadzīvē laukumu mērīšanai lieto ārus un hektārus. Pārveido Lāčplēša parka laukumu āros un hektāros!

.....

.....

7. Izsaki priekšlikumu, kā vēl var noteikt parka laukumu! Nosaki vēlreiz parka laukumu, izmantojot citu paņēmienu! Salīdzini iegūtos rezultātus! Nosaki, kura metode ir precīzāka!

.....

.....

.....

8. Izsaki priekšlikumus, kā Tu noteiktu neregulāru figūru vai objektu laukumu!

.....

.....

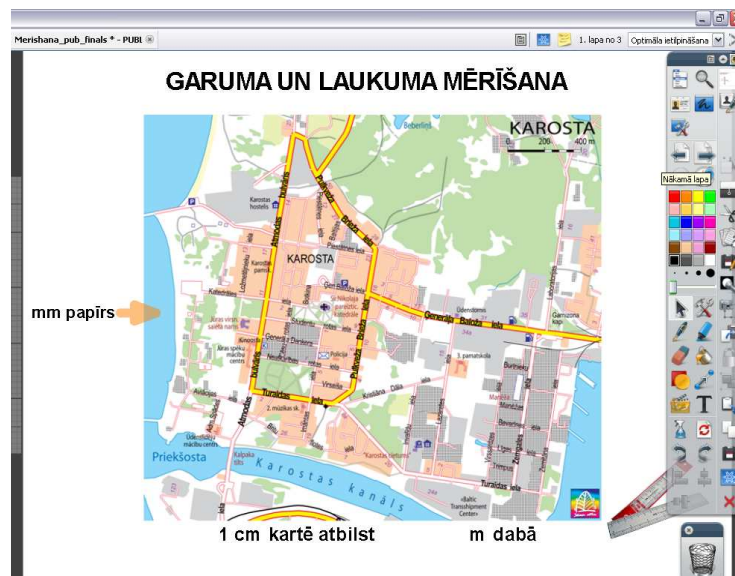
9. Nosaki Burtnieka ezera laukumu un salīdzini to ar internetā vai grāmatā doto!



**Mājas darbs.** Sastādi līdzīgu uzdevumu par regulāras vai neregulāras formas laukuma mērīšanu!

#### 4. FLIPČĀRTS „GARUMA UN LAUKUMA MĒRĪŠANA” ACTIVINSPIRE VIDĒ

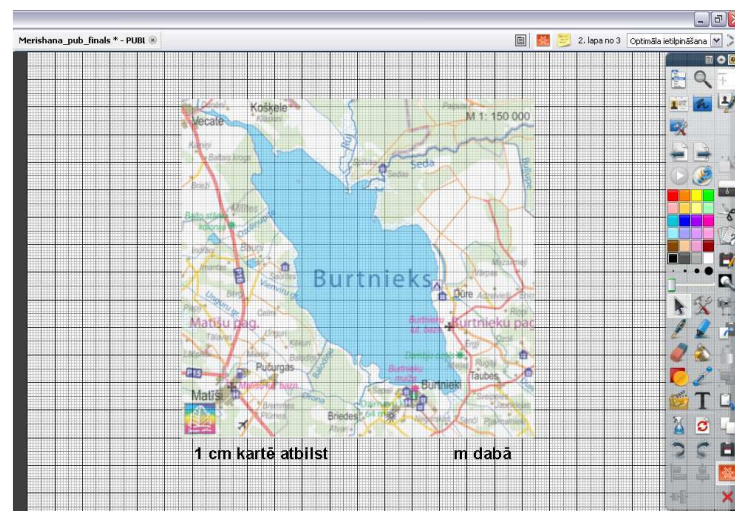
1. lapa. Liepājas Karostas karte.



2. lapa. Burtnieku ezera karte.



3. lapa. Burtnieku ezera karte ar milimetra režģa fonu.



## DEMONSTRĒJUMS AR DATU KAMERU „VAI GAISMAS DIODES SPĪD ŪDENĪ?”

Eksperimenta ideja adaptēta no GIREP –ICPE – MPTL konferences „Teaching and Learning Physics today: Challenges? Benefits?”, Reimsā, Francijā 2010 materiāliem. LED's in Water: Hands-on Electric Field Lines and Electric Potencial. L.Dvorak.

### Darba piederumi:

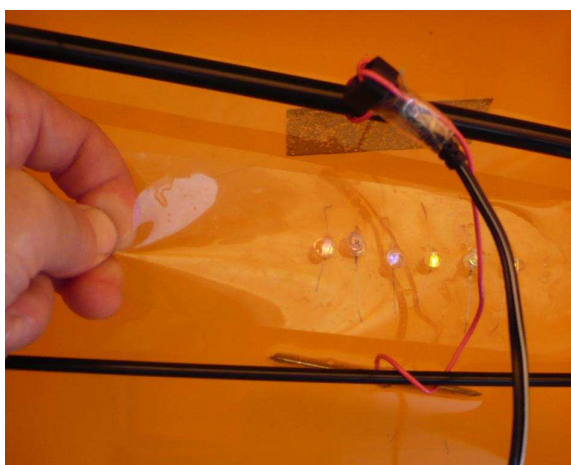
- Sprieguma avots (sprieguma pārveidotājs vai galvaniskie elementi) [9 V ... 35 V].
- Gaismas diodes (dažādas krāsas) [3 V, .... mA].
- Taisnstūrveida trauks ar ūdeni (vismaz 15 cm x 10 cm x 2 cm).
- Divas skārda plāksnītes vai cepamā folija elektrodu izveidošanai.
- Divi vadi.
- 4 ‘krokodilu’ spailes.
- Stienīši (var noderēt vadu nostiprināšanai virs ūdens trauka).
- Kodoskopa plēve.

### Darba gaita

1. Trauka galos nostiprina elektrodus: alumīnija foliju – vairākās kārtās vai elektrodu plāksnītes vertikāli attiecībā pret trauka dibenu.
2. Traukā ielej ūdeni tā, lai daļa no elektrodiem atrastos zem ūdens.

*Būtiski novērtēt attālumu starp elektrodiem. Lai to noteiktu jāņem vērā, cik liels būs elektrodiem pieslēgtais spriegums, cik liels ir diodei paredzētais spriegums un caurplūstošās strāvas stiprums, cik liels ir attālums starp diodes kājiņu galiem.*

3. Elektrodiem pieslēdz spriegumu. [piem., 3 V diode, kurai attālums starp diodes kājiņu galiem ir 3 cm, spriegums no sprieguma avota 12 V, attālums starp elektrodiem – 9 cm].
4. Traukā starp elektrodiem ievieto diodes tā, lai tās atrastos perpendikulāri elektrodu plāksnītēm (jāņem vērā strāvas virziens, kuru laiž cauri diode). Diodes var nostiprināt uz caurspīdīgās kodoskopa plēves un ievietot ūdenī.



*Atkarībā no konkrētās diodes raksturlielumiem pie viena un tā paša sprieguma atšķirīgas diodes spīdēs atšķirīgi – cita spožāk, cita vājāk.*

5. Demonstrējumi:
  - Ūdens vada elektrību.

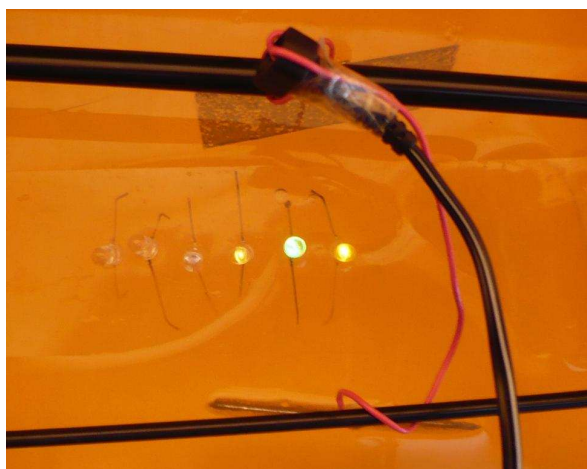
Var redzēt, ka diodes kājiņas nepieskaras elektrodiem, bet atrodas starp elektrodiem, kuriem pieslēgts spriegums diode spīd. Atvienojot vienu elektrodu no sprieguma, var novērot, ka diode vairs nespīd.

- Lai diode spīdētu, ir svarīgs strāvas plūšanas virziens.

Ja diodi ievieto ūdenī starp elektrodiem, pie kuriem ir pieslēgts spriegums, perpendikulāri attiecībā pret elektrodiem diode spīd. Ja diodi pagriež par 180 grādiem attiecībā pret elektrodiem tā nespīd.

- Elektriskais lauks ir lokalizēts telpā starp elektrodiem.

Ja diodi ievieto ūdenī starp elektrodiem, pie kuriem ir pieslēgts spriegums, perpendikulāri attiecībā pret elektrodiem diode spīd. Ja diodi pārvieto pa labi vai pa kreisi un novieto tā, lai diode vairs neatrodas starp elektrodiem, tad var redzēt, ka diode nespīd. Visuzskatāmāk izmantot vairākas diodes, kas nostiprinātas uz caurspīdīgas kodoskopa plēves, tad to var novietot tā, ka daļa no diodēm atrodas starp elektrodiem un spīd, bet daļa ārpus un nespīd.

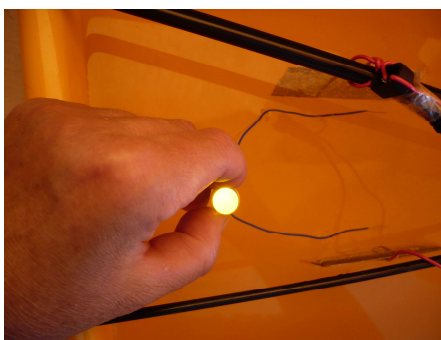


- Kā no potenciālu starpības atkarīga gaismas diodes spīdēšanas intensitāte?

Ja diodi ievieto ūdenī starp elektrodiem, pie kuriem ir pieslēgts spriegums, perpendikulāri attiecībā pret elektrodiem diode spīd. Ja diodi pagriež ap savu asi nedaudz slīpāk – piemēram par 10 grādiem, tad var novērot, ka diode sāk spīdēt vājāk. Pagriežot diodi vēl slīpāk, var redzēt, ka tā spīd vēl vājāk. Ja diodi pagriež par 90 grādiem attiecībā pret sākotnējo stāvokli – diode atrodas paralēli elektrodiem, potenciālu starpība ir nulle un diode nespīd.

#### Komentāri:

Ja izmanto diodi (12 V), kas izskatās kā kvēlspuldze, to ievietojot ūdenī, tā nedegs, jo rodas īssavienojums caur diodes ligzdu. Lai izvairītos no šādas situācijas, ūdenī var ievietot tikai pievadus atstājot diodi virs ūdens.



Mainot attālumus starp vadiņiem var demonstrēt arī visus iepriekš minētos demonstrējumus. Vienīgi efektīvāk demonstrējums izskatās, ja visa diode atrodas zem ūdens.

## PATEICĪBAS

Vislielāko pateicību esmu parādā mana darba zinātniskajam vadītājam asociētajam profesoram Andrim Muižniekam par viņa veltīto laiku un pacietību.

Pētījums ir veikts Valsts izglītības satura centra (VISC) realizēto ESF projektu „Mācību satura izstrāde un skolotāju tālākizglītība dabaszinātņu un matemātikas priekšmetos” (2005 – 2008) un „Dabaszinātnes un matemātika” (2008 – 2011) ietvaros. Par sadarbību un atbalstu projekta laikā es vēlos pateikties visiem projekta kolēģiem, bet it īpaši – A. Bruņenieci, *Dr. chem.* J. Loginam, *Dr. paed.* D. Namsonei, A. Brangulei, I. Cinītei, A. Nikolajenko, I. Mucenieci, J. Purmalim, P. Paulinam.

Promocijas darba izstrādes laikā es saņēmu finansiālu atbalstu no Eiropas Sociālā fonda projekta „Atbalsts doktora studijām Latvijas Universitātē”.