



Valsts izglītības attīstības aģentūra

MONITORINGA DARBS

FIZIKA

2024./2025. m. g.

ANALĪZE UN METODISKIE IETEIKUMI

Mg. phys. Ata Krūmiņa

Mg. phys. Mārīte Lisova

2026

Saturs

Ievads.....	3
1. Monitoringa darba raksturojums	4
2. Monitoringa darba rezultātu analīze	7
2.1. Pārskats par monitoringa darba fizikā rezultātiem kopumā.....	7
2.2. Monitoringa darba fizikā statistiskā analīze	9
2.3. Pārskats par skolēnu sniegumu atbilstoši SR veidiem.....	11
2.3.1. SR veids: zināšanas un izpratne, vienkāršas prasmes.....	11
2.3.2. SR veids: prasmes.....	12
2.4. Pārskats par skolēnu sniegumu atbilstoši satura moduļiem.....	13
3. Skolēnu sniegums konkrētu testelementu izpildē un tā analīze.....	15
3.1. Satura modulis: MEHĀNIKA	15
3.2. Satura modulis: SILTUMFIZIKA	23
3.3. Satura modulis: ELEKTROMAGNĒTISMS	28
3.4. Satura modulis: OPTIKA	35
3.5. Satura modulis: MODERNĀ FIZIKA.....	38
3.6. Satura modulis: PĒTNIECISKĀ UN EKSPERIMENTĀLĀ DARBĪBA	41
Ieteikumi skolēniem un skolotājiem – kopsavilkums.....	46
Secinājumi	48
Izmantotie avoti	49
1. PIELIKUMS Pamatzināšanas un prasmes, kuras būtiski apgūt un pilnveidot veiksmīgai fizikas izpratnei	50
2. PIELIKUMS Skolēnu tipiskās kļūdas un maldīgie priekšstati fizikā, kuri jācenšas izskaust, gatavojoties CE	56
3. PIELIKUMS Eksāmena darba pildīšanas stratēģija – atgādnē	58

Ievads

2025. gada aprīlī jau otro gadu Latvijas skolēni varēja piedalīties monitoringa darbā optimālajā satura apguves līmenī kādā no dabaszinātņu priekšmetiem – fizikā [1], bioloģijā vai ķīmijā. Vispārīgajā satura apguves līmenī skolēniem bija iespēja kārtot monitoringa darbu dabaszinībās.

Monitoringa darba fizikā (turpmāk – monitoringa darbs vai MD) mērķis ir novērtēt izglītojamo sniegumu atbilstoši vidējās izglītības standartam [2] un standarta 5. pielikumam “Plānotie izglītojamo sasniegtie rezultāti dabaszinātņu mācību jomā” optimālajā satura apguves līmenī, izvērtējot, cik lielā mērā plānotie sasniegtie rezultāti (turpmāk – SR) ir apgūti.

Monitoringa darbu šos divus gadus organizēja kā izmēģinājumu optimālā līmeņa centralizētajam eksāmenam (turpmāk – CE) fizikā. 2026. gadā šāds CE fizikā optimālajā satura apguves līmenī paredzēts 20. maijā – vienlaikus ar CE fizikā augstākajā līmenī. Abiem šiem eksāmeņiem piekļuves nosacījumi nav noteikti.

Plānots, ka CE fizikā optimālajā satura apguves līmenī struktūra (divas daļas, testelementu skaits un struktūra, atbilstība kategorijām: SR veids un grupa, satura moduļi un izziņas darbības līmeņi) būs tāda pati kā 2025. gada MD.

MD aptver lielāko daļu kursa Fizika I satura. Optimālā līmeņa valsts pārbaudes darba programma un indikatori ir precizēti [3], un tie būtiski atšķiras no augstākā līmeņa CE programmas un indikatoriem, uzsverot pašas nozīmīgākās zināšanas un prasmes.

Monitoringa darba adresāts – izglītojamie, kuri apguvuši dabaszinātņu jomas SR optimālajā satura apguves līmenī, īpaši tie, kuri neplānoja apgūt fiziku augstākajā izziņas līmenī. 2025. gadā MD norisinājās aprīlī, un daļa 12. klases skolēnu to izmantoja kā iespēju izmēģināt spēkus pirms CE kārtošanas.

Valsts pārbaudes darbs optimālajā līmenī sniedz informāciju par jauniešu gatavību turpmākajai izglītībai un darbam, īpaši jomās, kur nepieciešamas dabaszinātņu pamatzināšanas – inženierzinātnēs, informācijas tehnoloģijās, medicīnā, enerģētikā un citās STEM nozarēs.

Nepietiekama dabaszinātņu pamatu apguve samazina jauniešu iespējas sekmīgi studēt ar STEM saistītās programmās – MD dod iespēju objektīvi izvērtēt mācību procesa stiprās un vājās puses un sekmē tā pilnveidi.

Šis valsts pārbaudes darbs, kā arī gaidāmais CE fizikā optimālajā satura apguves līmenī aktualizē dabaszinātņu nozīmi un veicina skolēnu interesi par saistītajām profesijām, motivē skolēnus apsvērt karjeru ar dabaszinātnēm saistītās nozarēs, mazinot augsti kvalificēta darbaspēka nepietiekamību Latvijā. STEM jomas speciālisti ir kritiski svarīgi valsts ilgtspējīgai attīstībai.

2025. gada MD fizikā kārtoja 2266 skolēni, kuri apguvuši kursu Fizika I. Darbam bija viens variants, un tam bija divas daļas: 1. daļa (≈36 %) veicama tiešsaistē, 2. daļa (≈64 %) – rakstveidā. Darbus vērtēja centralizēti atbilstoši standartizētiem kritērijiem. Katra skolēna darbu vērtēja vismaz divi fizikas skolotāji. Rezultātus izteica procentos, tie neietekmēja skolēnu gala vērtējumu fizikā.

Šī metodiskā materiāla adresāts ir skolēni, kas apgūst fiziku optimālajā vai augstākajā līmenī, un viņu skolotāji.

Metodiskā materiāla mērķi:

- 1) aprakstīt MD saturu, precizējot, ko un kādā izziņas darbības līmenī tas mēra, un salīdzināt MD ar CE;
- 2) kvantitatīvi analizēt iegūtos datus un izvērtēt MD atbilstību tam izvirzītajam mērķim;
- 3) analizēt skolēnu sniegumu MD kopumā un atsevišķos testelementos, aplūkojot uzdevumu saturu, grūtības pakāpi, nepieciešamo domāšanas dziļumu un risināšanas pieejas;
- 4) piedāvāt ieteikumus skolēniem un skolotājiem, kā sagatavoties centralizētajam eksāmenam fizikā optimālajā satura apguves līmenī, lai katrs skolēns parādītu savu labāko sniegumu.

1. Monitoringa darba raksturojums

Monitoringa darbā aptverts praktiski viss kursa Fizika I saturs. Atbilstoši vispārējās vidējās izglītības standartam [2] un tā 5. pielikumam “Plānotie izglītojamo sasniegtie rezultāti dabaszinātņu mācību jomā” izveidota optimālā līmeņa valsts pārbaudes darba programma [3] un indikatori. Indikatorios atbilstoši MD mērķiem izceltas būtiskākās zināšanas un prasmes. Testelementi izveidoti atbilstoši indikatoriem.

Katru testelementu atbilstoši MD programmai var raksturot trijās kategorijās:

- 1) SR veids un grupa;
- 2) satura modulis;
- 3) izziņas darbības līmenis.

Izglītības standartā noteiktie SR klasificēti pēc to veida – zināšanas un izpratne, kā arī prasmes skaidrot un pamatot, argumentēt, modelēt, analītiski spriest, reprezentēt informāciju, plānot pētījumu un informācijpratība.

Monitoringa darba dabaszinātniskais saturs aptver sešus satura modulus: mehānika, siltumfizika, elektromagnētisms, optika, modernā fizika, kā arī eksperimentālā un pētnieciskā darbība.

Izziņas darbības līmeņa noteikšanai MD izmantota *SOLO* jeb novēroto mācīšanās rezultātu taksonomija. Šajā monitoringa darbā četri *SOLO* līmeņi atbilst aprakstam:

- I – atceras, lieto faktus, īsas procedūras vai atsevišķas idejas;
- II – veic tipiskus algoritmus, lieto formulas, paņēmienus vai prasmes pazīstamās situācijās;
- III – saista, skaidro, lieto zināšanas vai prasmes jaunās situācijās, demonstrējot patiesu izpratni;
- IV – veido un pierāda vispārinājumus, lieto zināšanas un prasmes situācijās ar augstu kompleksuma pakāpi.

Monitoringa darbs veidots saskaņā ar MK noteikumiem Nr. 416 [2] un to 10. pielikumu [4], atbilstoši tiem iekļaujot darbā uzdevumus, kuri ļauj demonstrēt dažādus snieguma līmeņus (sācis apgūt, turpina apgūt, apguvis, apguvis padziļināti).

Darbu veicot, MD laikā atļauts izmantot atbalstu – datu bukletu [5]. Datu bukletā atrodamas praktiski visas nepieciešamās fizikas formulas, kuras sakārtotas atbilstoši satura moduļiem, kopā ar izmantoto apzīmējumu sarakstu, kā arī matemātikas formulu lapa. Atļauts izmantot arī zinātnisko kalkulatoru.

Monitoringa darbs veidots divās daļās.

1. daļa (40 minūtes) – “Zināšanas un izpratne”: 24 testelementi – atbilžu izvēles uzdevumi, kuri pārbauda skolēnu zināšanas un izpratni. Uzdevumu secība atbilst satura moduļu apguves secībai saskaņā ar Fizika I programmu (mehānika, siltumfizika, elektromagnētisms, optika, kvantu fizika, pētnieciskā un eksperimentālā darbība). Šo darba daļu skolēni veica tiešsaistē Valsts pārbaudījumu informācijas sistēmā (VPS).

2. daļa (95 minūtes) – “Prasmes”: 7 uzdevumi, sadalīti atsevišķos testelementos, kuri pārbauda skolēnu zināšanas, izpratni un prasmes. Pirmajā uzdevumā ir ar vienu vārdu vai skaitli atbildami 10 testelementi, kuros faktiski pārbauda skolēnu zināšanas un izpratni, pārējos 6 uzdevumos (13 testelementos) pārbauda skolēnu prasmes – vienā uzdevumā (piecos testelementos) jāsniedz īsas atbildes ar risinājumu vai skaidrojumu, savukārt pārējos uzdevumos skolēniem jāsniedz izvēstas atbildes.

MD 2. daļas atsevišķie testelementi bija savstarpēji nesaistīti, izņemot MD pēdējo, 7. uzdevumu – tas bija strukturēts uzdevums par pētījuma plānošanu, kuru veidoja 4 testelementi. Darba 2. daļu skolēni veica rakstiski darba burtņīcā. Jāatzīmē, ka, veicot 1. daļu tiešsaistē, nebija iespējams “ietaupīto” laiku izmantot 2. daļas uzdevumu risināšanai, savukārt testelementu skaits MD 2. daļā bija par diviem trīspunktu uzdevumiem mazāks nekā 2024. gada MD.

Testelementu reālais sadalījums monitoringa darbā atbilstoši trim nosauktajām kategorijām attēlots 1. tabulā.

Redzams, ka testelementu sadalījums pa SR veidiem darbā atšķiras no MD programmā paredzētā. Visi desmit 2. daļas 1. uzdevuma testelementi, līdzīgi kā 2024. gada MD, vairāk atbilst SR veidam “Zināšanas un izpratne”, nevis “Prasmes”, lai gan, šos uzdevumus risinot, vajadzīgas arī vienkāršas prasmes. Modelēšanas un

informācijpratības prasmes formāli pārstāvētas tikai ar vienu testelementu katrā, tomēr šīs prasmes nepieciešamas arī citu uzdevumu risināšanā.

Testelementu sadalījums pa satura moduļiem praktiski atbilst programmā norādītajam. Optikas testelementu skaits ir salīdzinoši neliels, savukārt pētniecības uzdevums izveidots optikā.

Saskaņā ar MD autoru sniegto uzdevumu raksturojumu, I un IV *SOLO* līmeņa testelementu skaits praktiski atbilst programmā norādītajam, savukārt II līmeņa testelementu ir būtiski vairāk, bet III līmeņa testelementu – mazāk. Tomēr kopumā darbs atbilst šī valsts pārbaudes darba pamatmērķim – novērtēt skolēnu spēju lietot vienkāršas prasmes, izmantojot pamatzināšanas. Līdzīga situācija bija vērojama jau 2024. gada MD fizikā, lai gan šogad salīdzinoši vairāk ir II līmeņa uzdevumu, samazinoties I līmeņa uzdevumu skaitam – tārad mazāk tiek pārbaudītas “tīras” zināšanas, liekot uzsvāru uz to lietojumu standartsituācijās.

Salīdzinot MD ar fizikas CE augstākajā saturā izzīņas līmenī [6], redzams, ka MD ir daudz lielāks uzsvārs uz pamatzināšanu pārbaudi un būtisku fizikas saturā jautājumu izpratni – 2025. gada MD tas ir jau 51 % no darbā iegūstamā kopējā punktu skaitā, savukārt CE SR grupai “Zināšanas un izpratne” atbilst tikai 25 %.

CE vairāk pārbauda dziļākas zināšanas un skolēnu prasmes augstākos izzīņas darbības līmeņos: CE iekļāuta arī SR grupa “Risina kompleksu problēmu, veidojot zināšanu pārnēsāšanu, demonstrējot izpratni par saturā elementiem jaunā situācijā”. Tas nozīmē, ka CE piedāvāts uzdevums par reālu pētījumu un tajā iegūto datu apstrādi un analīzi, bet monitoringa darbā prasītais nesniedzas tālāk par vienkāršu, iespējams, skolā jau veikta pētījuma plānošanu.

1. tabula. Testelementu sadalījums atbilstoši kategorijām “sasiedzamo rezultātu veids un grupa”, “satura modulis” un “izziņas darbības līmenis”.

	Izziņas darbības līmenis	Zina un lieto Zina un lieto dabaszinātnēm raksturīgus faktus, jēdzienus, terminus, sakarības, simbolus un apzīmējumus.	Izpratne Saprot parādības vai procesa būtību, saturu, nozīmi un likumsakarības.	Skaidro un pamato Atpazīst, piedāvā un izvērtē skaidrojumus noteiktām dabas parādībām un procesiem, kā arī dabaszinātniskiem jēdzieniem.	Argumentē Veido un izvērtē zinātniskus argumentus un pretargumentus, izmantojot pierādījumus.	Modelē Nosaka lielumu savstarpējo saistību, veidojot un izmantojot daudzveidīgus modeļus, izvērtē modeļa zinātniskumu, atbilstību pieejamajiem pierādījumiem, priekšrocības un trūkumus.	Analītiski spriež Klasificē dabaszinātniskus objektus, saskata dabaszinātniskas sakarības, vispārina (analizē, sintezē, izvērtē) un veic aprēķinus. Saskata līdzīgo un atšķirīgo dažādām likumsakarībām un parādībām.	Reprezentē informāciju Lieto zinātnisko un simbolu valodu, vizualizāciju (attēlus, shēmas, grafikus, diagrammas, zīmējumus) dabaszinātnisko procesu un eksperimentu skaidrošanai.	Informācij-pratība Atlasa, analizē, interpretē un izvērtē doto vārdisko un vizuālo informāciju, tostarp dotos eksperimentālos datus.	Plāno pētījumu Plāno pētījumu datu ieguvei dažādu dabaszinātnisku jautājumu izpētei, izvēloties metodi precīzu un ticamu datu iegūšanai, nepieciešamo datu apjomu pieņemuma pamatošanai un paredzot vajadzīgos rīkus un lietotnes datu iegūšanai, reģistrēšanai un apstrādei; plāno eksperimenta darba gaitu.
Mehānika	I	T01, T06, 1.2.								
	II	T02, T03	T04, T05, T24, 1.1., 1.3.				2.5.	2.1., 3.		
	III						4.			
	IV									
Siltumfizika	I	T07	1.5.							
	II	T08, T09, T10, T11, 1.4.		2.2.						
	III			5.						
	IV									
Elektro-magnētisms	I	1.7.								
	II	T12, T13, T14, T15, T16, 1.6.								
	III					2.4.				
	IV				6.					
Optika	I	T17, T19, 1.8.,								
	II	1.9.	T18							
	III									
	IV									
Modernā fizika	I	T21								
	II	T20, 1.10.								
	III									
	IV									
Pētnieciskā un eksp. darbība	I	T23							2.3.	
	II	T22								7.1., 7.4.
	III									7.3.
	IV									7.2.

2. Monitoringa darba rezultātu analīze

2.1. Pārskats par monitoringa darba fizikā rezultātiem kopumā

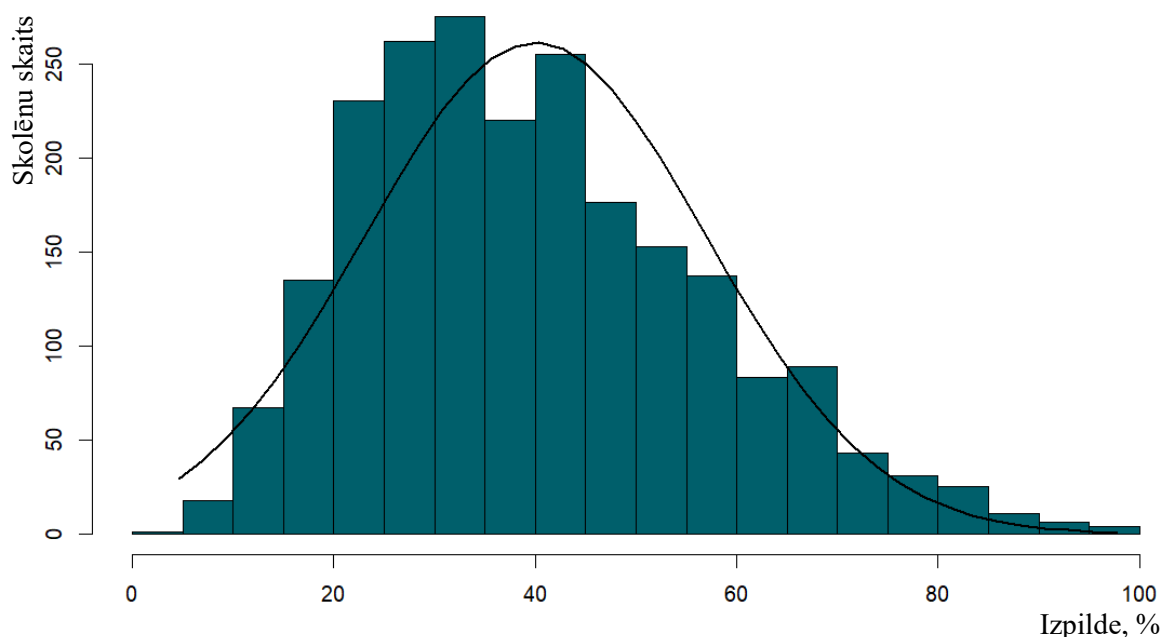
Monitoringa darbu fizikā kārtoja 2266 skolēni.

MD mērķa sasniegšanai vislabāk atbilstu kritērijos balstīts pārbaudes darbs, kura rezultāti veido normālsadalījumu ar maksimumu ap 50 %. Šāds darbs ļautu novērtēt skolēnu zināšanu līmeni un/vai konkrētas prasmes, kas noteiktas izglītības standartā vai mācību priekšmeta programmā.

Normālsadalījums ar maksimumu ap 50 % nozīmē labu jautājumu grūtības sadalījumu – pārbaudes darbā ir gan viegli, gan grūtāki jautājumi un rezultāti ļauj skaidri diferencēt skolēnus pēc viņu zināšanu un prasmju līmeņa. Šādā darbā ir pietiekami daudz vidēji grūtu uzdevumu un rezultātu sadalījums ļauj ieraudzīt gan ļoti zinošus, gan mazāk pārliecinošus skolēnus. Šāds darbs ir piemērots uzticamai zināšanu un prasmju pārbaudei atbilstoši konkrētajiem kritērijiem.

Vidējais rezultāts ap 50 % var liecināt arī par to, ka darbā iekļauti uzdevumi, kuros par dažādu līmeņu zināšanām un prasmēm piešķirts samērīgs punktu skaits, ļaujot noteikt, cik tuvu vai tālu skolēni ir no vēlamā zināšanu un/vai prasmju līmeņa. Šāds darbs ir pietiekami izaicinošs, tomēr izdarāms. Turpmākos izglītības posmos tas var veicināt mērķtiecīgu mācīšanos, jo rezultāti sniedz konstruktīvu atgriezenisko saiti un ļauj identificēt gan stiprās puses, gan pilnveides iespējas.

Monitoringa darba rezultātu statistiskā analīze (1. attēlā) liecina, ka 2025. gada MD fizikā skolēnu rezultātu sadalījums ir tuvs normālsadalījumam.



1. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. Kopvērtējums procentos

Lielākā daļa skolēnu sasnieguši rezultātus intervālā ap 35–45 %, un rezultātu aritmētiskais vidējais ir 39,4 %. Šāds vidējais rezultāts atbilst grūtības pakāpei $\approx 0,40$, kas norāda, ka darbs kopumā bijis mazliet par grūtu, tomēr piemērots to skolēnu kopas zināšanu izvērtēšanai, kuri to kārtoja. Tiek uzskatīts, ka grūtības pakāpes vērtības ap 0,40 parasti liecina par vidēji grūtu pārbaudes darbu. Salīdzinājumā ar 2024. gada MD vidējais rezultāts šajā darbā ir nedaudz zemāks – 2024. gadā vidējais rezultāts bija 42 %.

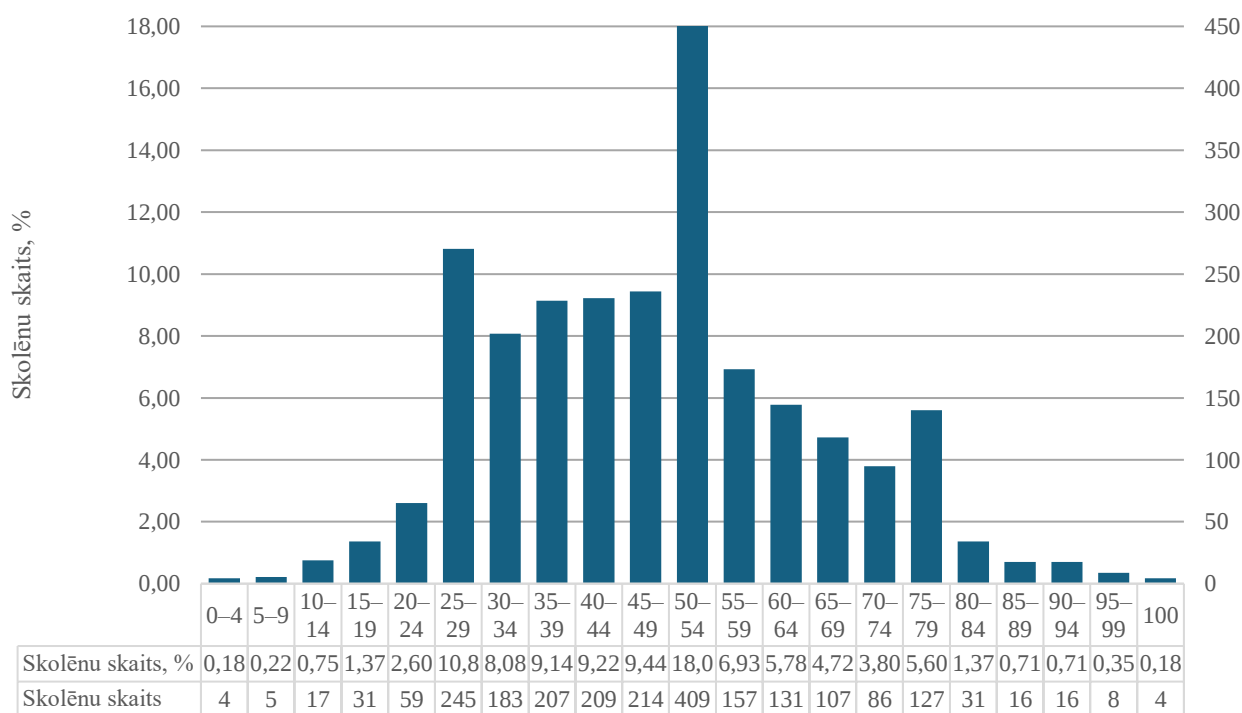
Vienlaikus sadalījuma forma rāda, ka darbā iekļautie uzdevumi ļauj ticami diferencēt skolēnus visā snieguma diapazonā – gan ar augstiem, gan zemiem rezultātiem. Līdz ar to pārbaudes darbs sniedz pietiekami informatīvu un uzticamu pamatu skolēnu zināšanu un prasmju līmeņa noteikšanai atbilstoši izvirzītajiem kritērijiem.

Zemāko rezultātu monitoringa darbā – 4 % izpildi – parādījis viens skolēns, augstāko rezultātu – 98 % izpildi – arī tikai viens skolēns. 221 skolēns darbā nav saņēmis 20 % no maksimāli iespējamiem punktiem. Tas nozīmē, ka gadījumā, ja monitoringa darbs būtu CE, šie skolēni (aptuveni 10 %) nebūtu to nokārtojuši.

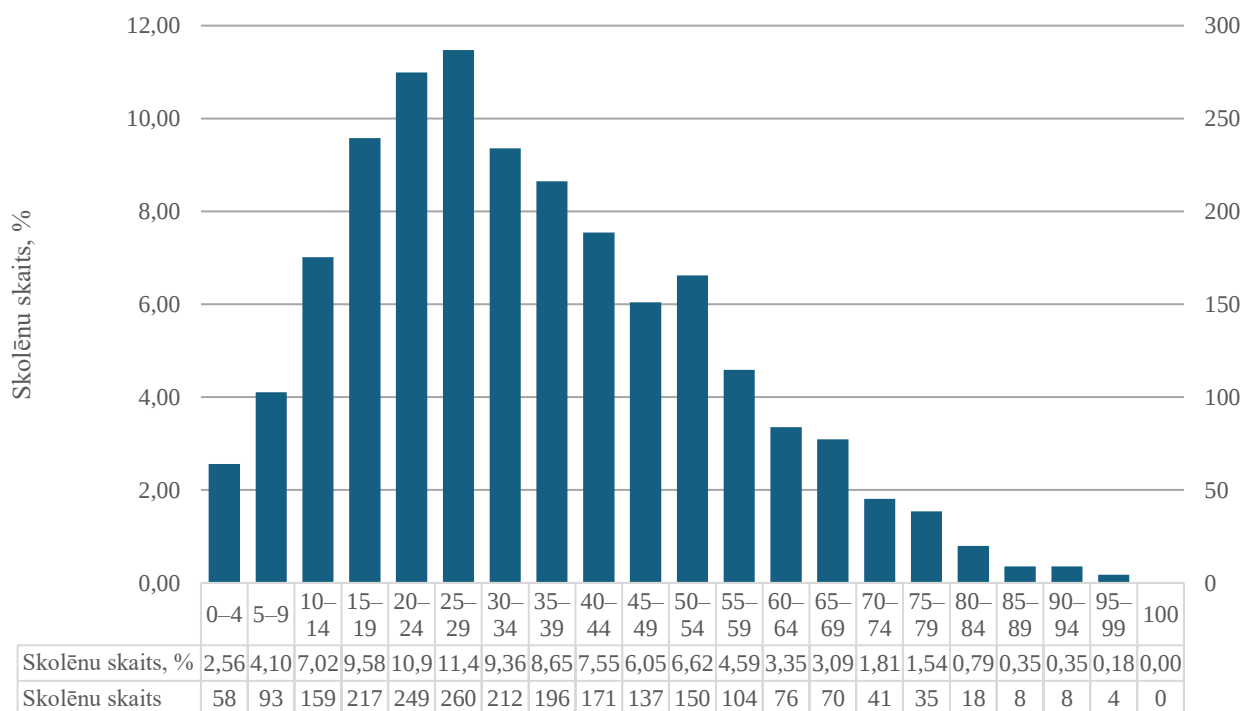
Centralizētajā eksāmenā augstākajā satura apguves līmenī rezultāti ir augstāki: 2025. gada fizikas CE, kuru kārtoja 860 skolēnu, vidējā izpilde bija 45,6 %. 39 skolēni (ap 4,5 %) nerasniedza 20 % robežu no maksimāli iegūstamo punktu skaita. Sliktāko rezultātu – mazāk nekā 5 % – uzrādījis viens skolēns, un viens skolēns ieguvis rezultātu, kas pārsniedz 95 %. Tāpat kā monitoringa darbā, arī CE rezultāti salīdzinājumā ar 2024. gadu ir nedaudz zemāki (2024. gada CE vidējā izpilde bija 48,4 %).

Monitoringa darbu zemākie rezultāti salīdzinājumā ar CE varētu būt ļoti vienkārši izskaidrojami – MD nebija noteikta 20 % robeža, kura jāsasniedz, lai darbs būtu nokārtots. Līdz ar to ne visi skolēni uzskatīja par vajadzīgu demonstrēt savu labāko sniegumu.

Skolēnu iegūto punktu sadalījums MD 1. daļā parādīts 2. attēlā un MD 2. daļā – 3. attēlā.



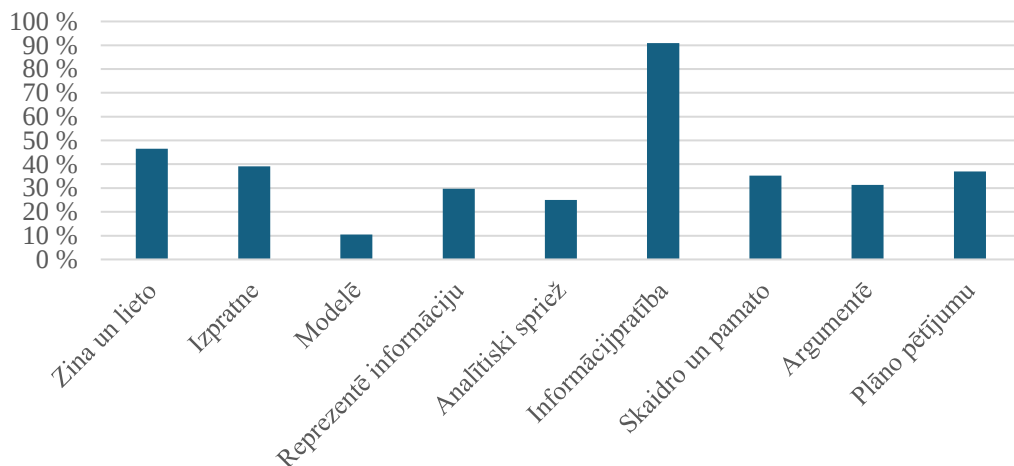
2. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. 1. daļas vērtējums



3. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. 2. daļas vērtējums

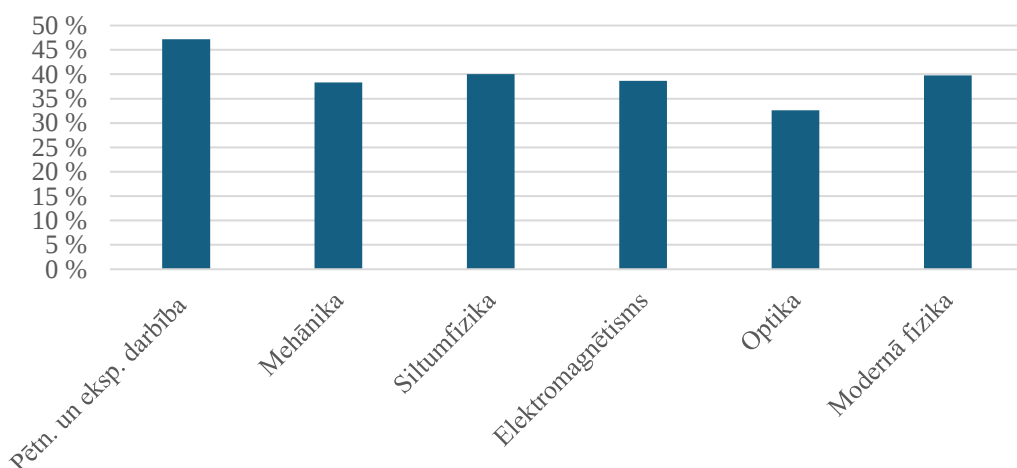
Līdzīgi kā gadu iepriekš valsts ģimnāziju skolēnu rezultāti (46,01 %) ir augstāki nekā vidusskolu (36,64 %) un tālmācības vidusskolu (27,91 %) skolēnu rezultāti. Tiesa, tālmācības vidusskolās darba rakstītāju bija nedaudz. Pilsētu skolu skolēnu rezultāti ($\approx 40\%$) ir augstāki nekā lauku skolu skolēnu rezultāti ($\approx 33\%$) [7].

Analizējot skolēnu sniegumu monitoringa darbā atbilstoši SR grupām (4. attēls), var secināt, ka augstākie rezultāti ir SR grupās “Informācijpratība” un “Zina un lieto”, bet zemākie – “Modelē” un “Analītiski spriež”. Plašāks pārskats par skolēnu sniegumu atbilstoši SR veidiem un grupām sniegts 2.3. nodaļā.



4. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. Izpilde atbilstoši SR grupai

Analizējot skolēnu sniegumu monitoringa darbā atbilstoši satura moduļiem (5. attēls), var secināt, ka visaugstākie rezultāti ir satura moduļos “Pētnieciskā un eksperimentālā darbība”, “Modernā fizika” un “Siltumfizika”, bet nedaudz zemāki – satura modulī “Optika”. Tomēr redzams, ka satura moduļos “Mehānika”, “Siltumfizika” un “Elektromagnētisms”, kuri atbilstoši programmai MD pārstāvēti visvairāk, sniegums ir ļoti līdzīgs. Pārskats par skolēnu sniegumu atbilstoši satura moduļiem sniegts 2.4. nodaļā.



5. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. Izpilde atbilstoši satura moduļiem

2.2. Monitoringa darba fizikā statistiskā analīze

2025. gada monitoringa darbiem dabaszinātnēs, arī fizikā, tika veikta padziļināta statistiskā analīze. Apkopoti dati no fizikas MD pirmās (zināšanu un izpratnes) un otrās (prasmju) daļas. Galvenie datu apstrādes un analīzes soļi bija šādi:

- aprēķināti aprakstošie rādītāji (vidējais, mediāna, moda, standartnovirze);
- noteikti pantu grūtības un diskriminācijas indeksi (atbilstoši klasiskajai testu teorijai *CTT*);
- novērtēta skalas ticamība, starpuizdevumu korelācija, veikta faktoru analīze;
- veikta pantu reakcijas teorijas (*IRT*) analīze, pantu kalibrācija (testelementu grūtība un izšķirtspēja *logit* skalā).

Šādu analīzi izmanto testelementu (*item*) un testu analīzē izglītības un psiholoģijas jomā, lai novērtētu jautājumu kvalitāti un testu efektivitāti, kā arī respondentu sniegumu.

Lai šajā metodiskajā materiālā raksturotu darbā iekļautos uzdevumus un skolēnu sniegumu, divi galvenie rādītāji, kurus analizē, ir grūtības pakāpe un izšķirtspēja [8].

Grūtības pakāpe (*Difficulty*)

Grūtības pakāpe parāda, cik viegls vai grūts respondentiem (šajā gadījumā – skolēniem, kuri pilda monitoringa darbu) ir konkrētais jautājums. Grūtības pakāpi aprēķina kā skolēnu daļu, kuri uz jautājumu atbildējuši pareizi. To izsaka procentos vai vērtībās no 0 līdz 1.

Tas, ka grūtības pakāpe ir tuvu vērtībai 0, norāda, ka maz respondentu ir atbildējuši pareizi un jautājums ir ļoti grūts. Ja grūtības pakāpe ir tuvu vērtībai 1, tas norāda, ka gandrīz visi atbildējuši pareizi un jautājums ir ļoti viegls. Jautājumu vēlamā grūtības pakāpe ir vērtību diapazonā 0,3–0,7, tomēr ir pieļaujami arī izņēmumi, ja mērķis ir pārbaudīt tieši kādas konkrētas zināšanas vai prasmes.

Izšķirtspēja (*Discrimination*)

Izšķirtspēja parāda, cik labi konkrētais testelements tos respondentus, kuri kopumā visā darbā ir sasnieguši augstu rezultātu, atšķir no tiem, kas darbu veikuši sliktāk. Izšķirtspēja raksturo testelementa spēju atšķirt zinošos/prasmīgos respondentus no mazāk zinošajiem/prasmīgajiem.

Sadalījumu zinošos/prasmīgos un mazāk zinošos/prasmīgos respondentos izveido, pamatojoties uz kopējo darbā iegūto rezultātu. Darba rezultātus sakārto augošā vai dilstošā secībā. Pēc tam respondentus sadala trijās grupās: augsto rezultātu grupā, kas veido apmēram 27 % no visiem respondentiem, un zemo rezultātu grupā, kas veido apmēram 27 % no visiem respondentiem. Atlikušos respondentus – vidēju rezultātu sasniegušo grupu – aprēķinā neiekļauj. Pēc tam noskaidro, cik liela daļa no katras grupas uz konkrēto jautājumu ir atbildējuši pareizi. Ja augsto rezultātu grupā iekļautie pareizi atbildējuši daudz biežāk nekā zemo rezultātu grupā iekļautie, tad konkrētajam testelementam ir laba izšķirtspēja.

Diskriminācijas indeksu D aprēķina kā starpību starp to respondentu daļu, kuri augsto rezultātu grupā atbildējuši pareizi, un to respondentu daļu, kuri zemo rezultātu grupā atbildējuši pareizi:

$$D = \frac{C_u}{N_u} - \frac{C_l}{N_l}, \text{ kur}$$

- C_u ir pareizo atbilžu skaits augsto rezultātu grupā;
- N_u ir respondentu skaits augsto rezultātu grupā;
- C_l ir pareizo atbilžu skaits zemo rezultātu grupā;
- N_l ir respondentu skaits zemo rezultātu grupā.

Diskriminācijas indeksa iespējamās vērtības ir diapazonā no -1 līdz $+1$. Pozitīva D vērtība $0,2 \geq D \geq 0,4$ liecina par labu izšķirtspēju. Testelementi, kuros $D \geq 0,4$, ir ar ļoti labu izšķirtspēju, jo praksē parasti nav daudz testelementu ar $D > 0,4$.

Pozitīva D vērtība tuvu vērtībai 0 ($0-0,2$) norāda, ka testelements skolēnu dažādo zināšanu līmeni neatšķir labi. Šāda izšķirtspēja var norādīt arī uz to, ka uzdevumam ir vairākas pareizas atbildes vai notikusi atbilžu minēšana. Izšķirtspēja ir tuvu nullei arī tad, ja uzdevums ir ļoti viegls vai ļoti grūts.

Negatīva vērtība varētu liecināt, ka testelements ir nekvalitatīvs, neskaidri formulēts, pārprotams. Negatīva izšķirtspēja, kas tuva vērtībai -1 , var liecināt arī par to, ka testa atslēgā ievadīta nepareiza atbilde [9].

Vairākpunktu uzdevumos šī formula nav izmantojama un izšķirtspēju nosaka, izmantojot punktu–kopvērtējuma korelāciju vai augstā un zemā snieguma grupu vidējo punktu atšķirību, izsakot pret maksimālo punktu skaitu [10].

Labi izstrādātam testelementam, lai tas būtu derīgs testa mērķa sasniegšanai, jābūt vidējai grūtības pakāpei un labai izšķirtspējai.

Monitoringa darba rezultāti 1. un 2. daļai analizēti atsevišķi. Aprēķināta katra uzdevuma un katra atsevišķa testelementa izpilde (6.–10. attēls). Izpilde parāda, cik procentu no maksimālā punktu skaita konkrētā testelementā skolēni ir ieguvuši.

Līdzīgi kā pagājušajā gadā, arī šajā metodiskajā materiālā par viegliem uzskatīsim uzdevumus, ja to grūtības pakāpe ir 0,85–1,00 (vairākpunktu testelementos izpilde ir 85–100 %), bet par grūtiem – tādos testelementus, kuru grūtības pakāpe ir 0,00–0,25 (vairākpunktu testelementos izpilde ir 0–25 %).

Secinājumi no MD statistiskās analīzes

Statistiskā analīze apliecina, ka pārbaudes darbs efektīvi aptver visus nozīmīgos fizikas kompetences aspektus – no jēdzienu atcerēšanās un izpratnes līdz datu analīzei un lietojumam. Tests psihometriski strādā labi.

MD 1. daļas uzdevumi labi izšķir vidēji spējīgus skolēnus, ļaujot vislabāk novērtēt tipisku skolēnu sniegumu. Grūtības pakāpe vidēji ir 0,45–0,55, kas ir optimāls diapazons. Darbā ir labs līdzsvars starp viegliem un grūtākiem uzdevumiem, labs informācijas sadalījums pa spēju spektru. 1. daļa nodrošina atbilstošu pārklājumu skolēnu spēju diapazonā. Neviena atsevišķs uzdevums būtiski nebojā kopējo uzticamību. Arī izšķirtspēja, neņemot vērā atsevišķus izņēmumus, ir laba.

MD 2. daļa labi pārklāj spēju spektru, nodrošinot to, ka gan vājāki, gan spējīgāki skolēni var demonstrēt savas prasmes. Katrs uzdevums labi iekļaujas MD, kurā nav “problemātisku” vai ļoti atšķirīgu uzdevumu. Šī daļa ir ļoti precīza augstāku prasmju mērīšanai, īpaši skolēniem, kuru spējas fizikā ir virs vidējām. 2. daļa ļoti efektīvi diferencē un uzticami mēra sarežģītākas prasmes – datu interpretāciju, secinājumu veidošanu un fizikas likumu lietojumu praktiskās situācijās. Uzdevumi ir labi savstarpēji saistīti, bet nav pārmēru līdzīgi – tie strādā kā viens mērinstruments, un konsekventi mēra prasmju aspektu. Lielākajai daļai uzdevumu izšķirtspēja ir 0,4–0,6, kas ir ļoti labs un augsts līmenis.

Monitoringa darbs ir piemērots skolēnu kopas, kas to kārtoja, novērtēšanai.

2.3. Pārskats par skolēnu sniegumu atbilstoši SR veidiem

2.3.1. SR veids: zināšanas un izpratne, vienkāršas prasmes

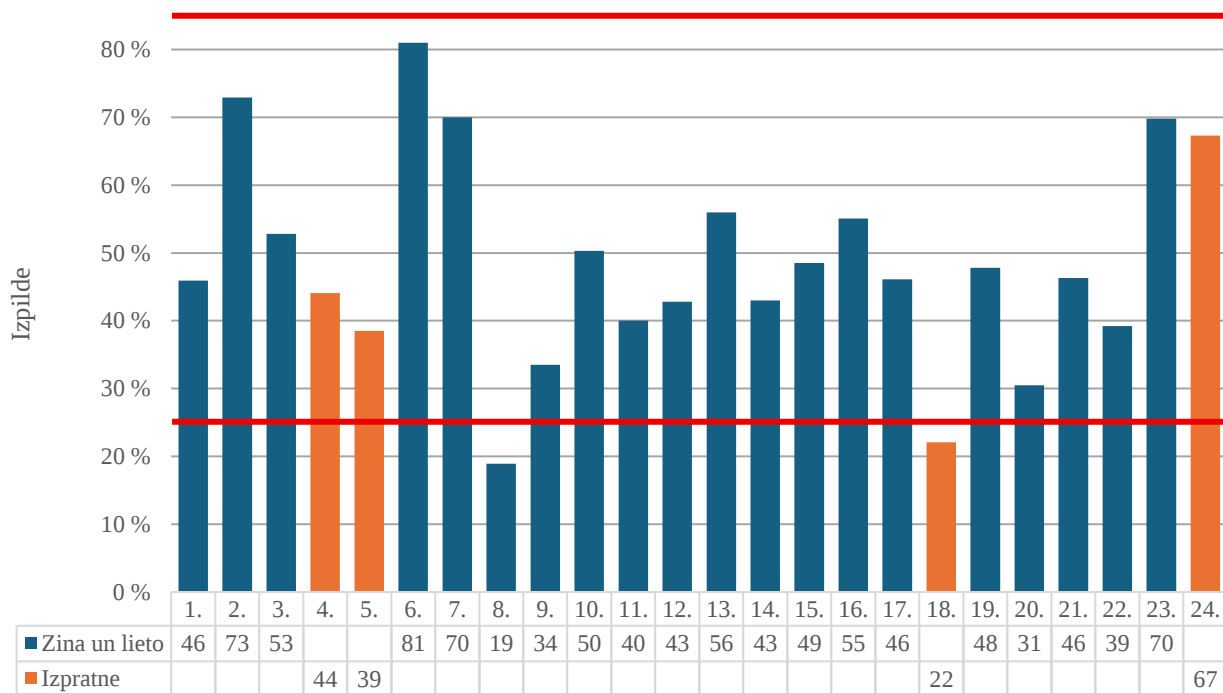
Zināšanas un izpratni pārbauda MD 1. daļa un 2. daļas 1. uzdevums. Pirmajā daļā iekļauti 24 atbilžu izvēles uzdevumi. Otrās daļas 1. uzdevumā iekļauti desmit testelementi – uzdevumi, kuros atbilde jāsniedz ļoti īsi – ar vienu vārdu vai skaitli. Šos testelementus vērtē ar vienu punktu. MD programmā teikts, ka šie testelementi pārbauda arī vienkāršas prasmes.

Monitoringa darbā SR veids “zināšanas un izpratne” iedalīts divās SR grupās:

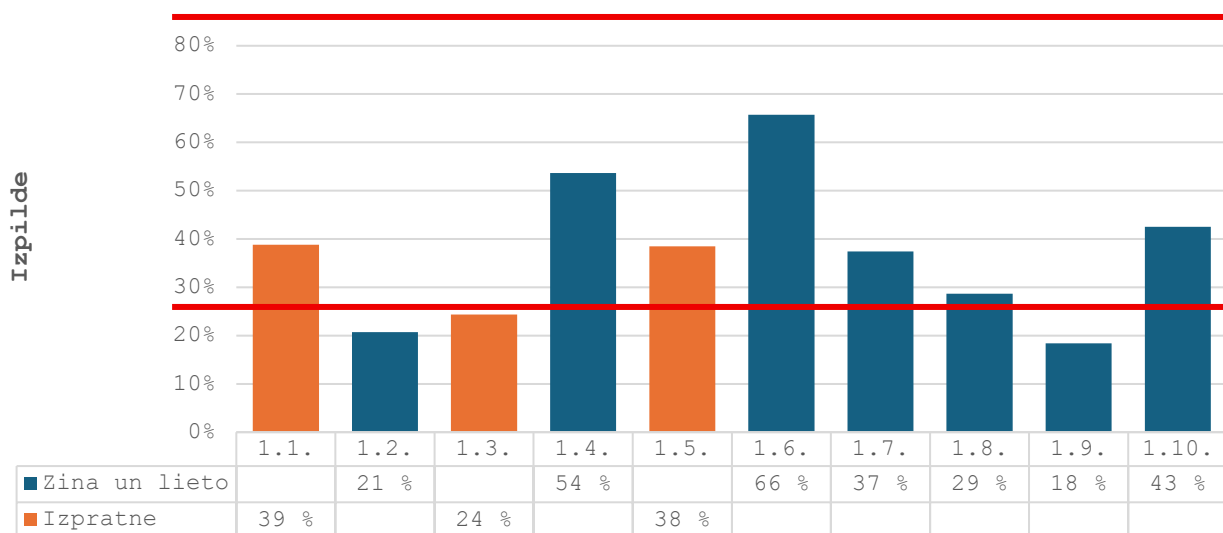
- “zina un lieto” dabaszinātnēm raksturīgus faktus, jēdzienus, terminus, sakarības, simbolus un apzīmējumus;
- “izpratne” – saprot parādības vai procesa būtību, saturu, nozīmi un likumsakarības.

Testelementu, kuri pārbauda izpratni, nav daudz (MD 1. daļā – četri testelementi, 2. daļas 1. uzdevumā – 3 testelementi). Dati liecina (6. un 7. attēls), ka šo testelementu izpilde ir zemāka nekā “zina un lieto” grupas uzdevumiem.

MD 1. daļas vidējā izpilde ir 48,5 % (“zina un lieto” – vidēji 49,6 %, “izpratne” – vidēji 43,0 %). Konkrētu testelementu izpilde liecina, ka MD 1. daļā grūti bijuši tikai divi testelementi (8. un 18. – sk. 6. attēlu) un tikai viens testelements (6.) – būtībā viegls.



6. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. 1. daļas uzdevumu izpilde



7. attēls. MD fizikā vidusskolai 2. daļas 1. uzdevuma izpilde

Savukārt 2. daļas 1. uzdevuma vidējā izpilde ir zemāka – tikai 36,9 % (“zina un lieto” – vidēji 38,3 %, “izpratne” – vidēji 33,7 %). Viegļu testelementu šajā uzdevumā nav bijis (7. attēls), bet trīs testelementi (1.2., 1.3. un 1.9.) ir bijuši grūti.

Vairāki 2. daļas 1. uzdevuma testelementi no fizikas satura viedokļa šķiet vienkāršāki nekā daudzi 1. daļas testelementi. Faktu, ka to izpilde vidēji ir zemāka nekā MD 1. daļā, varētu skaidrot tas, ka pilnībā tika izslēgta minēšana – atbildi jāuzraksta skolēnam pašam, nevis jāizvēlas no piedāvātā. Tātad – ir jāatpazīst uzdevumā aplūkotā parādība, likumsakarība vai jēdziens, jāatrod informāciju datu bukletā vai arī jāveic vienkāršu aprēķinu.

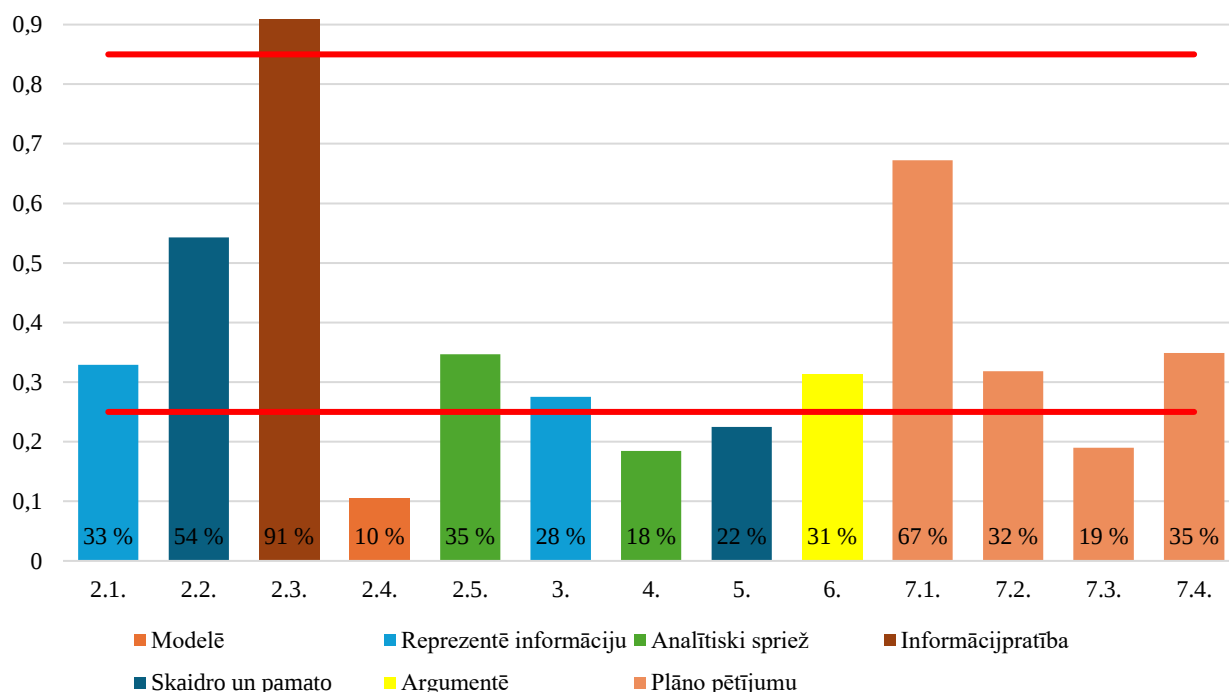
2.3.2. SR veids: prasmes

Prasmes darbā vērtē atbilstoši MD programmā sniegtajiem SR veida un grupas aprakstiem, kā arī programmas pielikumā dotajiem vispārīgajiem snieguma līmeņu aprakstiem. Detalizētāk ar prasmju aprakstiem un ieteikumiem prasmju attīstīšanai var iepazīties 2023./2024. m. g. MD analizē [\[11\]](#).

Izpilde atbilstoši SR grupām parādīta 4. attēlā, bet konkrētu testelementu izpilde – 8. attēlā.

Varētu šķist, ka prasmju sadaļā skolēniem vislabāk veicies ar informācijpratību (izpilde ir 91 %), bet vissliktāk – ar modelēšanu (10 %). Tomēr tā nav – katru šo prasmi formāli pārstāvēja tikai viens testelements, lai gan abas prasmes – prasme modelēt un informācijpratība – bija jāizmanto arī citos testelementos.

Dati liecina, ka ļoti grūts ir bijis 2.4. testelements, kā arī 4. un 5. testelements. Lai gan uz modelēšanas prasmi attiecināts tikai 2.4. testelements, modelēšanas prasme nepieciešama arī citos minētajos testelementos. Turklāt 2.4. testelementā noteikti bija nepieciešama arī prasme reprezentēt informāciju.



8. attēls. 2. daļas testelementu izpilde atbilstoši SR grupām

Salīdzinoši labi skolēniem veicies ar pētījuma plānošanu (izpilde – vidēji 37 %). Salīdzinājumā ar iepriekšējo mācību gadu ir uzlabojusies skaidrošanas prasme (35 %), bet sliktāki rezultāti ir analītiskajā spriešanā (25 %), kas galvenokārt aptver uzdevumus, kuros nepieciešamas arī matemātikas prasmes.

2.4. Pārskats par skolēnu sniegumu atbilstoši satura moduļiem

Skolēnu sniegums atbilstoši satura moduļiem MD 2. daļā parādīts 5. attēlā, bet konkrētu testelementu izpilde – 9. un 10. attēlā.

Vidējās izglītības pakāpē mācību saturs aptver būtiski nepieciešamo, lai skolēnam veidotos lietpratība kā komplekss mācīšanās rezultāts. Saturs ir veidots saskaņā ar būtiskākajiem pamatjēdzieniem jeb lielajām idejām (Li), kuras skolēnam jāapgūst, lai veidotos izpratne par pasauli. Atbilstoši lielajām idejām aprakstīti arī plānotie skolēnam sasniedzamie rezultāti.

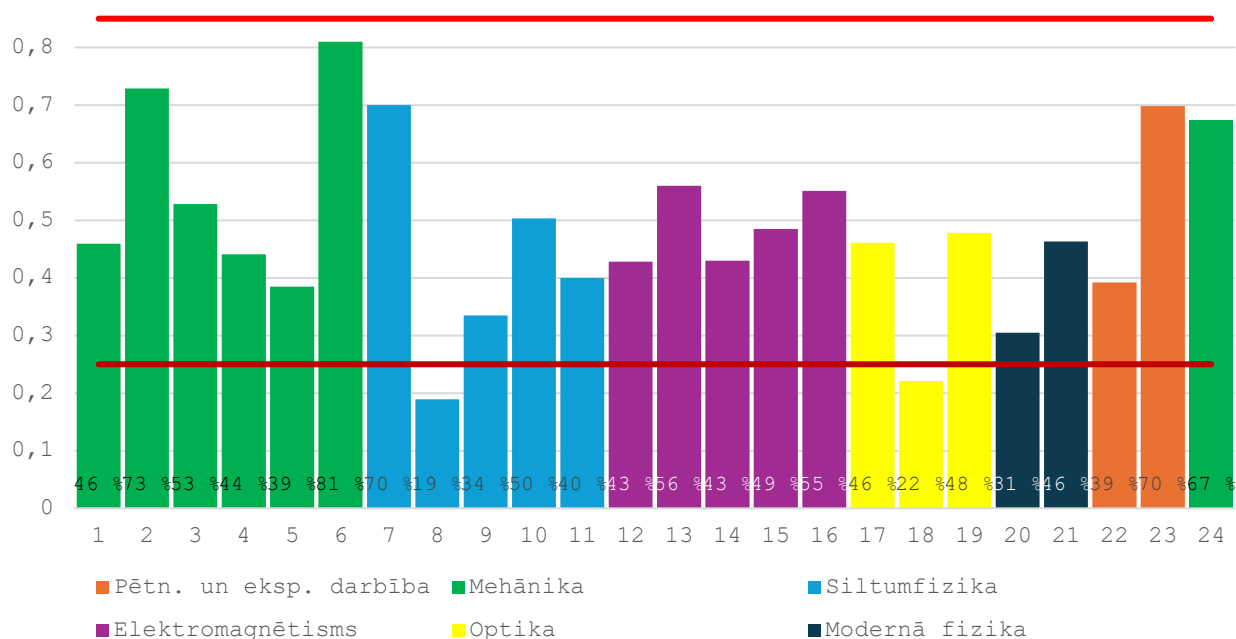
Dabaszinātņu mācību jomas saturs ir strukturēts 13 lielajās idejās, no kurām 8 tieši attiecas uz kursu Fizika I.

- Visumā matērija sastāv no ļoti mazām daļiņām. (VSK.D.Li.1.)
- Objekti var attālināties iedarboties cits uz citu. (VSK.D.Li.2.)
- Objekta kustības maiņai ir nepieciešama kopējā spēka iedarbība. (VSK.D.Li.3.)
- Enerģija Visumā nezūd un nerodas, enerģija var tikt uzkrāta dažādās formās, noteiktos procesos tā pāriet no vienas formas citā. (VSK.D.Li.4.)
- Mūsu Saules sistēma ir ļoti maza daļa vienā no miljardiem galaktiku Visumā. (VSK.D.Li.6.)
- Zinātnes uzdevums ir atrast dabā novērojamo parādību cēloņus. (VSK.D.Li.11)
- Skaidrojumi, teorijas un modeļi ir zinātniski, ja tie vislabāk atbilst konkrētajā laikā pieejamiem novērojumiem un faktiem. (VSK.D.Li.12.)
- Zinātnes lietojumam bieži vien ir ētisks, politisks, ekonomisks un sociāls konteksts. (VSK.D.Li.13.)

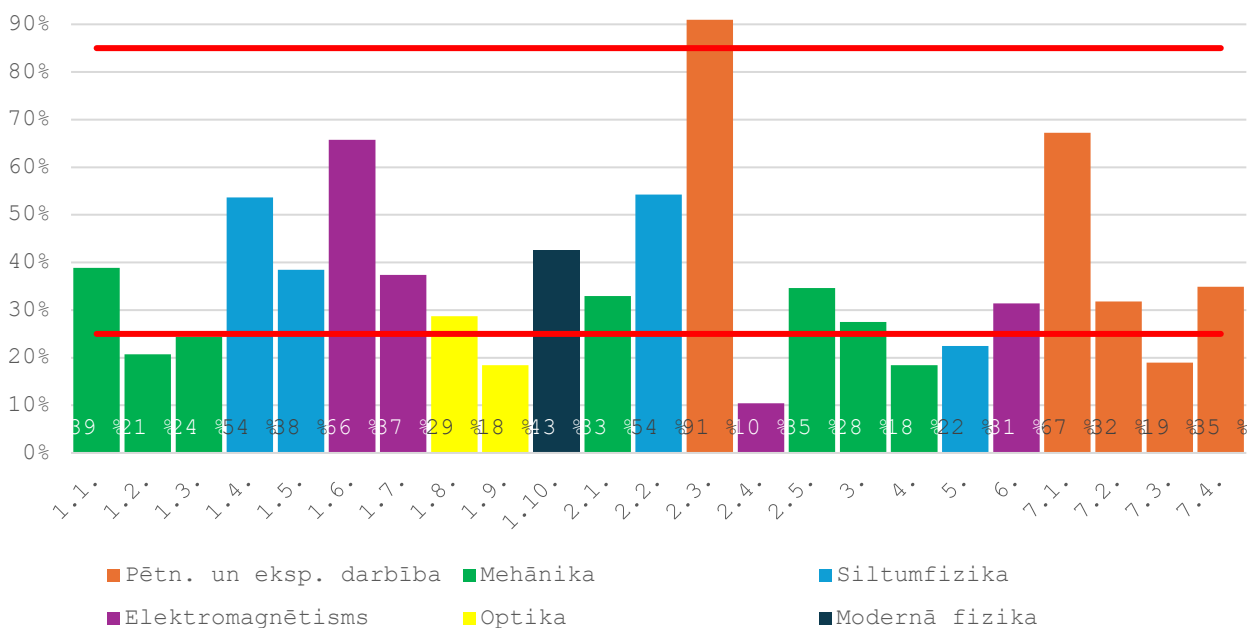
Lielās idejas palīdz skolēniem fokusēties uz būtiskāko un uztvert apkārtējo pasauli kopsakarībās. Tās ir ietvars, kas ļauj pievērst uzmanību galvenajam, attīstīt izpratni un saprast, kā apgūtās zināšanas un prasmes var būt noderīgas. SR kā Fizika I kursa programmā [12], tā MD indikatoros formulēti no skolēna pozīcijām, uzsverot dabas likumsakarības un skolēnam nozīmīgas zināšanas un prasmes.

Dabaszinātņu jomas lielajās idejās, kuras aptver skolēnam sasniedzamos rezultātus izpratnes veidošanai par parādībām un procesiem Fizika I kursa ietvaros, iekļauti jēdzieni: viela, lauks, kustība un spēki, enerģija, Visums (1.–4. un 6. lielā ideja) u. c. Vienlaikus skolēni attīsta pētnieciskās prasmes, modelē, argumentē, apgūst, mācās izzināt pasauli (11.–13. lielā ideja).

Analizējot skolēnu sniegumu monitoringa darbā atbilstoši satura moduļiem, var secināt, ka visaugstākie rezultāti ir satura moduļos “Pētnieciskā un eksperimentālā darbība” un “Elektromagnētisms”, bet nedaudz zemāki – satura moduļi “Siltumfizika”.



9. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. 1. daļas uzdevumu izpilde



10. attēls. Monitoringa darbs fizikā vidusskolai 2024./2025. m. g. 2. daļas uzdevumu izpilde

Turpinājumā izskatīsim skolēnu sniegumu konkrētos MD testelementos atbilstoši satura moduļiem.

3. Skolēnu sniegums konkrētu testelementu izpildē un tā analīze

Monitoringa darba testelementus aplūkosim atbilstoši satura moduļiem to apguves secībā, sākot ar mehāniku, vairāk uzmanības pievēršot grūtākajiem uzdevumiem.

Katram satura modulim piedāvāsim īsu “izdzīvošanas minimuma” aprakstu – konkrētās fizikas jomas pamatideju kopsavilkumu, kas nepieciešams, lai risinātu fizikas uzdevumus optimālajā satura apguves līmenī.

Aplūkosim pieejas un ieteikumus testelementu risināšanai, vispārinot tos attiecībā uz līdzīgām situācijām (tie paši satura moduļi un/vai nepieciešamās prasmes). Apskatā iekļausim uzdevumu risināšanai nepieciešamās prasmes, kuras vērtētas atbilstoši MD programmā sniegtajiem SR veida un grupas aprakstiem un programmas pielikumā pievienotajiem vispārīgajiem snieguma līmeņu aprakstiem. Analizēsim tipiskās kļūdas un to cēloņus.

Atsevišķiem testelementiem aplūkosim arī skolēnu sniegumu līdzīgās situācijās citos valsts pārbaudes darbos.

Katram testelementam norādīts SR, indikators atbilstoši MD programmai, grūtības pakāpe un izšķirtspēja. Piedāvāts īss uzdevuma risinājums kopā ar metodisko komentāru – ko ir būtiski zināt un prast, uzdevumu risinot. Paši uzdevumi [1], to vērtēšanas kritēriji [13] un datu buklets [5] analīzē nav iekļauti – šo nodaļu lasot, tie jāaplūko atbilstošajos failos.

3.1. Satura modulis: MEHĀNIKA

Mehānikas satura modulis aptver galvenokārt piecas dabaszinātņu lielās idejas: 1., 2., 3., 4. un 12.

Mehānikā skolēni apgūst kustības raksturlielumus (skalāros un vektoriālos), izmanto kustības vienādojumus, grafikus un stroboskopiskos attēlus, aprakstot vienmērīgu un paātrinātu taisnlīnijas kustību, vienmērīgu kustību pa riņķa līniju, rotācijas un svārstību kustību. Rodas nepieciešamība modelēt ķermeņu kustību, iedarbojoties vairākiem spēkiem, kuri pielikti masas centrā. Lietojot trīs Ņūtona likumus, ir iespēja analizēt ķermeņu kustības maiņas cēloņus. Ievērojot gravitācijas lauka izpausmes, skolēni apraksta brīvo krišanu, vertikāli augšup izsviesta ķermeņa kustību, horizontāli izsviesta ķermeņa kustību un slīpi pret horizontu izsviesta ķermeņa kustību, kā arī Zemes mākslīgo pavadoņu kustību. Skolēni ilustrē vienkāršo mehānismu lietošanas priekšrocības sadzīvē, dabā un tehnikā, kā arī izvērtē sadursmju rezultātus. Modulī iekļautie mehāniskās enerģijas veidi, enerģijas pārvērtības un ar tām saistītie mehāniskie procesi rada alternatīvu iespēju atrisināt kustības uzdevumus. Neizpaliek arī mehānisko viļņu izplatīšanās īpašību kvalitatīvs raksturojums.

Kopsavilkums, ieskatoties MD programmā dotajos indikatoros [3] – 2. pielikumā.

1.2. Kinemātika. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: *SI* mērvienība, trajektorija, ceļš, pārvietojums, momentānais ātrums, vidējais ātrums, masas punkts, atskaites sistēma, ķermeņa koordināta, vienmērīga taisnlīnijas kustība, paātrinājums, vienmērīgi paātrināta taisnlīnijas kustība, brīvās krišanas paātrinājums, vienmērīga kustība pa riņķa līniju, centrtieces paātrinājums, lineārais ātrums, rotācijas kustība, rotācijas periods, rotācijas frekvence. (1.2.1.–1.2.11.)

Starp fizikas kursā lietotajiem jēdzieniem vienmēr fizikālie lielumi jānošķir no procesiem, parādībām vai fizikāliem modeļiem. Katru fizikālo lielumu raksturo pieņemts konkrēts apzīmējums, vērtība un mērvienība. Datu bukletā iekļautas fizikālo lielumu *SI* mērvienības. Visus fizikālos lielumus iedala vektoriālos un skalāros lielumos. Vektoriāli lielumi ir tie fizikālie lielumi, kurus raksturo gan to skaitliskā vērtība, gan virziens. To attēlošanai izmanto vektorus. Skalāros lielumus raksturo tikai skaitliskā vērtība. No kustību raksturojošiem lielumiem vektoriālie ir tikai pārvietojums, momentānais ātrums un paātrinājums, tāpēc skaitļošanai jāizmanto to projekcijas uz izvēlētas (kustības) ass. Jāatceras, ka vektora projekcija ir pozitīva, ja vektors ir vērsts ass virzienā, bet negatīva, ja vektors ir vērsts pretēji ass virzienam.

Kinemātikā jebkuru fizikālu ķermeni modelē kā masas punktu, neievērojot tā formu un izmērus. Kustības grafiki un vienādojumi (koordinātas, pārvietojuma, ātruma, ceļa utt.) parāda konkrētā raksturlieluma izmaiņu laikā. Vispilnīgāko informāciju par ķermeņa taisnlīnijas kustību atspoguļo koordinātas maiņas vienādojums, no kura nolasāma sākuma koordināta, sākuma ātruma projekcija un paātrinājuma projekcija uz kustības ass, tādējādi norādot arī sākotnējo kustības virzienu un kustības virziena maiņas iespējamību vai neiespējamību

noteiktā laika intervālā. Risinot jebkuru uzdevumu par grafikiem, jābūt ļoti uzmanīgiem – vispirms jānoskaidro, kādu lielumu grafiki doti un/vai prasīti. To var izlasīt tekstā un/vai noskaidrot, paskatoties, kādi lielumi atlikti uz asīm. Jāņem vērā, ka neatkarīgo lielumu fizikā atliek uz horizontālās ass, bet atkarīgo – uz vertikālās ass.

Vienmērīgā kustībā pa riņķa līniju lineārais ātrums vērsts pa riņķa līnijas pieskari un, kaut arī ātruma vērtība nemainās, tā virziens mainās, tāpēc kustība ir paātrināta. Ātruma skaitliskā vērtība var palikt nemainīga vienīgi tad, ja paātrinājuma virziens katrā trajektorijas punktā ir perpendikulārs momentānā ātruma virzienam. Perpendikuls pret riņķa līnijas pieskari ir rādiuss. Tātad paātrinājums vērsts pa rādiusu – riņķa līnijas centra virzienā.

1.3. Mijiedarbība un spēks. 1.4. Gravitācijas lauks un kustība. (Dinamika.) Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: inerces, balsta reakcijas spēks, slīdes berzes koeficients, spēka moments, kustīgais trīsis, nekustīgais trīsis, svira, slīpa plakne, lietderības koeficients, līdzsvara nosacījumi, impulss, spēka impulss, spēka plecs, blīvums, berzes spēks, kopspēks, Ņūtona likumi, gravitācijas lauks, gravitācijas spēks, smaguma spēks, ķermeņa svars, bezsvara stāvoklis, kosmiskais ātrums, mākslīgais pavadonis. (1.3.1.–1.3.6. un 1.4.1, 1.4.5.)

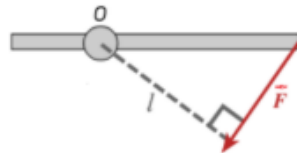
Spēks ir vektoriāls lielums, kura mērīšanai izmanto dinamometru. Jāatšķir dabā sastopamo spēku veidi (smaguma, berzes, elastības, Arhimēda, balsta reakcijas), to raksturīgās īpašības, darbības virziens, arī aprēķināšanas iespējas. Tā, piemēram, smaguma spēks vienmēr ir vērsts vertikāli lejup, berzes spēks – pretēji kustības vai iespējamās kustības virzienam, elastības spēks – pretēji deformēšanas virzienam, Arhimēda spēks (cēlējspēks) – vertikāli augšup, balsta (virsmas) reakcijas spēks – perpendikulāri virsmai. Lai prognozētu, kā ķermenis kustēsies (vai nekustēsies), jāizvēlas un jālieto kāds no trim Ņūtona likumiem.

Nosaukums	Pirmais Ņūtona likums (inerces likums)	Otrais Ņūtona likums (dinamikas pamatlikums)	Trešais Ņūtona likums (darbības un pret darbības likums)
Apraksta (ko?)	Miera stāvoklis vai vienmērīga taisnlīnijas kustība	Paātrināta kustība	Divu ķermeņu (savstarpējā) mijiedarbība
Pieraksta, izmantojot kopspēku F (kā?)	$\vec{F} = 0$	$\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ vai $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$	$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
Izpausme	$v = 0$ vai $v = \text{const}$	$a = \text{const}$, ja $F = \text{const}$	$m_1 \cdot a_1 = m_2 \cdot a_2$, tad $\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$

Likumos rezultējošais spēks $\vec{F}$ (kopspēks) ir visu ķermenim pielikto spēku vektoru summa.

Spēks, iedarbojoties noteiktu laiku, spēj izmainīt ķermeņa impulsu jeb kustības daudzumu: $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, kur Δp ir ķermeņa impulsa izmaiņa. Noslēgtā ķermeņu sistēmā (tādā nedarbojas ārēji spēki, piemēram, berzes spēki) neatkarīgi no sadursmes veida (elastīga, neelastīga) kopējais impulss paliek nemainīgs gan pirms sadursmes, gan pēc tās.

Spēka moments raksturo spēka spēju izraisīt ķermeņa rotāciju attiecībā pret rotācijas asi. Skaitliski spēka moments ir vienāds ar spēka un spēka pleca skalāro reizinājumu: $M = F \cdot l$ (sakarība atrodama datu bukletā).



Spēka plecs l ir īsākais attālums no ķermeņa rotācijas ass līdz spēka darbības taisnei, tātad – perpendikuls, kas vilkts no rotācijas ass pret spēka darbības taisni.

Spēka momentus, kuri cenšas griezt ķermeni pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam, uzskata par pozitīviem, bet tos, kuri cenšas griezt ķermeni pulksteņa rādītāja kustības virzienā, – par negatīviem.

Rotācijas ķermenis atrodas līdzsvarā (miera stāvoklis vai vienmērīga rotācijas kustība), ja spēku momentu summa ir 0 un kopspēks ir 0 ($M = 0$ un $F = 0$). To dēvē par sviras līdzsvara nosacījumu.

Vienkāršie mehānismi ir ierīces spēka pārveidošanai. Vienkāršos mehānismus izmanto darba atvieglošanai – lai samazinātu nepieciešamo spēku vai padarītu ērtāku tā pielikšanu, mainot spēka pielikšanas virzienu. Ir divu tipu vienkāršie mehānismi – sviras tipa un slīpās plaknes tipa.

Spriedumos un aprēķinos jāprot lietot vispasaules gravitācijas likumu. Ķermeņa smaguma spēka paātrinājums Zemes virsmas tuvumā ir $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$, bet, attālinoties no Zemes virsmas, tas samazinās.

Jāveido stingra pārliecība, ka ķermeņa svars ir spēks, ar kādu pats ķermenis spiež uz balstu (virsmu) vai nostiepj iekari smaguma spēka darbības dēļ, tāpēc svars pielikts virsmai vai iekarei, bet smaguma spēks – pašam ķermenim. Svārs vertikāli paātrinātā kustībā var pieaugt (rodas pārslodze) vai arī samazināties, piemēram, līdz nullei (iestājas bezsvārs), tajā pašā laikā ķermeņa smaguma spēks paliek nemainīgs.

Zemes mākslīgo pavadoņu kustību jāprot aprakstīt kā vienmērīgu kustību pa riņķa līniju, izmantojot raksturlielumus – orbītas rādiuss, kustības ātrums un apriņķojuma periods.

1.5. Enerģija un darbs. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: enerģija, jauda, pilnā mehāniskā enerģija, potenciālā enerģija, kinētiskā enerģija, lietderības koeficients. (1.5.1–1.5.4.)

Pastāv divi mehāniskās enerģijas veidi: potenciālā enerģija, kas piemīt noteiktā augstumā paceltam ķermenim attiecībā pret izvēlētu potenciālās enerģijas nulles līmeni vai saspiestai atsperei, un kinētiskā enerģija, kas piemīt kustībā esošam ķermenim. Uzkrāta enerģija saistīta ar spēju veikt mehānisku darbu (pārvietot vai deformēt), tieši tāpēc nav jāaizmirst par iespēju darbu aprēķināt kā enerģijas izmaiņu jeb $A = \Delta E$. Mehāniskajos procesos, kuros jāaprēķina ar berzes (pretestības) spēku darbību, pilnā mehāniskā enerģija nesaglabājas. Pilnā mehāniskā enerģija saglabājas, piemēram, absolūti elastīgās sadursmēs, toties ķermeņu neelastīgās sadursmēs parādās enerģijas zudumi (tā pāriet siltumā, deformācijā). Mehāniskā jauda parāda darba veikšanas ātrumu. Bieži vien lietderīgais darbs (vai jauda) ir mazāks nekā veiktais darbs (vai patērētā jauda), tāpēc, raksturojot procesus, jāievēro arī lietderības koeficients.

1.6. Mehāniskās svārstības un viļņi. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: harmoniskas svārstības, periods, frekvence, amplitūda, atsperes svārstis, matemātiskais svārstis, rezonanse, interference, difrakcija, garenviļņi, šķērsviļņi. (1.6.1.–1.6.5.)

Skolēniem ir pazīstamas divas atšķirīgas svārstību sistēmas, proti, matemātiskais svārstis (garā iekarē iesiets neliela izmēra ķermenis) un atsperes svārstis (atsperei piestiprināts ķermenis). Pašam jāatšķir svārstību raksturlielumi – frekvence, periods, amplitūda. Matemātiskajam svārstam un atsperes svārstam svārstību frekvenci un periodu nosaka, izmantojot atšķirīgus lielumus.

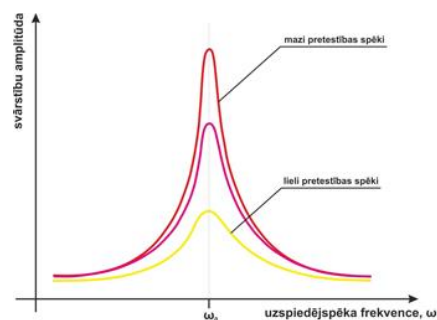
Brīvas, harmoniskas svārstības notiks ja:

- 1) svārstību sistēmai ir stabils līdzsvara stāvoklis;
- 2) izvīzot sistēmu no līdzsvara stāvokļa, rodas spēks, kas sistēmu atgriež līdzsvara stāvoklī;
- 3) sistēmai piemīt inerces (ķermenim piemīt masa), izejot caur līdzsvara stāvokli tā turpina kustību;
- 4) berzes un pretestības spēki, kas sistēmā darbojas, ir neievērojami mazi (svārstības nav rimstošas).

Harmonisku svārstību grafiskais attēlojums un vēl jo vairāk vienādojums ļauj noteikt noteiktā laika momentā t ķermeņa atvirzi no līdzsvara stāvokļa: $x = x_m \cos \omega t$, kur x_m – svārstību amplitūda jeb maksimālā atvirze no līdzsvara stāvokļa uz vienu vai otru pusi, bet $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ ir cikliskā (leņķiskā) frekvence. Ja svārstības ierosina, ķermenim līdzsvara stāvoklī piešķirot ātrumu (enerģiju), tad cos funkciju aizstāj ar sin, jo $\sin 0 = 0$.

Rezonanse izpaužas kā svārstību amplitūdas strauja palielināšanās uzspiesto svārstību gadījumā, ja uzspiedējspēka frekvence tuvojās svārstu pašsvārstību frekvencei (attēls no “Fizmix” skaidrojuma [21]).

Sadzīvē un tehnikā var atrast gan tādus piemērus, kur rezonanse varētu būt vēlama parādība, gan tādus piemērus, kur tā varētu būt nevēlama.



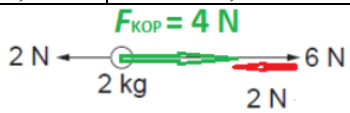
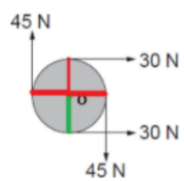
Nerimstošu svārstību gadījumā ķermeņa pilnā mehāniskā enerģija paliek nemainīga: $E_{\text{pilnā}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}}$, turklāt maksimālās atvirzes brīžos $E_{\text{pilnā}} = E_{\text{pot}}$, jo ātrums ir 0, bet, ejot caur līdzsvara stāvokli, $E_{\text{pilnā}} = E_{\text{kin}}$ un ātrums tajā brīdī ir maksimāls.

Svārstību izplatīšanās procesu vidē modelē ar vilni, un tad jau likumsakarīgi saista viļņa ātrumu, frekvenci un viļņa garumu. Jāzina, ka iedalījums – garenvilnis, šķērsvilnis – saistīts ar vides daļiņu svārstību virzienu attiecībā pret viļņa izplatīšanās virzienu. Arī mehāniskajiem viļņiem piemīt tādas viļņu īpašības kā atstarošana, laušana, interference, difrakcija, tāpēc jāpazīst to izpausmes un nosacījumi.

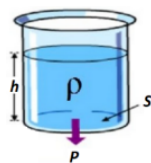
Monitoringa darbā mehānikas satura modulis veido 30,3 % visa darba (14 testelementi, 20 punkti). Vidējā izpilde mehānikas satura modulī ir 38 %. Trīs testelementi 2. daļā (“Prasmes”) ir bijuši grūti (izpilde – zemāka nekā 27 %). Viens testelements 1. daļā (“Zināšanas un izpratne”) izrādījies ļoti viegls (izpilde – augstāka nekā 73 %), savukārt viens testelements ir tuvu šai robežai (izpilde – 72,9 %).

MD 1. daļas testelementi

Pareizā atbilde ir pasvītota.

Nr.	Prasme, indikators	Atbildes izvēle (%)				Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
		A	B	C	D		
1.	Zina un lieto. 1.2.2.	24,2	13,7	15,9	45,7	0,46	0,26
	Atbildi var sniegt uzreiz, ja tikai zina, ka enerģija E , spiediens p , jauda P un strāvas stiprums I ir skalāri lielumi, bet pārvietojums $\vec{s}$, paātrinājums $\vec{a}$, spēks $\vec{F}$ un impulss $\vec{p}$ – vektoriāli lielumi. Var arī izslēgt nederīgās atbildes – pietiek atbildes variantā atrast <u>vienu</u> lielumu, kurš <u>nav</u> skalārs. Jāteic, ka skolēniem ierastāk ir sameklēt vektoriālos lielumus.						
2.	Zina un lieto. 1.2.8.	72,5	19,9	5,4	1,8	0,73	0,26
	Šeit nav obligāti skaitļot paātrinājumu, kas lieki prasītu laiku. Drīzāk jāzina, ka paātrinājums rāda ātruma izmaiņas straujumu $a = \frac{v-v_0}{\Delta t}$, pie tam paātrinājuma moduli raksturīga vienīgi vērtība, bet ne virziens attiecībā pret kustības asi, tāpēc nav būtiski – ātruma projekcija pieaug vai samazinās. Paātrinājums ir vislielākais tajā kustības posmā, kurā ātrums mainās visstraujāk un grafika posms ir visstāvākais.						
3.	Zina un lieto. 1.3.3.	52,6	6,5	36,2	4,2	0,53	0,39
	Lai sniegtu atbildi, jāzina vai jāatrod datu bukletā otrā Ņūtona likuma sakarība $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$, kas saista ķermeņa masu, tam pielikto kopspēku un ķermeņa iegūto paātrinājumu. 						
	Spēks ir vektoriāls fizikāls lielums, tātad vairāki spēki jāaskaita, ievērojot to virzienus. Vienkāršoti spēkus var saskaitīt, zīmējot tos kā bultiņas citu citai galā. Tātad šo divu spēku summa (kopspēks jeb rezultējošais spēks) ir $F_{\text{kop}} = 6\text{ N} - 2\text{ N} = 4\text{ N}$ un $a = \frac{F_{\text{kop}}}{m} = \frac{4\text{ N}}{2\text{ kg}} = 2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.						
4.	Izpratne. 1.3.3., 1.3.4.	10,5	25,5	43,9	19,7	0,44	0,22
	Rezultējošais spēks (kopspēks) ir visu ķermenim pielikto spēku summa. Spēks ir vektoriāls fizikāls lielums, tātad spēki jāaskaita, ievērojot to virzienus. Attēlā redzams, ka uz augšu vērsts 45 N liels spēks, tikpat liels spēks vērsts tam pretēji – uz leju. Šo divu spēku summa vienāda ar nulli. Abi pārējie spēki vērsti vienā virzienā – pa labi. Šo spēku summa ir 60 N. Tātad rezultējošais spēks NAV vienāds ar nulli. Atbildes A un B neder. Spēka moments skaitliski vienāds ar spēka un spēka pleca skalāro reizinājumu: $M = F \cdot l$ (sakarība atrodama datu bukletā). Spēka momentus, kuri griež ķermeni pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam, uzskata par pozitīviem, bet tos, kuri griež ķermeni pulksteņa rādītāja kustības virzienā, – par negatīviem. Spēka plecs ir īsākais attālums no ķermeņa rotācijas ass līdz spēka darbības taisnei. Risinot šo uzdevumu, var pieņemt, ka cilindra rotācijas ass iet caur cilindra centru – perpendikulāri attēla plaknei. Redzams, ka visu četru spēku pleci ir vienādi ar cilindra rādiusu. Apzīmējot spēku plecus ar R , var aprēķināt rezultējošo spēka momentu: $M = 30R - 45R - 45R - 30R = -90R$. Rezultējošais spēka moments NAV vienāds ar nulli. Var spriest, arī neveicot aprēķinu: redzams, ka trīs aptuveni vienādi spēki griež cilindra pulksteņa rādītāja kustības virzienā, bet tikai viens – pretēji pulksteņa rādītāja kustības virzienam. 						

5.	Izpratne. 1.5.3.	38,4	15,6	12,7	32,8	0,39	0,33
Šis ir uzdevums par mehāniskās enerģijas saglabāšanās likumu. Pilno mehānisko enerģiju apraksta sakarība $E_{\text{pilnā}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}}$, kur $E_{\text{pot}} = \frac{kx^2}{2}$, bet $E_{\text{kin}} = \frac{mv^2}{2}$. Brīdī, kad atsperē ir visvairāk izstiepta, atsperes potenciālā enerģija ir vislielākā. Tas nozīmē, ka kinētiskajai enerģijai šajā brīdī jābūt vienādai ar nulli. Tas, savukārt, nozīmē, ka ķermeņa ātrums šajā brīdī ir vienāds ar nulli. Var spriest arī pavisam vienkārši: brīdī, kad atsperē ir visvairāk izstiepta, ķermeņa kustības virziens nomainās. Tas nozīmē, ka šajā mirklī ķermeņa ātrums ir vienāds ar nulli. Vēl var atmetēt nederīgās atbildes: C un D atbildes faktiski ir vienādas – kinētiskā (kustības) enerģija ir maksimāla tad, kad ātrums ir maksimāls. B atbilde ir pretrunā ar deformētas atsperes potenciālās enerģijas formulu. Tātad šie varianti neder.							
6.	Zina un lieto. 1.3.5.	5,0	80,5	2,3	11,6	0,81	0,18
Uz šķidrumu vaļējā traukā darbojas atmosfēras spiediens un šķidruma augšējie slāņi, kuri smaguma spēka darbības rezultātā spiež uz dziļākajiem šķidruma slāņiem. Neievērojot atmosfēras spiedienu, šķidruma (ar blīvumu ρ) stabs ar augstumu h un šķērsriezuma laukumu S spiež uz laukumu ar savu svaru: $mg = \rho Vg = \rho gh \cdot S$, izveidojot hidrostatisko spiedienu $p_{\text{šķ}} = \frac{\rho ghS}{S} = \rho gh$. Šī sakarība ir arī datu bukletā. Tātad – jo lielāks ir ūdens slāņa biezums h virs aplūkojamā punkta, jo lielāks ir ūdens radītais spiediens šajā punktā. Attēlā redzams, ka A un C gadījumā ūdens spiedienu nerada vispār, jo punkti atrodas uz šķidruma virsmas. Visbiežākais ūdens slānis ir virs punkta B.							
24.	Izpratne. 1.4.4.	12,0	7,0	66,6	13,3	0,67	0,18
Lai atbildētu uz jautājumu, jāzina, ka ķermeņa momentānais ātrums (ātrums konkrētajā laika momentā) vienmēr vērsts pa trajektorijas pieskari. Spriežot pēc attēla, pavadona kustības trajektorija ir riņķa līnija. Tās pieskares virzienā vērsta tikai bultiņa Q, tātad pareizas varētu būt atbildes A vai C. Lai gan uzdevumā teikts, ka pavadonis kustas ar nemainīgu ātrumu, trajektorija ir riņķa līnija, tātad momentānā ātruma virziens mainās un kustība ir paātrināta. Ātruma skaitliskā vērtība var palikt nemainīga vienīgi tad, ja paātrinājuma virziens katrā trajektorijas punktā ir perpendikulārs momentānā ātruma virzienam. Perpendikuls pret riņķa līnijas pieskari ir rādiuss. Tātad paātrinājums vērsts pa rādiusu – riņķa līnijas centra virzienā, kuru norāda bultiņa R, un to sauc par centrtieces paātrinājumu.							



MD 2. daļas testelementi

1.1. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: zina un lieto Ņūtona likumus.

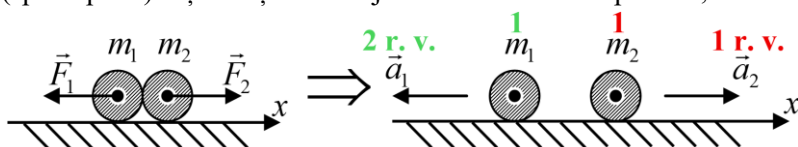
Izpratne (analītiski spriež).	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5* punkti	1 punkts		
Indikators: 1.3.3.	60,3	1,71	38,0	0,39	0,36

* 0,5 punkti rodas, ja testelementu viens vērtētājs ir vērtējis ar 1 punktu, bet otrs – ar 0 punktiem – faktiski tad, ja viens no vērtētājiem nav ievērojis vērtēšanas kritērijus. Kurš vērtētājs ir kļūdījies, var noteikt tikai, redzot skolēna atbildi.

Sagaidāmā atbilde: 1. Atbilžu varianti: vienu, 1 r. v., vienu relatīvo vienību.

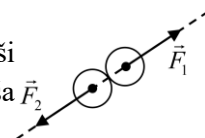
Lai atbildētu uz jautājumu, jāzina Ņūtona likumi. Trešais Ņūtona likums nosaka, ka, mijiedarbojoties diviem ķermeņiem, vienlaikus rodas divi spēki (spēku pāris) – ķermeņi iedarbojas viens uz otru ar spēkiem, kuri

- darbojas pa vienu taisni;
- vērsti pretējos virzienos;
- ir vienādas dabas;
- ir skaitliski vienādi.



Šie spēki nekompensē viens otru, jo pielikti dažādiem ķermeņiem.

Savukārt atbilstoši otrajam Ņūtona likumam ķermeņa iegūtais paātrinājums ir tieši proporcionāls pieliktajam spēkam un apgriezti proporcionāls ķermeņa masai. Atbilstoša sakarība atrodama datu bukletā: $\vec{a} = \vec{F}/m$.



Tā kā saskaņā ar trešo Ņūtona likumu ķermeņiem pieliktie spēki ir vienādi, tad otrais ķermenis, kura masa m ir divas reizes lielāka nekā pirmā ķermeņa masa, iegūs divas reizes mazāku paātrinājumu salīdzinājumā ar pirmo ķermeni.

Pirmā ķermeņa paātrinājums ir 2 relatīvās vienības, tātad otrā ķermeņa paātrinājums ir 1 relatīvā vienība.

Starp kļūdainajām atbildēm dominē vērtība 4 (4 r. v.), kas liecina, ka skolēnam ir nojausma: ja ķermeņu masu attiecība ir divi, tad iegūto paātrinājumu vērtības atšķirsies 2 reizes. Taču vienmēr jāatceras, ka lielākas masas ķermenis iegūst mazāku paātrinājumu tāda paša spēka darbības rezultātā. Paātrinājuma apzīmējums a netiek pieņemts par pareizu atbildi, jo tekstā nav dots relatīvo vienību apzīmējums saistībā ar a daudzkārti.

1.2. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: nosaka sākuma ātruma projekciju, nolasot to no koordinātas vienādojuma.

Zina un lieto (reprezentē informāciju). Indikators: 1.2.8.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	57,0	0,81	42,2	0,21	0,39

Sagaidāmā atbilde: -2 . *Atbilžu varianti:* -2 m/s, -2 ms⁻¹, -2 metri sekundē, mīnus divi metri sekundē, $v_0 = -2$ m/s.

Lai atbildētu uz jautājumu, jāatceras vai jāatrod datu bukletā vienādojums, kas apraksta ķermeņa koordinātas x atkarību no laika: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$. To salīdzina ar uzdevumā doto vienādojumu $x = 12 - 2t + t^2$ un nosaka atbilstošos kustības raksturlielumus.

Šajā gadījumā $x_0 = 12$ m, $v_{0x} = -2$ m/s un $a_x = 2$ m/s². Tātad sākuma ātruma projekcija $v_{0x} = -2$ m/s. Sniedzot atbildi, jāuzmanās no tipiskas neuzmanības kļūdas – pazaudēta mīnusa zīme, kas būtu nevajadzīga, ja prasītu nosaukt sākuma ātruma moduli.

Tā kā atbildi var sniegt ar vienu vārdu vai skaitli, mērvienību m/s var nerakstīt. Savukārt, ja mērvienību raksta, jāatceras, ka attāluma SI pamatvienība ir metrs, bet laika SI pamatvienība ir sekunde, tātad ātruma SI mērvienība ir m/s. Ja nav pārliecības, vai SI pamatvienības izdevies atcerēties pareizi, var ieskatīties datu bukletā dotajā fizikālo lielumu apzīmējumu sarakstā, kur norādītas lielumiem atbilstošās SI mērvienības.

1.3. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: zina spēka darbību ķermeņu mijiedarbībā.

Izpratne (modelē). Indikators: 1.3.5.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	78,8	0,90	20,3	0,24	0,46

Sagaidāmā atbilde: nekā nemainās. *Atbildes variants:* paliek tāds pats.

Jāzina, ka Arhimēda spēks NAV atkarīgs no šķidrumā vai gāzē iegremdētā ķermeņa blīvuma, bet gan no šķidruma vai gāzes blīvuma. Datu bukletā atrodama atbilstošā sakarība: $F_A = \rho_{\text{šķ}} g V_k$. Jāuzsver, ka formulā par V_k vienmēr jāņem tikai ķermeņa iegrimušās daļas tilpums.

Uzdevumā teikts, ka enkurs iegremdēts ūdenī, tātad šķidruma blīvums nemainās. Nemainās arī enkura tilpums. Sprotams, ka nav mainījies arī brīvās krišanas paātrinājums. Secinājums: neviens no lielumiem, kas ietekmē Arhimēda spēku, nav mainījies. Tātad Arhimēda spēks nemainās.

Lai nepieļautu kļūdas, ļoti svarīgi zināt, ka Arhimēda spēka formulā ir izmantots šķidruma (nevis ķermeņa) blīvums un ķermeņa iegrimušās daļas tilpums.

2.1. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: zina spēka darbību ķermeņu mijiedarbībā.

Reprezentē informāciju. Indikators: 1.2.5.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts	1,5 punkti	2 punkti		
	47,1	13,5	17,5	4,09	17,7	0,33	0,40

Sagaidāmā atbilde: $v_{\text{vid}} = s/t$ (vidējais ātrums = kopējais ceļš/kopējais laiks).

Kopējais ceļš (laukums zem ātruma grafika) $s = 2 \cdot 2 + 2 \cdot 4 = 12$ m. Kopējais laiks $t = 8$ s.

$$v_{\text{vid}} = \frac{s}{t} = \frac{12}{8} = 1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Jāzina, ka vidējo ātrumu aprēķina, visu kustības laikā veikto ceļu dalot ar kopējo kustības laiku: $v_{\text{vid}} = s_{\text{kop}}/t$.

Lai noteiktu veikto ceļu, šajā gadījumā visērtāk ir izmantot kustības ātruma grafiku – veiktais ceļš ir skaitliski vienāds ar laukumu figūrai, ko veido grafika līnija ar laika asi (šoreiz jāaprēķina trapeces laukums):

$$s_{\text{kop}} = \frac{(8+4)}{2} \cdot 2 = 12 \text{ m vai, aprēķinot pa posmiem: } s_{\text{kop}} = \frac{2 \cdot 2}{2} + 2 \cdot 4 + \frac{2 \cdot 2}{2} = 12 \text{ m.}$$

Kustība ilgst 8 sekundes. Vidējais ātrums $v_{\text{vid}} = s_{\text{kop}}/t = 12/8 = 1,5$ m/s.

Uzdevums tika vērtēts līmeņos ([13], 4. lpp.).

Atbildi 1,5 m/s iespējams arī iegūt, aptuveni novērtējot vidējo ātrumu kā vidējo aritmētisko ātrumiem, kuri noteikti ik pēc sekundes. Jāpiebilst, ka rīcības vārds “Aprēķini” paredz precīzas skaitliskas vērtības noteikšanu, kuru šāda metode vispārīgā gadījumā nedod – solis, ar kādu noteiktas ātruma vērtības, ir pārāk liels.

Ja ir netipiska ceļa noteikšanas metode, bet rezultāts iegūts, parādot, ka ceļu dala ar laiku (apzīmējumi formulā un/vai mērvienības pie skaitļiem), piešķir abus punktus.

Ja izdalīti nenosaukti skaitļi 12 un 8 bez mērvienībām, atbildi neieskaita.

2.5. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: aprēķina un iegūto skaitlisko rezultātu izsaka kā aptuvenu racionālu skaitli.

Analītiski spriež. Indikators: 7.2.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts	1,5 punkti	2 punkti		
	41,3	19,5	18,0	1,53	19,6	0,35	0,55

Sagaidāmā atbilde: $150\,000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = \frac{150\,000 \cdot 10^{-3} \text{ t}}{10^6 \text{ cm}^3} = 150\,000 \cdot 10^{-9} \frac{\text{t}}{\text{cm}^3} = 1,5 \cdot 10^{-4} \frac{\text{t}}{\text{cm}^3}$ vai arī atstāts rezultāts $0,00015 \frac{\text{t}}{\text{cm}^3}$ vai $150 \cdot 10^{-6} \frac{\text{t}}{\text{cm}^3}$.

Ērts veids mērvienību pārveidošanai ir atsevišķi pārveidot saucējā un skaitītājā dotās mērvienības uz prasītajām un pēc tam veikt nepieciešamos matemātiskos pārveidojumus.

Redzams, ka Saules blīvums dots no SI pamatvienībām atvasinātā mērvienībā, tādējādi mērvienību pārveidošanu padarot vieglāku.

Jāatceras, ka

- $1 \text{ kg} = 10^{-3} \text{ t}$ (vai $1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$); ja aizmirsi, cik kilogramu tonnā, var atcerēties, ka 1 kubikmetra ūdens masa ir 1 tonna, bet 1 litra ūdens masa ir 1 kg;
- $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$ (vai $1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$), vai zināms (un datu bukletā atrodams), ka $1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$ un kuba tilpumu aprēķina, šķautnes garumu kāpinot kubā.

$$\text{Tātad } 1 \text{ kg/m}^3 = 10^{-3} \text{ t}/10^6 \text{ cm}^3 = 10^{-9} \text{ t/cm}^3;$$

$$150\,000 \text{ kg/m}^3 = 150\,000 \cdot 10^{-9} \text{ t/cm}^3 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ t/cm}^3.$$

Uzdevumu vērtēja līmeņos ([13] 5. lpp.).

Skolēniem, kuriem kļūda izveidojās kādā no sākotnējiem soļiem, bija tomēr iespēja iegūt vienu punktu, kaut arī gala rezultāts sanāca citāds.

3. (3 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: apraksta un analizē vienmērīgu taisnlīnijas kustību, izmantojot koordinātas un ātruma projekcijas grafikus.

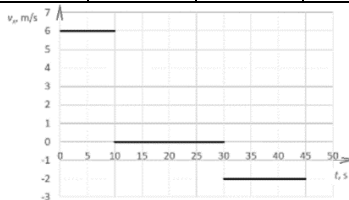
Reprezentē informāciju. Indikators: 1.2.7.	Iegūti punkti (%)							Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.	2,5 p.	3 p.		
	50,6	10,8	7,65	4,86	14,7	2,43	8,95	0,28	0,64

Sagaidāmā atbilde

$$v_{x1} = \frac{\Delta x_1}{\Delta t_1} = \frac{60 - 0}{10 - 0} = 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$v_{x2} = 0$, jo koordināta nemainās.

$$v_{x3} = \frac{\Delta x_3}{\Delta t_3} = \frac{30 - 60}{60 - 45} = -2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Šajā uzdevumā dots koordinātas x grafiks atkarībā no laika, bet prasīts ātruma projekcijas grafiks. Dotā sagatave, kurā laiks jau atlikts uz horizontālās ass, šoreiz veicina sekmīgāku uzdevuma izpildi.

Tātad uz vertikālās ass jāatliek ātruma projekcija – ass jāparaksta, norādot fizikālo lielumu v_x un tā mērvienību (m/s). Ass jāgraduē, parādot mērogu.

Lai to izdarītu, vispirms jānoskaidro, kāda būs ātruma projekcijas maksimālā un minimālā vērtība.

Šajā nolūkā jāizmanto datu bukletā atrodamais kustības vienādojums – sakarība, kas apraksta koordinātas atkarību no laika: $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$, kas patiesībā ir kvadrātfunkcijas vienādojums. Kustība ir vienmērīga, ja koordinātas grafiks ir taisne, tātad kustības vienādojumam jābūt lineāras funkcijas vienādojumam un reizinātājam pie t^2 jābūt vienādam ar nulli ($a_x = 0$), tas ir, $x = x_0 + v_x t$, no kurienes izsaka ātruma projekciju $v_x = (x - x_0)/t$.

Dotajā grafikā redzams, ka kustībai ir trīs posmi. Aplūkosim tos, iegūstot katrā ātruma projekcijas vērtību.

I posms: 0.–10. sekunde. Kustības grafiks – taisnes nogrieznis, kas sākas koordinātu sākumpunktā $x_0 = 0$ un beidzas pie koordinātas $x = 60 \text{ m} \Rightarrow v_x = \frac{(x - x_0)}{t} = \frac{(60 - 0)}{10} = 6 \text{ m/s}$.

II posms: 10.–30. sekunde. Grafikā redzams, ka šajās 20 sekundēs ķermeņa x koordināta nav mainījusies. Tātad attiecībā pret X asi ķermenis nekustas, tātad tā ātruma projekcija uz X ass ir vienāda ar nulli: $v_x = 0 \text{ m/s}$.

III posms: 30.–45. sekunde. Kustības grafiks – taisnes nogrieznis, kas sākas pie koordinātas $x_0 = 60 \text{ m}$ un beidzas pie koordinātas $x = 30 \text{ m} \Rightarrow v_x = \frac{(x - x_0)}{t} = \frac{(30 - 60)}{15} = -2 \text{ m/s}$.

Tipiskākā neuzmanības kļūda: negatīvo ātruma projekciju kustības III posmā attēlo kā pozitīvu. Šoreiz dotā sagatave var palīdzēt – tur paredzēta vieta negatīvu vērtību attēlošanai.

Kad projekciju skaitliskās vērtības visos posmos atrastas, var uz asīm atlikt piemērotu mērogu, lai grafika posmiem pietiek vietas un tie nav “piespiesti” laika asij.

Tā kā katrā atsevišķā kustības posmā ātruma projekcijas nemainās, grafikā tās attēlo kā laika asij paralēlus nogriežņus. Par “pārejām” – pārtraukumiem starp posmiem – var neraizēties: uzdevumā teikts, ka ātrumu var mainīt momentāni.

Uzdevums tika vērtēts līmeņos ([13] 6. lpp.).

Uzdevums kopumā izrādījies grūts, labāk veicās skolēniem ar dziļāku satura apguves līmeni. “Veic aprēķinus un attēlo” pieprasa atbilstošajā vietā parādīt vismaz vienam kustības posmam ātruma projekcijas aprēķinu.

4. (3 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: zina ķermeņa līdzsvara nosacījumus; lieto spēka momenta jēdzienu, lai aprakstītu rotācijas kustību.

Analītiski spriež. Indikators: 1.3.4.	Iegūti punkti (%)							Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.	2,5 p.	3p.		
	61,3	3,01	23,5	2,56	1,75	1,39	6,52	0,18	0,56

Sagaidāmā atbilde: $F_{sm} = (m + \rho V)g = (1 + 0,014 \cdot 1000) \cdot 10 = 150 \text{ N}$

$$M_{sm} = M_{rokturim} \quad F_{sm} \cdot r = F_{rokturim} \cdot R \quad F_{rokturim} = (F_{sm} \cdot r)/R$$

$$F_{rokturim} = (150 \cdot 0,12)/0,40 = 45 \text{ N}$$

Šis uzdevums ir par vienu no vienkāršo mehānismu paveidiem – grieztuvi. Grieztuve ir sviras tipa vienkāršais mehānisms. Svira būtībā ir stienis, kuru atbalsta vienā punktā, ap kuru to var pagriezt. Tā ir viena no senākajām ierīcēm, kurā izmanto spēka momentu līdzsvara nosacījumu.

Svira ir līdzsvarā, ja spēku momentu summa ir vienāda ar nulli. Minimālais spēks, kas jāpieliek, lai spaini ar ūdeni paceltu, atbilst līdzsvara nosacījumam.

Lai aprēķinātu smaguma spēku, kas darbojas uz spaini, tātad – svaru, kas darbojas uz grieztuves īsāko plecu, vispirms jāaprēķina ūdens masa. Tad $m = \rho V = 1000 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 14 \text{ kg}$.

Smaguma spēks, kas darbojas uz pilnu spaini: $F_{sm} = (m + \rho V)g = (1 + 0,014 \cdot 1000) \cdot 10 = 150 \text{ N}$.

Grieztuves līdzsvara nosacījums: spaiņa smaguma spēka radītais griezes moments ir vienāds ar rokturim pieliktā spēka momentu, un $F_{sm} \cdot r = F_{rokturim} \cdot R$. No šī vienādojuma var izteikt un aprēķināt rokturim pielikto spēku: $F_{rokturim} = (F_{sm} \cdot r)/R = (150 \cdot 0,12)/0,40 = 45 \text{ N}$.

Uzdevums tika vērtēts pa soļiem ([13] 6. lpp.).

Uzdevums izrādījies ļoti grūts – pat pirmo punktu, aprēķinot pilna spaiņa smaguma spēku, 64 % no kārtotājiem nav varējuši iegūt. Savukārt, šis uzdevums ļāva demonstrēt ievērojami augstāku sniegumu skolēniem ar dziļāku satura apguves līmeni.

3.2. Satura modulis: SILTUMFIZIKA

Siltumfizikas satura modulis aptver 1., 4. un 12. dabaszinātņu lielo ideju.

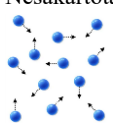
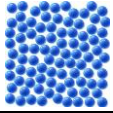
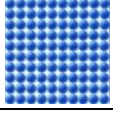
Šajā modulī skolēni apgūst vielas uzbūvi, siltuma procesus un to aprakstu. Pamatu pamats ir vielas uzbūves no daļiņām modelis un ideālas gāzes modelis, iekšējās enerģijas jēdziens, siltuma pārnese, siltuma daudzuma jēdziens. Lietojot vielas uzbūves modeli, jāprot skaidrot sasilšanu, atdzišanu un fāžu pārejas. Iekļauti arī ideālas gāzes modeļa pamatprincipi un termodinamikas likumi.

Jāprot aprēķināt siltuma daudzumu, analizēt un risināt siltuma bilances vienādojumus. Būtiski ir sasaistīt vielas aprakstu no “mikro-” skatpunkta ar makroskopiskajiem parametriem un to izmaiņām. Var noderēt zināšanas ķīmijā – mola, relatīvās atommasas un Avogadro skaitļa jēdzienu izpratne.

Turpinājumā uzskaitīts būtiskākais siltumfizikas satura modulī atbilstoši MD indikatoriem.

1. Vielas uzbūves modeļi. Molekulāri kinētiskās teorijas pamati. Ideāla gāze. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot šādus jēdzienus: atoms, molekula, vielas masa, vielas daudzums, relatīvā atommasa, Avogadro skaitlis, blīvums, tilpums, ideāla gāze, gāzes spiediens, vienatoma un divatomu gāze, difūzija. (2.1.1., 2.2.1., 2.2.3.)

Vielas sastāv no daļiņām, kuras atrodas nemitīgā kustībā. Jāzina daļiņu izvietojuma, mijiedarbības un kustības atšķirības gāzēs, šķidrumsos un cietās vielās.

Agregāt-stāvoklis	Attālums starp daļiņām R salīdzinājumā ar to izmēriem r_0	Struktūra	Daļiņu mijiedarbības spēki	Daļiņu kustības raksturs	Vielas īpašības
Gāze	$R \gg r_0$	Nesakārtota 	Ļoti mazi mijiedarbības spēki	Haotiska virzes kustība – daļiņas brīvi pārvietojas starp citām daļiņām	Nesaglabā ne formu, ne tilpumu. Var izplesties bezgalīgi. Viegli saspiežama (aizņem visu pieejamo tilpumu).
Šķidrums	$R \approx r_0$	Nesakārtota 	Savstarpējās pievilkšanās un savstarpējās atgrūšanās spēki	Svārstību kustība un virzes kustība	Nesaglabā formu, bet saglabā tilpumu. Praktiski nav saspiežams. Plūst.
Cieta viela	$R \approx r_0$	Sakārtota 	Savstarpējās pievilkšanās un savstarpējās atgrūšanās spēki	Svārstību kustība ap līdzsvara stāvokļiem	Saglabā formu un tilpumu. Var būt elastīga/plastiska, cieta/mīksta, trausla/izturīga.

Lietojot ideālas gāzes modeli, jāskaidro, kā gāzes daļiņu triecieni rada spiedienu p , kā notiek difūzija un termiskā izplešanās. Jāzina, ka cietvielas un šķidrums sasilstot izplešas nedaudz, gāzu termiskā izplešanās var būt būtiski lielāka.

2. Iekšējā enerģija un temperatūra. Skaidrojumos un pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: enerģija (iekšējā, potenciālā, kinētiskā), kustība, mijiedarbība, absolūtā temperatūra, gāzes molekulas brīvības pakāpes. (2.1.1., 2.3.1., 2.2.4.)

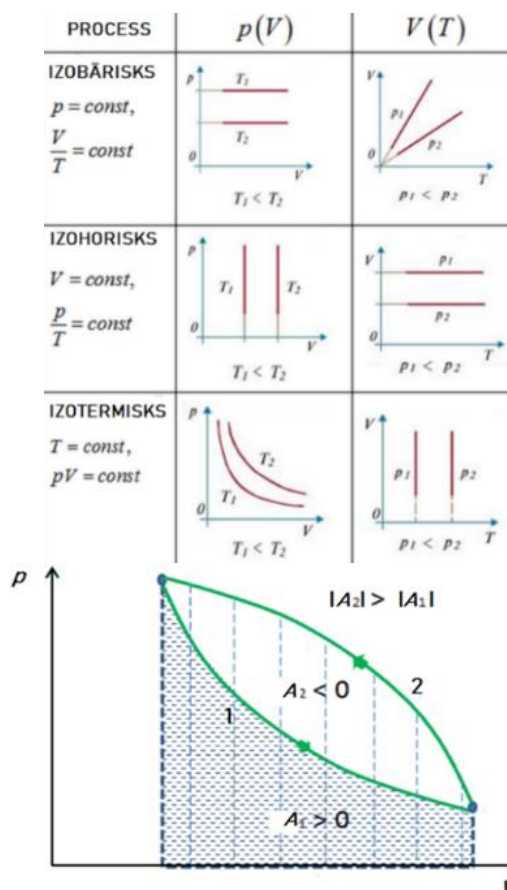
Ķermeņa iekšējā enerģija ir tā daļiņu kustības (kinētiskās) un mijiedarbības (potenciālās) enerģiju summa. Jāsaprot: jo stiprāka ir daļiņu mijiedarbība vielā, jo mazāka ir ķermeņa iekšējā enerģija (mijiedarbības potenciālo enerģiju pieņem par negatīvu lielumu). Absolūtā temperatūra T raksturo daļiņu vidējo kinētisko (kustības) enerģiju. Ir jānošķir jēdzieni, kurus visus nereti sauc par siltumu, – temperatūra, iekšējā enerģija un siltuma daudzums.

3. Ideālas gāzes stāvokļa vienādojums. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: spiediens, tilpums, absolūtā temperatūra, izoparametriskie procesi gāzēs. (2.2.1., 2.2.2., 2.2.5., 2.2.6., 2.5.5., 2.5.6.)

Gāzes parametru izmaiņu analīzē izmanto sakarību $pV/T = \text{const}$ (ja gāzes masa m nemainās). $T = t + 273$, kur t – temperatūra Celsija grādos. Jāprot grafiski attēlot izoparametriskus procesus pV un VT koordinātu asīs un skaidrot procesus, izmantojot šos grafikus (sk. 1. daļas 8. testelementa analīzi).

4. Termodinamikas pamati. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: siltuma daudzums, iekšējās enerģijas izmaiņa, gāzes darbs, adiabātisks process ($Q = 0$), pirmais termodinamikas likums ($\Delta U = Q - A$). (2.3.3., 2.3.4., 2.3.5.)

Iekšējās enerģijas izmaiņas izraisa siltuma daudzuma pievadīšana vai aizvadīšana, vai darbs. Gāzes iekšējās enerģijas maiņa jāsaista ar tās absolūtās temperatūras izmaiņu. Jāprot noteikt gāzes darbu kā laukumu zem spiediena grafika, ja process attēlots pV koordinātu asīs (sk. 1. daļas 9. testelementa analīzi).

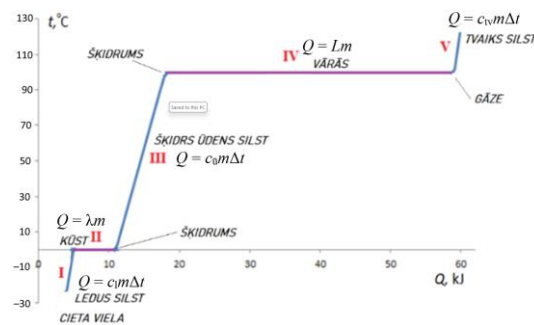


5. Siltuma daudzums un siltuma bilance. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: siltuma daudzums, īpatnējais sadegšanas siltums, vielas īpatnējā siltumietilpība, siltuma bilances vienādojums. (2.3.2., 2.3.6., 2.5.6.)

Analizējot siltuma procesus, jāizmanto siltumprocesu grafiki un siltuma bilances vienādojums, iekļaujot arī fāžu pārejas: ja siltuma zudumu nav, $Q_{saņemtais} = Q_{atdots}$ (sk. 1. daļas 7., 8. un 2. daļas 1.4. un 1.5. testelementu analīzi).

6. Fāžu pārejas. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: īpatnējais kušanas siltums, īpatnējais iztvaikošanas siltums, kušanas temperatūra, vārīšanās temperatūra. (2.3.6., 2.5.4., 2.5.5.)

Jāzina, ka, kristāliskai vielai kūstot un šķidrumam vāroties, temperatūra nemainās – viss vielai pievadītais siltuma daudzums Q izmantots saišu pārraušanai starp vielas daļiņām ($Q = \lambda m$; $Q = Lm$). Temperatūra nemainās, arī šķidrumam kristalizējoties vai gāzveida vielai kondensējoties, – saites starp daļiņām atjaunojas un izdalās noteikts siltuma daudzums Q . Jāzina atšķirība starp iztvaikošanu un vārīšanos. Jāskaidro agregātstāvokļu maiņa no vielas uzbūves skatpunkta. Sk. 2. daļas 5. testelementa analīzi.



7. Siltuma pārnese. Skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: siltumvadīšana, konvekcija, siltumstarojums. (2.4.1.) Siltumvadīšana – siltuma pārnese vielā vai starp saskarē esošiem ķermeņiem daļiņu kustības un mijiedarbības dēļ. Konvekcija – siltuma pārnese, ko izraisa šķidruma vai gāzes kustība, kas rodas dažādo slāņu temperatūras un tātad blīvuma atšķirību dēļ. Siltumstarojums – siltuma pārnese ar elektromagnētisko starojumu. Ja ķermenis labi absorbē starojumu, tas ir arī labs izstarotājs. Sk. 2. daļas 2.2. testelementa analīzi.

8. Spēki šķidrums un cietās vielās. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: hidrostatiskais spiediens, Arhimēda spēks, elastības spēks. (2.5.2., 2.5.3.)

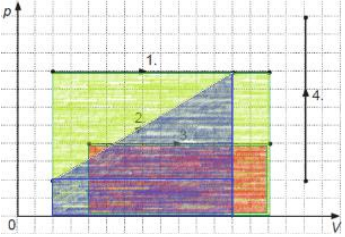
Jālieto Huka likums, aprēķinot elastības spēku, absolūto pagarinājumu un stinguma koeficientu. Jāzina ķermeņa peldēšanas nosacījumi. Atbilstošās sakarības atrodamas datu bukleta mehānikas sadaļā. Sk. 1. daļas 6. testelementa analīzi.

Šajā monitoringa darbā siltumfizikas satura modulis veido 18,2 % (9 testelementi, 12 punkti) no visa darba. Vidējā izpilde šajā satura modulī ir 40 %. Divi testelementi ir bijuši grūti (izpilde – zemāka nekā 27 %). Nevienš testelements nav bijis ļoti viegls (izpilde – augstāka nekā 73 %), lai gan viens testelements ir tuvu šai robežai (izpilde – 70 %).

MD 1. daļas testelementi

Pareizā atbilde pasvītota.

Nr.	Prasme, indikators	Atbildes izvēle (%)				Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
		A	B	C	D		
7.	Zina un lieto. 1.2.1.	2,2	21,2	6,3	69,6	0,70	0,21
	Šis uzdevums pamatoti ir bijis visvieglākais siltumfizikas uzdevums, jo faktiski pārbauda pamatskolas zināšanas. Jāzina, ka siltuma daudzums Q ir iekšējās enerģijas daļa, ko ķermenis iegūst vai zaudē siltumapmaiņas procesā. Siltuma daudzums ir enerģija, tāpēc tā SJ mērvienība ir džouls: $[Q] = J$. Jāuzmanās no tipiska maldīgā priekšstata – nedrīkst jaukt siltuma daudzumu ar temperatūru. Var palīdzēt apzīmējumu saraksts datu bukletā, kur iekļautas fizikālo lielumu SJ mērvienības.						
8.	Zina un lieto. 2.5.6.	24,6	18,8	34,2	21,5	0,19	0,26
	Jāzina, ka, kristāliskai vielai kūstot, tās temperatūra paliek nemainīga. Tieši tādēļ viens no būtiskiem vielas raksturlielumiem ir tās kušanas temperatūra. Grafikā parādīta temperatūras izmaiņa laikā. No piektās līdz divdesmitajai minūtei temperatūra nemainās, tātad alumīnijs kūst 15 minūtes. Katru minūti pievada 1 kJ siltuma enerģijas. Tātad, alumīnijam kūstot, pievadīts siltuma daudzums $Q = 15 \text{ min} \cdot 1 \text{ kJ/min} = 15 \text{ kJ}$.						

	Uzdevums jālasa ļoti uzmanīgi – jautājums uzdots tieši un tikai par to posmu, kurā viela atrodas kušanas temperatūrā. Iespējams, jautājuma formulējums nav bijis pietiekami skaidrs.						
9.	Zina un lieto. 2.3.5.	33,2	38,3	1,9	25,9	0,34	0,35
Jāizmanto datu bukletā atrodamā sakarība gāzes veiktā darba aprēķināšanai: $A = p\Delta V$. Ja notiek izobārisks process, kurā gāze izplešas nemainīgā spiedienā, gāzes veiktais darbs ir vienāds ar taisnstūra laukumu zem spiediena grafika atkarībā no tilpuma. Minētajai situācijai atbilst 1. un 3. process. Ja spiediens mainās, var spriest līdzīgi un secināt, ka gāzes veiktais darbs ir vienāds ar figūras laukumu zem spiediena grafika atkarībā no tilpuma. Redzams, ka vislielākais laukums – tātad vislielākais gāzes veiktais darbs – atbilst 1. procesam. Praktiski šāds uzdevums MD skolēniem bija jāveic arī pirms gada – 2024. gada MD līdzīgas zināšanas pārbaudīja 1. daļas 9. testelements, kura izpilde gandrīz neatšķiras no šī testelementa izpildes [11].							
10.	Zina un lieto. 2.2.6.	20,7	49,9	15,2	13,5	0,50	0,39
Jāzina vai jāatrod datu bukletā sakarība, kas saista ideālas gāzes spiedienu p , tilpumu V un absolūto temperatūru T , ja gāzes masa m nemainās: $pV/T = \text{const}$. Gāzes temperatūra nemainās, tātad arī spiediena un tilpuma reizinājums nemainās: $pV = \text{const}$. Zīmējumā redzams, ka gāzes tilpums pieaudzis 3 reizes: cilindra tilpumu V var aprēķināt kā virzuļa laukuma S un cilindra garuma l reizinājumu. Sākumā cilindra garums ir $L_1 = 20$ cm, bet beigās tas ir $L_2 = (20 + 40)$ cm = 60 cm. Ja gāzes tilpums pieaudzis 3 reizes, tad spiedienam jāsamazinās 3 reizes, lai gāzes tilpuma un spiediena reizinājums paliktu nemainīgs. Izplatīta ir arī atbilde A. Varbūt pieļauta tipiska neuzmanības kļūda, maldīgi pieņemot, ka tilpums palielinājies divas reizes.							
11.	Zina un lieto. 2.2.5.	28,4	13,0	18,0	39,5	0,40	0,21
Gaisa masa m nemainās, jo virzulis cilindru noslēdz hermētiski. Spiediens p nemainās – virzulis var pārvietoties brīvi, bez berzes, un tas vienmēr atradīsies stāvoklī, kurā spiediena spēks – tātad arī spiediens uz virzuli no cilindra iekšpuses un ārpusē – būs vienāds ar atmosfēras spiedienu. Virzulim pārvietojoties, gāzes tilpums V mainīsies. Gaisam var izmantot ideālas gāzes modeli. Tātad var izmantot datu bukletā atrodamo sakarību $pV/T = \text{const}$. Tā kā spiediens nemainās, var secināt, ka $V/T = \text{const}$. Šim un iepriekšējam testelementam saturiski līdzīgs uzdevums bija iekļauts arī 2024. gada MD (2. daļas 2.3. uzdevums) [11]. Toreiz to izpilde bija zemāka – ap 27 % –, iespējams, tādēļ, ka nebija piedāvāti atbilžu varianti. Liela daļa skolēnu nebija ņēmuši vērā to, ka jāizmanto absolūtā temperatūra T .							

MD 2. daļas testelementi

1.4. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: lieto siltuma bilances vienādojumu.

Zina un lieto (analītiski spriež). Indikators: 2.3.2.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	46,2	0,36	53,5	0,54	0,31

Sagaidāmā atbilde: 25. Atbilžu varianti: 25 °C, 25 grādi, divdesmit pieci.

Ja starp diviem ķermeņiem, kas veido izolētu sistēmu, notiek tikai siltumapmaiņa, tad saskaņā ar pirmo termodinamikas likumu viena ķermeņa atdotais siltuma daudzums Q_A un otra ķermeņa saņemtais siltuma daudzums Q_S ir skaitliski vienādi: $Q_A = Q_S$.

Šajā uzdevumā ūdens agregātstāvoklis nemainās, tādēļ jāņem vērā tikai sasilstot vai atdziestot saņemtais vai atdotais siltuma daudzums (Datu bukletā atrodama sakarība $Q = cm\Delta T$).

$$Q_A = c_{\text{ū}}m(100 - 50); Q_S = c_{\text{ū}}2m(50 - t_X)$$

$$c_{\text{ū}}m50 = c_{\text{ū}}2m(50 - t_X) \rightarrow 50 = 2(50 - t_X) \rightarrow 50 = 100 - 2t_X \rightarrow 2t_X = 50 \rightarrow t_X = 25 \text{ °C}$$

Var spriest vienkārši – aukstā ūdens ir divreiz vairāk, tātad temperatūra mainīsies divreiz mazāk. $50/2 = 25 \text{ °C}$.

1.5. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: zina, ka, kristāliskai vielai kūstot, temperatūra nemainās.

Izpratne (informācijpratība). Indikators: 2.5.6.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	61,1	0,77	38,1		

Sagaidāmā atbilde: 1500. Atbilžu varianti: 1500 °C, 1500 grādi, atbilde rakstīta vārdiem.

Jāzina, ka, kristāliskai vielai kūstot un šķidrumam vāroties, temperatūra nemainās.

Attēlojot šos siltuma procesus grafiski, uz vertikālās ass parasti atliek temperatūru, bet uz horizontālās – pievadīto siltuma daudzumu. Ja siltuma daudzumu pievada vienmērīgi, uz horizontālās ass atliek laiku.

Skaidrs, ka vielas kušanas temperatūra ir zemāka nekā vārīšanās temperatūra, tātad kušanai atbilst zemākais horizontālais grafika posms. Vielas kušanas temperatūra ir 1500 °C.

Uzdevumā dotajā grafikā var samulsināt tas, ka grafika posmi, kuri atbilst vielas silšanai, nav, kā tas ierasts, taisnes. Grafiks attēlo reālu situāciju – ķermenis daļu siltuma atdod apkārtējai videi. Turklāt, jo lielāka ir ķermeņa un apkārtējās vides temperatūru starpība, jo ātrāk notiek siltumapmaiņa. Tādēļ – jo augstāka temperatūra, jo lēnāk viela silst.

Vielas īpatnējais iztvaikošanas siltums parasti ir daudz lielāks nekā īpatnējais kušanas siltums, tādēļ vārīšanās procesam atbilstošais horizontālais posms ir garāks – arī tas apliecina atbildes pareizību.

2.2. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: skaidro, lietojot zināšanas par siltuma pārnese veidiem.

Skaidro un pamato. Indikators: 2.4.1.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.		
	12,6	12,9	36,7	20,8	17,1		

Sagaidāmā atbilde: putas traucē siltumam nonākt gaisā. Tā notiek tādēļ, ka (ir vismaz viens situācijai atbilstošs skaidrojums) putas ir siltuma izolators, jo satur gaisa burbulīšus. Putas neļauj izstarot siltumu, jo ir baltā krāsā. Putas kavē siltā gaisa pacelšanos no krūzītes. Putas aizkavē iztvaikošanu, bet siltumu iztvaikošanai ņem no kafijas.

Uzdevums ir par siltuma pārnese. Lai saprastu situāciju, jāaplūko attēls un uzmanīgi jāizlasa teksts.

Redzams, ka krūzītes ir vienādas. Rakstīts, ka īpatnējā siltumietilpība, masa un sākuma temperatūra abos gadījumos ir vienādas. Tātad atdzišanas ātrums būs atkarīgs tikai no tā, cik lielu siltuma daudzumu vienā laika vienībā kafija atdod apkārtējai videi.

Kafijas temperatūra ir augstāka nekā apkārtējās vides temperatūra, tāpēc notiks siltumenerģijas pārnese, līdz šīs temperatūras kļūs vienādas – iestāsies siltuma līdzsvars.

Vienu punktu šajā uzdevumā var iegūt, ja ir minēts “iemesls” – putas traucē siltumam nonākt gaisā. Šo punktu viegli varēja iegūt arī tad, ja neko neuzrakstīja par to, kā tieši putas traucē siltuma pārnesei. Redzams, ka apmēram 75 % skolēnu šo vienu punktu ir ieguvuši.

Lai iegūtu otru punktu, skaidrojums jāprecizē. Pietiek ar vienu no iespējamajiem paskaidrojumiem.

Jau no pamatskolas fizikas kursa zināmi trīs siltuma pārnese veidi.

- **Siltumvadīšana.** Ļoti labi siltumu vada metāli, ļoti slikti – gāzes un poraini materiāli. Apģērbs “nesilda”, bet gan aizkavē siltuma apmaiņu ar apkārtējo vidi. Līdzīgi arī putas, kuras satur gaisa burbulīšus, slikti vada siltumu.
- **Siltumstarojums.** Termisko starojumu izstaro visi ķermeņi, kuru temperatūra atšķiras no absolūtās nulles. Jāzina saistība starp ķermeņa absorbcijas spēju un izstarošanas spēju – labs absorbētājs ir labs izstarotājs. Spožas, baltas virsmas slikti absorbē un maz izstaro, tumšas virsmas labi absorbē un labi izstaro. Tātad baltās putas salīdzinājumā ar melno kafiju siltumu izstaros lēnāk.
- **Konvekcija** – veids, kā notiek siltumenerģijas pārnese šķidrumos un gāzēs. Piena putas “kā vāks” traucē konvekcijas plūsmas veidošanos virs krūzītes.

Vēl jāpiemin iztvaikošana. Iztvaikošana nav siltuma pārnese veids, bet siltuma daudzums, šķidrumam iztvaikojot, tiek ņemts galvenokārt no paša šķidruma, tātad – iztvaikojot šķidrums atdziest. Piena putas “kā vāks” traucē kafijai iztvaikot un atdzist.

Uzdevums ir vidēji grūts. Konkrētu atbilžu, par kurām iegūts 0 punktu, analīze rāda, ka šie skolēni neprot izteikties, neprot formulēt domu, nelieto vispārpieņemtos terminus. Daļa šo skolēnu raksta “kaut ko” vai pārraksta uzdevuma tekstu cerībā, ka vismaz vienu punktu saņems. Skaidrošanas prasme bijusi nepietiekama.

5. (3 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: skaidro ķermeņa atdzišanu ar enerģijas zaudēšanu, šķidrumam iztvaikojot.

Skaidro un pamato. Indikators: 2.5.4.	Iegūti punkti (%)							Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.	2,5 p.	3p.		
	41,9	22,4	18,6	5,49	4	3,19	4,45	0,22	0,47

Sagaidāmā atbilde: sviedri no cilvēka ķermeņa iztvaiko. Iztvaikošanai nepieciešamais siltuma daudzums $Q = Lm$ galvenokārt tiek ņemts no cilvēka ķermeņa. Zaudējot siltumu, ķermenis atdziest.

Kā uzdevumā teikts, svīšana ir viens no cilvēka organisma termoregulācijas veidiem. Kad ķermeņa temperatūra paaugstinās slodzes vai karstuma dēļ, sviedru dziedzeri izdala sviedrus uz ādas virsmas.

Tipiska skolēnu kļūda bija atbildēt uz jautājumu, kas nav uzdots, rakstot, ka svīšana vajadzīga termoregulācijas (ķermeņa dzesēšanas) dēļ. Šī ziņa jau ir ietverta uzdevuma tekstā. Tieši šī iemesla dēļ bija daudz ar 0 punktiem novērtētu atbilžu. Jāatbild uz fizikas jautājumu, kādēļ svīšana šo termoregulāciju var nodrošināt, tātad – kādā veidā svīšana veicina ķermeņa atdzišanu.

Sviedri pēc būtības ir ūdens. Atdzišanas cēlonis ir ūdens agregātstāvokļa maiņa – iztvaikošana. Iztvaikošanai ir nepieciešams noteikts siltuma enerģijas daudzums. Datu bukletā atrodama atbilstoša sakarība: $Q = Lm$, kur L – īpatnējais iztvaikošanas siltums un m – iztvaikojušā ūdens (sviedru) masa.

Šo siltuma daudzumu nevar paņemt “no ārpuses” – gaiss ir labs siltuma izolators, tā blīvums ir mazs – siltuma apmaiņa ar gaisu praktiski nenotiek. Tātad iztvaikošanai nepieciešamais siltuma daudzums jāņem no ādas un tās tuvumā esošajiem audiem, tādējādi pazeminot to temperatūru.

Uzdevums tika vērtēts līmeņos ([13] 7. lpp.). Šāds ir snieguma apraksts viena punkta iegūšanai: 1 punkts – skaidrojums ir nepilnīgs, saista temperatūras pazemināšanos ar enerģijas aizvadīšanu no ķermeņa (siltuma atdošanu), bet nekonkretizē enerģijas aizvadīšanas mehānismu, vai arī tas skaidrots nepareizi.

Arī šajā gadījumā, līdzīgi kā 2.2. uzdevumā, viens punkts no trim bija viegli nopelnāms – uzrakstot tikai pašsaprotamo faktu, ka temperatūra pazeminās, aizvadot enerģiju no ķermeņa, detalizētāk nepaskaidrojot.

Ar šo uzdevumu salīdzināms uzdevums – trīspunktu siltumfizikas uzdevums, kas pārbauda prasmi skaidrot un pamatot, – bija iekļauts arī 2024. gada MD (2. daļas 4. uzdevums) [11]. “Šaurās vietas” abu uzdevumu risinājumos bijušas līdzīgas – skolēni nav precīzi sapratuši uzdevuma jautājumu, risinājumā atkārtējuši uzdevuma tekstu, skaidrojums bijis ļoti virspusējs. Sniedzot atbildi trīspunktu testelegantam, jāpadomā, vai skaidrojumā ir ietverti vismaz trīs atsevišķi elementi, risinājuma vai skaidrojuma soļi.

3.3. Satura modulis: ELEKTROMAGNĒTISMS

Elektromagnētisma satura modulis aptver 1.–4. dabaszinātņu lielo ideju.

Šajā modulī skolēni izzina elektromagnētisko mijiedarbību tās daudzveidīgajās izpausmēs. Pamatu pamats ir elektriskā lādiņa, elektriskā lauka, magnētiskā lauka un elektromagnētisko viļņu jēdzieni un to raksturlielumi. Būtiska ir elektriskās strāvas jēdziena izpratne un ar to saistītās likumsakarības.

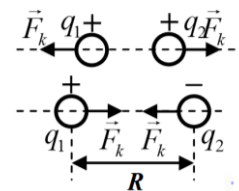
Jāprot attēlot shēmas un analizēt elektriskos slēgumus, to raksturlielumus un enerģijas pārvērtības. Būtiska ir izpratne par lauku iedarbību uz lādētām daļiņām un strāvu, kā arī par elektromagnētiskās indukcijas parādību.

Turpinājumā uzskaitīts būtiskākais elektromagnētisma satura modulī atbilstoši MD indikatoriem.

1. Elektriskais lādiņš un elektriskais lauks. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: elektrons, elektriskais lādiņš, protons, neitrons, jons, elektrizācija, elektriskais lauks, Kulona likums, elektriskā lauka intensitāte, kapacitāte, kondensators, relatīvā dielektriskā caurlaidība. (3.1., 3.1.1.–3.1.4.)

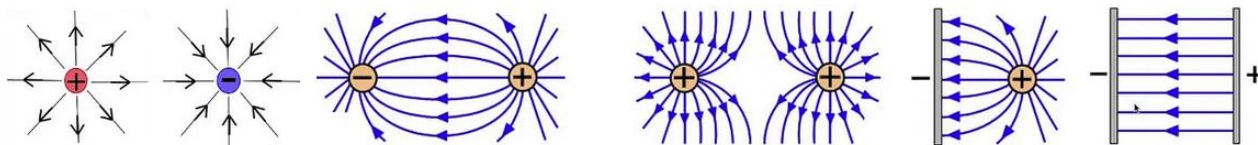
Elektriskais lādiņš ir fizikāls lielums, kas nosaka elektromagnētisko mijiedarbību. Mazākais nedalāmais lādiņš dabā ir elementārlādiņš $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Šāds lādiņš piemīt elektronam (–) un protonam (+). Lādiņš vienmēr ir vesels skaits elementārlādiņu ($q = Ne$).

$$\left. \begin{array}{l} F \sim q_1 \\ F \sim q_2 \\ F \sim \frac{1}{R^2} \end{array} \right\} F_K = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{R^2 \cdot \epsilon}$$



Divu punktveida lādiņu mijiedarbības spēku F_k apraksta Kulona likums. Relatīvā dielektriskā caurlaidība ϵ ir lielums, kas parāda, cik reizi vide samazina mijiedarbības spēku starp lādiņiem salīdzinājumā ar vakuumu. Jāsaskata līdzība starp gravitācijas likumu un Kulona likumu (sk. 1. daļas 12. un 2. daļas 1.7. testelementu analīzi).

Lādētas daļiņas maina telpu ap sevi – rada elektrisko lauku, kuru raksturo intensitāte $E = F/q$. Elektrisko lauku attēlo ar līnijām, kuru pieskares ir intensitātes vektori: līnijas iet no pozitīvā lādiņa uz negatīvo. Pozitīvi lādēta daļiņa pārvietojas E virzienā, negatīva – pretēji tam. Lādiņu radītie elektriskie lauki summējas. Jāprot attēlot elektriskā lauka intensitātes līnijas ap punktveida lādiņiem un lielas uzlādētas plāksnes tuvumā (sk. 2. daļas 2.4. testelementa analīzi).



Potenciāls ϕ raksturo elektrisko lauku no enerģijas skatpunkta. Spriegums U ir potenciālu starpība starp diviem punktiem. Elektriskā kapacitāte raksturo vadītāju vai to sistēmas (kondensatora) spēju uzkrāt lādiņu. Plakņu kondensatora kapacitāti nosaka plātņu laukums, savstarpējais attālums un vide starp plātnēm.

Elektriskajā laukā novietota vadītāja iekšienē elektriskais lauks ir vienāds ar nulli – ir notikusi elektrostatiskā indukcija, un brīvie lādiņnesēji vadītājā ir pārvietojušies. Ārpus vadītāja elektriskā lauka intensitātes līnijas ir perpendikulāras virsmai, virsmas potenciāls visos punktos ir vienāds.

2. Elektriskā strāva, līdzstrāvas un maiņstrāvas ķēdes. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: galvaniskais elements, elektriskā strāva, strāvas stiprums, spriegums, pretestība, rezistors, elektriskā ķēde, Oma likums ķēdes posmam, virknes slēgums, paralēlslēgums, jauktais slēgums, elektrodzinējspēks, iekšējā pretestība, Oma likums noslēgtai ķēdei, elektriskā jauda, strāvas siltuma darbība. (3.2.1.–3.2.8., 3.3.1., 3.3.2., 3.4.1.–3.4.3.)

Elektriskā strāva ir lādiņnesēju virzīta kustība. To raksturo strāvas stiprums $I = q/t$. Strāva plūst tikai tad, ja vadītājā ir brīvie lādiņnesēji un tajā pastāv elektriskais lauks, kuru rada elektroenerģijas avots – ierīce, kas elektriskajā enerģijā pārvērš ķīmisko, mehānisko vai cita veida enerģiju. Avotu raksturo elektrodzinējspēks $\mathcal{E}$.

Paša vadītāja ietekmi uz strāvu raksturo elektriskā pretestība R . Tā atkarīga no vadītāja materiāla (īpatnējās pretestības ρ) un izmēriem: $R = \rho/l/S$, tātad garam un tievam vadam pretestība ir lielāka.

Spriegums U raksturo darbu, ko elektriskais lauks veic, pārvietojot lādiņu ķēdes posmā: $U = A/q$.

Strāvas stiprums vadītājā ir tieši proporcionāls vadītājam pieliktajam spriegumam U un apgriezti proporcionāls pretestībai R , to apraksta Oma likums ķēdes posmam: $I = U/R$. Slēgumu, kurā iekļauts arī sprieguma avots, apraksta Oma likums noslēgtai ķēdei: $I = \mathcal{E}/(R + r)$.

Jāzina svarīgākie elektriskās ķēdes elementi un to apzīmējumi (sprieguma avoti, patērētāji, mērierīces).

Jāzina vadītāju slēgumu īpašības (sk. tabulu turpinājumā).

Īpašība	Virknēs slēgums	Paralēlslēgums
Slēguma shēma		
Strāvas stiprums	Strāvas stiprums visos posmos ir vienāds.	Strāvas stiprumi sadalās apgriezti proporcionāli pretestībām.
Spriegums	Spriegumi sadalās proporcionāli pretestībām.	Spriegums visos posmos ir vienāds.
Kopējā pretestība	$R_{kop} = R_1 + R_2 + \dots$	$\frac{1}{R_{kop}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$
Bojājuma sekas	Viena posma pārtraukšana atslēdz strāvu pārējos posmos.	Viena posma pārtraukšana neatslēdz strāvu citos posmos.
Jaudas aprēķins	$P = I^2 R$ (I visos posmos vienāds)	$P = U^2 / R$ (U visos posmos vienāds)

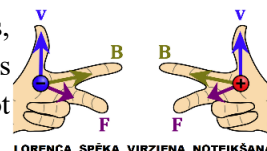
Voltmetru ķēdē slēdz paralēli (posmam), ampērmetru ķēdē slēdz virknē.

Strāvas darbu apraksta sakarība $A = qU$, tātad $A = IUt$ un jauda $P = IU$. Strāvai plūstot, vadītājs sasilst. Vadu sasilšanu apraksta Džoula–Lenca likums $Q = I^2 R t$. Jāsaprot, ka ķēdes posma jauda dažādos slēgumos atšķirsies – virknēs slēgumā lielāka jauda izdalās lielākas pretestības posmā, bet paralēlslēgumā – mazākas pretestības posmā; sk. 1. daļas 13., 14., 15 un 2. daļas 1.6. un 6. testelementu analīzi.

3. Magnētiskais lauks. Elektromagnētiskā indukcija. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: magnētiskais lauks, magnētiskā plūsma, kontūrs, magnētiskā lauka indukcija, transformators, sprieguma momentānā vērtība, efektīvais spriegums, aktīvā pretestība, Ampēra spēks, Lorenca spēks, feromagnētiķi, elektromagnētiskā indukcija, primārais tinums, sekundārais tinums. (3.5.2.–3.5.7.)

Magnētisko lauku rada pastāvīgie magnēti un strāvas vadi. Magnētiskā lauka līnijas iziet no magnēta ziemeļpola un ieiet dienvidpolā, ap taisnu strāvas vadu tās veido noslēgtus aplis. Magnētisko lauku raksturo tā indukcija B . Vietas klātbūtne izmaina magnētiskā lauka indukciju, kurā tā atrodas. Šo vietas īpašību raksturo relatīvā magnētiskā caurlaidība μ . Feromagnētiķi ir vielas, kurām $\mu \gg 1$, tās ārējo magnētisko lauku daudzkārt pastiprina. Jāprot skaidrot elektromagnēta darbības principu. Jāzina, ka elektromagnēta radīto lauku nosaka strāvas stiprums tinumā, vijumu skaits un feromagnētiķa serde.

Magnētiskajā laukā uz strāvas vadu darbojas Ampēra spēks. Tā cēlonis ir Lorenca spēks, kas maina lādētas daļiņas kustības virzienu magnētiskajā laukā. Abu spēku virzienus nosaka “roku likumi”. Jāprot noteikt šo spēku virzienu un lielumu, izmantojot atbilstošās sakarības (dotas datu bukletā), sk. 1. daļas 16. testelementa analīzi.



LORENCA SPĒKA VIRZIENA NOTEIKŠANA

Elektromagnētiskā indukcija rodas, ja noslēgtā kontūrā laikā mainās magnētiskā plūsma. Indukcijas strāvas virzienu nosaka Lenca likums: inducētās strāvas virziens vienmēr ir tāds, ka tās radītais magnētiskais lauks pretojas izmaiņām, kuru dēļ strāva rodas.

Mainstrāva var rasties, vadītājam rotējot magnētiskajā laukā un mainoties magnētiskajai plūsmai caur vadītāju (elektromagnētiskās indukcijas rezultātā). Tās stiprums un virziens periodiski mainās – jāsaprot sprieguma un strāvas maiņas sinusoidālais raksturs. Lietojot maiņstrāvas grafikus, jānosaka raksturlielumi – frekvence, maksimālās un efektīvās sprieguma un strāvas stipruma vērtības. Jāzina, ka maiņstrāvas jaudu aprēķina, izmantojot efektīvās vērtības.

Jāprot skaidrot transformatora darbības princips – tā pamatā ir elektromagnētiskās indukcijas parādība. Transformators pārveido maiņspriegumu, nemainot maiņstrāvas frekvenci. Jāprot aprēķināt sprieguma izmaiņa, ja zināms vijumu skaits primārajā un sekundārajā tinumā.

4. Elektromagnētiskās svārstības un viļņi. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: elektromagnētiskās svārstības, svārstību kontūrs, elektromagnētiskie (EM) viļņi, periods, frekvence, viļņa garums, EM viļņu skala, radioviļņi, mikroviļņi. (3.6.1.–3.6.3.)

Elektromagnētiskie viļņi (EMV) ir elektriskā un magnētiskā lauka svārstības, kuras izplatās telpā. EMV ir šķērsviļņi. Jāzina, ka EM viļņi savstarpēji perpendikulāri svārstās elektriskā lauka intensitāte un magnētiskā lauka indukcija. Vakuumā EMV izplatās ar ātrumu $c = 3 \cdot 10^8$ m/s, bet citās vidēs – lēnāk. EMV raksturlielumi ir viļņa garums λ , frekvence f un ātrums: $v = \lambda f$. EMV iedarbība un īpašības ir atkarīgas no frekvences. Datu bukletā pieejama EMV skala.

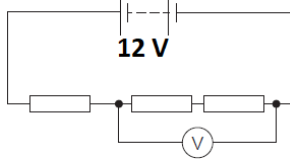
EMV piemīt dažādas īpašības: uz robežas starp divām vidēm tie lūst un/vai atstarojas. EMV pārklāšanās rezultātā var veidoties interferences aina. EMV var aplikties ap šķērsli – notiek difrakcija.

Jāzina, ka EMV var rasties svārstību rezultātā LC kontūrā. Svārstību kontūru veido virknē saslēgti kondensators un spole. Kondensatora elektriskā lauka enerģija periodiski pārvēršas spoles magnētiskā lauka enerģijā – un otrādi. Svārstību frekvenci nosaka kondensatora kapacitāte un spoles induktivitāte.

Monitoringa darbā elektromagnētisma satura modulis veido 18,2 % (9 testelementi, 12 punkti). Vidējā izpilde šajā satura modulī ir 39 %. Viens testelements (2.4.) ir bijis visgrūtākais šajā darbā (izpilde – ap 10 %). Ar elektromagnētisma saturu saistīts arī testelements 2.3., kurš attiecināts uz satura moduli “Pētnieciskā un eksperimentālā darbība”.

MD 1. daļas testelementi

Pareizā atbilde pasvītota.

Nr.	Prasme, indikators	Atbildes izvēle (%)				Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
		A	B	C	D		
12.	Zina un lieto. 3.1.1.	16,5	12,2	28,0	42,4	0,43	0,40
	Jāizmanto datu bukletā atrodamais Kulona likums, kas apraksta divu lādiņu mijiedarbību: $F = \frac{k q_1 q_2 }{\epsilon R^2}$. Elektriski lādētu ķermeņu savstarpējās mijiedarbības spēks ir apgriezti proporcionāls attālumam starp tiem: $F \sim 1/R^2$. Ja attālumu samazina 2 reizes, mijiedarbības spēks pieaug 4 reizes: $F_1 \sim 1/R^2$; $F_2 \sim 1/(R/2)^2 \Rightarrow F_2 = F_1 \cdot 4$.						
13.	Zina un lieto. 3.2.4.	7,4	13,9	55,5	22,3	0,56	0,31
	Datu bukletā atrodama sakarība $R = \rho/l/S$, kas apraksta vada pretestības atkarību no tā raksturlielumiem. Vadi ir no viena materiāla, tātad īpatnējā elektriskā pretestība ρ tiem ir vienāda. Lielāka pretestība ir vadam ar lielāko garumu l un mazāko šķērsgriezuma laukumu S, tātad – mazāko diametru d. Piedāvātajās atbildēs vadu garumu un diametru vērtības pa pāriem atkārtojas, tādēļ aprēķinus var neveikt – vispirms izvēlas garāko vadu (atbildes C un D), pēc tam no šīm abām – to, kurā vada diametrs ir mazāks (C).						
14.	Zina un lieto. 3.2.3.	16,8	4,3	35,5	42,6	0,43	0,31
	Slēguma shēmā attēlotie rezistori slēgti virknes slēgumā. Voltmets, kas pieslēgts paralēli diviem rezistoriem, tātad – to virknes slēgumam – rāda 8 V. Virknes slēgumā kopējā pretestība ir visu atsevišķo pretestību summa. Virknes slēgumā strāvas stiprums caur visiem rezistoriem ir vienāds. Izmantojot Oma likumu ķēdes posmam $I = U/R$, var secināt, ka spriegumi 4 V 8 V = 2 · 4 V virknes slēgumā sadalās tieši proporcionāli pretestībām – tātad spriegums uz diviem vienādiem virknē slēgtajiem rezistoriem (8 V) ir divas reizes lielāks nekā spriegums uz vienu rezistoru (4 V). Kad voltmets ir pieslēgts baterijas spailēm un ķēde ir noslēgta, voltmets rāda kopējo visai ārējai ķēdei (trim vienādiem virknē saslēgtiem rezistoriem) pielikto spriegumu. Spriegums uz baterijas spailēm $U = 3 \cdot 4 \text{ V} = 12 \text{ V}$. 						
15.	Zina un lieto. 3.4.3.	42,4	48,1	5,1	3,7	0,49	0,25
	Vairāk sasils tā stieple, kurā vienādos laika intervālos izdalīsies lielāks siltuma daudzums. Siltuma daudzumu var aprēķināt, izmantojot datu bukletā atrodamo Džoula–Lenca likumu: $Q = I^2 R t$. Uzdevuma attēlā redzams, ka vara un alumīnija vadi savstarpēji saslēgti virknes slēgumā, tātad strāvas stiprums I abās stieplēs ir vienāds. Vairāk sasils tā stieple, kuras pretestība R ir lielāka. Datu bukletā atrodama sakarība $R = \rho/l/S$. Stieplu garumi l un diametri d (tātad – arī S) ir vienādi, un lielāka pretestība ir stieplei, kuras materiāla īpatnējā elektriskā pretestība ir lielāka. ρ vērtības dotas uzdevuma tekstā – alumīnija īpatnējā pretestība ir lielāka, tātad alumīnija stieple sasils vairāk.						

	Var spriest arī tā: ja aizmirsusies virknes slēguma īpašība, pie secinājuma, ka virknes slēgumā (nesazarotā vadā) strāvas stiprumi ir vienādi, var nonākt, izmantojot strāvas stipruma definīciju, kas arī atrodama datu bukletā: $I = \Delta q / \Delta t$, un saprotot, ka lādiņš nesazarotā vadā nevar “pazust”. Savukārt uzdevuma tekstā dotās īpatnējo pretestību vērtības mudina lietot pretestības formulu.						
16.	Zina un lieto. 3.5.4.	10,0	30,5	54,7	3,9	0,55	0,08
Jāzina, kā savstarpēji saistīti trīs virzieni – elektriskās strāvas I virziens, magnētiskā lauka indukcijas B virziens un Ampēra spēka F_A virziens. Ir vairāki “roku likumi”, pēc kuriem to atcerēties, piemēram, kreisās rokas likums gadījumā, kad magnētiskais lauks vērsts perpendikulāri strāvas virzienam (attēls no “Fizmix” skaidrojuma [22]). Jāzina arī, ka magnētiskā lauka indukcijas līnijas iziet no magnēta ziemeļpola un ieiet dienvidpolā. Aplūkojot doto attēlu, var secināt, ka magnētiskā lauka indukcijas līnijām jābūt vērstām pa labi, tātad kreisajā pusē ir magnēta ziemeļpols, bet labajā – dienvidpols. Uzdevuma izšķirtspēja ir ļoti zema – ļoti iespējams, ka daudzi skolēni atbildi ir minējuši.							

MD 2. daļas testelementi

1.6. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: zina, ka vada pretestība ir tieši proporcionāla vada garumam.

Zina un lieto (modelē). Indikators: 3.2.4.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	34,0	0,49	65,5	0,66	0,34

Sagaidāmā atbilde: 1,2. Atbilžu varianti: 1,2 omi, 1,2 Ω .

Vadītāja pretestība R ir tieši proporcionāla vadītāja garumam l , apgriezti proporcionāla tā šķēsgriezuma laukumam S un atkarīga no vadītāja materiāla, ko raksturo tā īpatnējā pretestība ρ . Datu bukletā atrodama atbilstoša sakarība: $R = \rho l / S$.

Vadam nogriež $\frac{1}{4}$ tā garuma, un tā garums kļūst $\frac{3}{4}$ no sākuma garuma l_0 . Tātad vada pretestība ir $\frac{3}{4}$ no sākotnējās pretestības: $\frac{3}{4}R = \rho \frac{3l}{4S}$.

Sākumā vada pretestība ir 1,6 Ω . Tātad vada atlikušās daļas pretestība ir $\frac{3}{4}$ no 1,6 $\Omega = 1,2 \Omega$.

Šis uzdevums ir būtībā vienāds ar 2024. gada MD 1. daļas 16. testelementu [11]. Abu uzdevumu izpilde ir vienāda (66 %) un arī tipiskā kļūda – bija jāpamana, ka prasīta atlikušās daļas pretestība, nevis nogrieztās daļas pretestība – izrādījies kopīga. Uzdevuma nosacījumi ir jālasa ļoti uzmanīgi, ieteicams tos pārskatīt atkārtoti, ja pietiek laika.

1.7. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: zina vai atrod datu bukletā elementārlādiņa vērtību.

Zina un lieto (informācijpratība). Indikators: 3.1.1.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	61,9	1,26	36,8	0,37	0,49

Sagaidāmā atbilde: $1,6 \cdot 10^{-19}$. Atbilžu varianti: 1,6 $\cdot 10^{-19}$ C; +1,6 $\cdot 10^{-19}$; 1,6 $\cdot 10^{-19}$ kuloni.

Jāzina, ka mazākais dabā iespējamais elektriskais lādiņš ir elementārlādiņš.

Dabā pastāv tikai divu veidu daļiņas, kam lādiņš piemīt kā neatņemama to īpašība: elektroni (–) un protoni (+). Elementārlādiņš e ir elektrona vai protona lādiņa modulis. $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Elementārlādiņš nav dalāms, un tas ir mazākais iespējamais lādiņš, kāds var būt elektriski lādētam ķermenim vai jonam. Ķermeņa lādiņš q vienmēr ir vienāds ar veselu skaitu elementārlādiņu: $q = N \cdot e$.

Elektrizējoties ķermenī rodas elektronu iztrūkums (ķermenis iegūst pozitīvu lādiņu) vai elektronu pārpalikums (ķermenis iegūst negatīvu lādiņu).

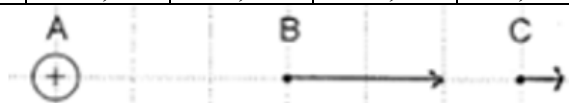
Tātad mazākais iespējamais pozitīva jona lādiņš kulonos ir $1,6 \cdot 10^{-19}$ C. Šāds lādiņš ir jonam, ja atomā vai molekulā iztrūkst tieši viena elektrona.

2.4. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: attēlo punktveida lādiņa elektriskā lauka intensitāti.

Modelē. Indikators: 3.1.2.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.		
	80,6	4,5	11,1	0,27	3,55		

Sagaidāmā atbilde:



Šis testelements ir bijis MD grūtākais uzdevums, turklāt ar labu izšķirtspēju, tādēļ aplūkosim to plašāk.

Lai attēlotu elektriskā lauka intensitātes vektorus, jāzina vai jāatrod formulu lapā divas sakarības: Kulona likums un elektriskā lauka intensitātes definīcija.

Optimālais līmenis (Fizika I)	Augstākais līmenis (Fizika II)
Elektromagnētisms	
Elektrostatika, elektriskais lauks	
$F = \frac{k q_1 q_2 }{\epsilon R^2}$ $C = \frac{q}{U}$	$W_p = \frac{k q_1 q_2}{\epsilon R}$ $U = -\Delta\varphi$ $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$ $C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$ $E = \frac{U}{d}$ $U = \frac{A}{q}$	$\varphi = \frac{W_p}{q} = \frac{A}{q}$ $W = \frac{CU^2}{2}$ $C = C_1 + C_2$

Elektromagnētisms

Elektrostatika, elektriskais lauks

F – Kulona spēks [N], k – Kulona likuma konstante [$\text{N} \cdot \text{m}^2/\text{C}^2$]; q – lādiņš [C], ϵ – vides relatīvā dielektriskā caurlaidība, R – attālums [m], E – elektriskā lauka intensitāte [$\text{N/C} = \text{V/m}$], U – spriegums [V], d – attālums, C – kapacitāte [F], ϵ_0 – elektriskā konstante [F/m], S – kondensatora plākšņu laukums [m^2], A – darbs [J], W – enerģija [J], φ – potenciāls [V].

Elektriskā lauka intensitāte E ir vektoriāls fizikāls lielums, kas raksturo lauku no spēka viedokļa. Tā ir vienāda ar spēku, ar kādu lauks iedarbojas uz tajā novietotu pozitīvu lādiņu, attiecību pret šo lādiņa skaitlisko vērtību.

Uzdevumā teikts un attēlā redzams, ka lauku rada pozitīvs lādiņš. Zināms, ka vienādas zīmes lādiņi savstarpēji atgrūžas. Tātad šajā gadījumā elektriskā lauka intensitātes vektori vērsti prom no punkta A – tie sākas punktos B un C un ir vērsti pa labi.

Izmantojot Kulona likumu, var izteikt lādiņa q_1 radītā elektriskā lauka intensitāti: $E = kq_1/\epsilon R^2$. Tātad $E \sim 1/R^2$.

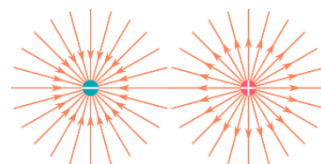
Attālums $|AC|$ ir 6 rūtiņas, bet $|AB|$ – 3 rūtiņas. Ja attālums palielinās divas reizes, elektriskā lauka intensitāte samazinās četras reizes: $E/4 = kq/\epsilon(R/2)^2$.

Tas nozīmē, ka punktā C zīmētajam intensitātes vektoram jābūt 4 reizes īsākam nekā punktā B zīmētajam. Vektoriem jābūt atbilstošajos punktos.

Tātad, zīmējot elektriskā lauka intensitātes vektorus, pareizi attēlotiem jābūt to pielikšanas punktiem, virzieniem un abu vektoru garumu attiecībai.

Iegūt vismaz daļēji pareizu atbildi varēja arī, spriežot citādi. Punktveida lādiņa elektriskā lauka attēlojums atrodams daudzās mācību grāmatās un citos mācību materiālos un varētu būt palicis atmiņā (piemērs no “Fizmix” skaidrojuma [23]).

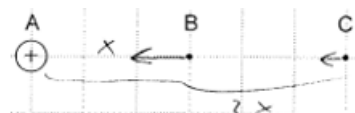
Tas ļautu attēlot lauka virzienu un saprast, ka tālāk no lādiņa A tas būs vājāks.



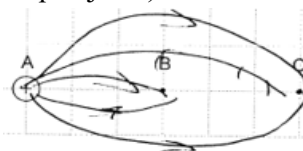
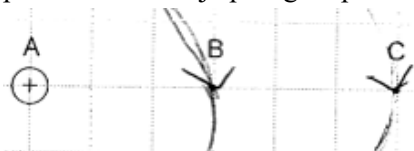
Turpinājumā aplūkotas tipiskas daļēji pareizas atbildes, kuras ieguvušas 1 punktu.



Diemžēl ne visas daļēji pareizās atbildes šo vienu punktu ieguva – bija pieļautas vairākas kļūdas. Ja šis uzdevums būtu 3 punktu testelements, daudzi skolēni vienu punktu būtu ieguvuši. Lai gan piemērā (attēls pa labi) parādītajā atbildē pieļautas vairākas kļūdas – intensitātes vektoru virziens un garumu attiecība nav attēloti pareizi, tomēr šī atbilde liecina, ka skolēns saprot: attālinoties no lādiņa, tā radītā elektriskā lauka intensitāte samazinās, un arī virziens attēlots daļēji pareizi – virzienā uz lādiņu, nevis virzienā prom no tā.



Iespējams, uzdevuma izpilde ir tik zema tādēļ, ka šādas atbildes saņēma 0 punktus – tāpat kā tās, kurās atbildes nebija vispār vai atbilde bija pilnīgi nepareiza, piemēram, šādi (attēli turpinājumā).



Uzdevuma salīdzinoši labā izšķirtspēja liecina, ka uzminēt atbildi nebija iespējams. Šķiet, daļa skolēnu zīmēja “kaut ko” cerībā, ka vismaz vienu punktu par to saņems.

Jāpiebilst, ka arī 2025. gada CE 1. daļā iekļautajam 10. testelementam [14] par lādiņu mijiedarbību izpilde bija viena no zemākajām – 31 % [15], kas liecina: šim it kā vienkāršajam, bet fundamentālajam fizikas saturam jautājumam jāpievērš vairāk uzmanības.

6. (3 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: izvērtē vadītāja izmēru ietekmi uz tā pretestību, elektrisko strāvu un tās siltumdarbību.

Argumentē. Indikators: 3.2.5.	Iegūti punkti (%)							Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.	2,5 p.	3p.		
	38,2	12,8	15,3	13,0	7,02	4,36	9,31	0,31	0,64

Sagaidāmā atbilde: strāvas stiprums vadā visur ir vienāds. $R = \rho l/S$ tādā vada tievā posma pretestība ir lielāka salīdzinājumā ar līdzīga garuma posmu pretestību pārējā vadā. $P = I^2 R$, tādā tievajā posmā izdalās lielāka jauda un vads sakarsīs.

Aplūkosim šo uzdevumu tuvāk. Ir jāsaprot, kā vada šķērsriezuma laukums ietekmē vada sasilšanu.

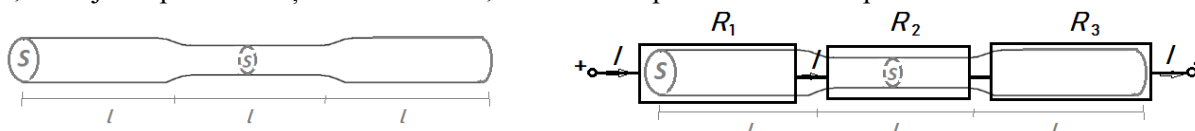
Salīdzināsim vienāda garuma vada posmus – vienu resnāku un vienu tievāku.

Zināms, ka, strāvai plūstot, vadītājā izdalās noteikts siltuma daudzums. Datu bukletā atrodama atbilstošā sakarība – Džoula–Lenca likums: $Q = I^2 R t$.

Var spriest tā: vada posms sasils vairāk, ja kādā noteiktā laika intervālā šajā posmā izdalīsies lielāks siltuma daudzums. To apstiprina arī datu bukletā atrodamā formula $Q = cm\Delta t$, kas zināma jau no pamatskolas fizikas kursa – no vairākiem vienādas masas un materiāla ķermeņiem temperatūras pieaugums vislielākais būs tam ķermenim, kuram pievadīts vislielākais siltuma daudzums Q .

Šis siltuma daudzums atkarīgs no vada posmā izdalītās jaudas P : $Q = P \cdot \Delta t$. No Džoula–Lenca likuma varam secināt, ka $P = I^2 R$.

Vadu varam uzskatīt par tievā un resnāko posmu virknes slēgumu – slēgumu, kurā visi patērētāji saslēgti cits aiz cita, veidojot nepārtrauktu ķēdi. Tas nozīmē, ka strāvas stiprums visos vada posmos ir vienāds.



Tātad – jo lielāka ir vada posma pretestība, jo lielāka jauda tajā izdalās un jo vairāk šis posms sasilst.

Datu bukletā atrodama vadītāja pretestības formula $R = \rho \frac{l}{S}$. Vadītāja pretestība R ir tieši proporcionāla vada garumam l un apgriezti proporcionāla vada šķērsriezuma laukumam S .

Viss vads ir izgatavots no viena materiāla, tādā īpatnējā elektriskā pretestība ρ visos posmos ir vienāda.

Ja pieņem, ka garums l visiem vada posmiem ir vienāds, tad tievākās vada daļas pretestība R_2 ir lielāka nekā resnāko (lielāka šķērsgriezuma laukuma) vada daļu pretestības R_1 un R_3 .

Tas nozīmē, ka tievākajā vada posmā vienādos laika intervālos izdalās lielāks siltuma daudzums. Pat tad, ja abu posmu masa būtu vienāda, tievais posms sasiltu vairāk. Tomēr šā tievā posma masa m ir mazāka nekā resnajam posmam (masa = blīvums · tilpums; tievā posma tilpums ir mazāks).

Tātad – tievā posma temperatūra, strāvai plūstot, pieaugs vairāk. Tādējādi var notikt aizdegšanās. Dacei ir taisnība.

Var spriest arī tā: izmantojot virknes slēguma īpašību, ka kopējais spriegums ir atsevišķiem posmiem pielikto spriegumu summa, un Oma likumu ķēdes posmam $U = IR$, saprotams, ka posmam ar lielāku pretestību virknes slēgumā pielikts lielāks spriegums (spriegumi sadalās proporcionāli pretestībām).

$P = IU$, un tas nozīmē, ka posmā, kam ir lielāka pretestība un tātad pielikts lielāks spriegums, izdalās lielāka jauda.

MD 1. daļas 15. testelements, kura izpilde ir daudz augstāka nekā 2. daļas 6. testelementam, saturiski ir ļoti līdzīgs – abos jāizmanto pretestības formula, lai salīdzinātu vienāda garuma vadu pretestības. Būtiskā šo uzdevumu atšķirība ir skaidrošanas prasme, kas nepieciešama, lai atbildi pamatotu. Ne vienmēr tas ir tādēļ, ka skolēns uzdevuma situāciju nav izpratis – daudzas skolēnu atbildes ir nepilnīgas.

Risinot uzdevumus par strāvas darbu un jaudu, jāprot arī saistīt jaudas formulu ar Oma likumu ķēdes posmam, iegūstot sakarības $P = I^2R$ vai $P = U^2/R$, kas atvieglo vadītāju virknes slēgumu un paralēlslēgumu analīzi. Tipisks šāda uzdevuma piemērs ir arī 2024. gada MD [11] 1. daļas 17. testelements.

3.4. Satura modulis: OPTIKA

Optikas satura modulis aptver galvenokārt trīs dabaszinātņu lielās idejas: 2., 4. un 12.

Ģeometriskajā optikā skolēni aplūko gaismas izplatīšanos, izmantojot gaismas stara jēdzienu, lieto gaismas atstarošanas un laušanas likumus, veido konstrukcijas (gaismas) staru gaitai spoguļos (plakanos, ieliektos un izliektos), plakanparalēlā plāksnītē, prizmā, lēcās (savācējlēcās, izkliedētājlēcās). Pazīst un skaidro dažādas optiskās parādības, novērtē apgaismojuma pietiekamību, atšķir gaismas plūsmas un gaismas avota stipruma jēdzienus, raksturo redzes defektus un to novēršanai iesaka dažādu veidu brilles (kontaktlēcas). Viļņu optikā gaismas izplatīšanos uztver kā (elektromagnētisko) viļņu procesu, skaidro interferences, difrakcijas un polarizācijas parādības, apraksta interferences ainu plānās kārtiņās un difrakcijas ainu difrakcijas režģī.

Turpinājumā piedāvāts kopsavilkums par MD programmā dotajiem indikatoriem [3] 2. pielikumā.

1. Staru gaita un attēlu veidošanās. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: optiskais blīvums, gaismas atstarošana, gaismas pilnīgā iekšējā atstarošana, gaismas laušana, gaismas ātrums, gaismas laušanas koeficients, krišanas leņķis, atstarošanas leņķis, laušanas leņķis, spogulis, prizma, lēca: savācējlēca, izkliedētājlēca, fokusa attālums, lineārais palielinājums. (4.1.1.–4.1.9.)

Katru viendabīgu vidi, kurā izplatās gaisma, raksturo absolūtais gaismas laušanas koeficients, kas rāda, cik reižu dotajā vidē gaismai izplatīšanās ātrums v ir mazāks nekā gaismai vakuumā $n = c/v$; kā zināms, gaismas izplatīšanās ātrums vakuumā ir $c = 3 \cdot 10^8$ m/s. Jo lielāks ir vides gaismas laušanas koeficients, jo optiski blīvāka ir vide. Gaismas staru konstruējot, to velk kā taisnu virzītu līniju, parādot virzienu, kurā izplatās gaismas enerģija. Jau no pamatskolas kursa zināmi gaismas atstarošanas un laušanas likumi, kuru matemātiskās formas ($\alpha = \beta$ un $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$, atrodamas datu bukletā) ir jāpazīst un jālieto. Gadījumos, kad pirmā vide ir optiski blīvāka nekā otrā vide un krišanas leņķis lielāks nekā pilnīgās iekšējās atstarošanās robežleņķis α_0 , var novērot gaismas pilnīgo iekšējo atstarošanu. Konstruējot attēlu jebkurā optiskā sistēmā (piemēram, spoguļos vai lēcās), jāievēro vienkāršs pamatprincips – jākonstruē divu no priekšmeta viena punkta nākošu staru gaita. Tad šo staru vai to iedomāto turpinājumu krustpunktā veidojas izraudzītā punkta attēls. Konstruējot priekšmeta attēlus spoguļos vai lēcās, jāprot tos arī raksturot. Šim nolūkam noderīgas ir apkopojuma tabulas [24]. Iegūtā attēla izmēra maiņu raksturo lineārais palielinājums.

Uzdevumu risināšanā izmanto lēcas formulu, ievērojot to, ka ģeometriskajā optikā visi reālie attālumi ir pozitīvi lielumi, bet visi šķietamie (tātad izkļiedējājlēcas šķietamā fokusa attālums F un šķietamo attēlu attālums līdz lēcai f) – negatīvi lielumi.

2. Apgaismojums. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: apgaismojums, gaismas avota stiprums, gaismas plūsma. (4.2.1.–4.2.3.)

Tie visi trīs ir gaismas fotometriskie lielumi, kuru aprēķināšanai nepieciešamās likumsakarības un mērvienības atrodamas datu bukletā. Jāzina, ka darbam iekštelpās, ierīkojot mākslīgo apgaismojumu, jāievēro apgaismojuma normas, lai netiktu bojāta redze vai saglabātos nacionālie krājumi (mākslas darbi, drukas materiāli u. c. vērtības).

3. Optiskie instrumenti. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: optiskais stiprums, redzes optiskie defekti, optiskās ierīces (instrumenti). (4.3.1.–4.3.2.)

Lai skaidrotu optisko instrumentu izmantošanas nepieciešamību, jāpazīst acs uzbūve. Acī nokļuvušie gaismas stari visvairāk tiek laužti uz radzenes, papildus gaismu lauž arī acs lēca. Tā rezultātā acs kopumā darbojas kā savācējlēca, veidojot uz tīklenes reālu, apgrieztu un samazinātu priekšmeta attēlu. Acis spēju mainīt fokusa attālumu tā, lai dažādos attālos no acs esošu priekšmetu attēli veidotos uz tīklenes, sauc par akomodācijas spēju. Cilvēks, kura acu darbībai nav optisku traucējumu, var skaidri redzēt priekšmetus gan tuvumā, gan tālumā. Tuvredzība un tālredzība ir acs darbības optiskie defekti (traucējumi), ko var labot ar attiecīga optiskā stipruma brīļļu lēcām (kontaktlēcām), jāprot tikai atšķirt tos.

4. Gaismas viļņu daba. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: infrasarkana starojums, redzamā gaisma, ultravioletais starojums, gaismas dispersija, gaismas divējādā daba. (5.1.1.–5.1.4.)

Gaismu var modelēt kā elektromagnētisko (EM) viļņus, kurā elektriskā lauka intensitāte E un magnētiskā lauka indukcija B laikā harmoniski mainās, tāpēc to var raksturot ar viļņa garumu (frekvenci). Redzes sajūtu acī izraisa tikai EM starojums, kura viļņa garums ir intervālā no 380 nm (violeta gaisma) līdz 760 nm (sarkana gaisma). Šī informācija pieejama datu bukleta elektromagnētisko viļņu skalā, kur atrodams arī tas, ka acs starojumu neuztver, ja viļņa garums ir mazāks nekā 380 nm (ultravioletais starojums) vai lielāks nekā 760 nm (infrasarkana starojums). Gaismai piemīt divējāda daba: izplatīšanās procesus aprakstot, gaismu saprot kā viļņus, bet izstarošanas un absorbcijas parādību izskaidrošana iespējama, pieņemot, ka gaisma ir daļiņu (fotonu) plūsma. Gaismas dispersijas rezultātā gaisma var tikt sadalīta spektrā.

5. Interference, difrakcija un polarizācija. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: koherenti viļņi, interference, viļņu gājuma difference, lāzers, difrakcija, difrakcijas režģis, polarizācija, polarizators, analizators. (5.2.1.–5.1.6.)

Interference, difrakcija un polarizācija ir viļņu īpašības, kuru izpaušmei (novērošanai) ir nepieciešami atbilstoši nosacījumi. Interferences un difrakcijas ainu novēro, ja pārklājas tikai koherenti gaismas viļņi. Viļņu gājuma difference (optisko ceļu starpība) jāietilpst pāra skaitam pusviļņa garumu (viļņa garuma daudzkārtņim), lai novērotu maksimumu (gaismas intensitātes pastiprināšanos), vai nepāra skaitam pusviļņa garumu, lai novērotu minimumu (tumsu – viļņi satiekas pretējās fāzēs un dzēš viens otru), bet citādi interferences aina veidojas neizteiksmīga. Jāskaidro dažādu faktoru (viļņa garums, attālums starp režģa spraugām, attālums līdz ekrānam) ietekmi uz difrakcijas ainu izskatu. Polarizācijas parādību aplūko, lai pierādītu, ka gaisma ir šķērsviļnis. Dabiskā gaisma ir nepolarizēta, bet ir kristāliskas vielas vai paņēmieni, ar ko gaismu polarizē (izdala vienu noteiktu elektromagnētisko svārstību plakni).

Monitoringa darbā optikas satura modulis veido 7,5 % (5 testelementi, 5 punkti) no visa darba. Optikas satura moduļa vidējā izpilde ir 33 %. Divi testelementi ir bijuši grūti (izpilde ir zemāka nekā 27 %). Neviens testelements nav bijis ļoti viegls (izpilde – augstāka nekā 73 %). Jāteic, ka arī MD 7. uzdevumā, kas atbilst pētnieciskās un eksperimentālās darbības satura modulim, lielā mērā atspoguļojas optikas saturs.

MD 1. daļas testelementi

Nr.	Prasme, indikators	Atbildes izvēle (%)				Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
		A	B	C	D		
17.	Zina un lieto. 4.3.2.	45,7	18,3	7,8	27,2	0,46	0,29
$D = \frac{1}{F}$, kur D – lēcas optiskais stiprums, F – lēcas fokusa attālums. Tātad skaitliski mazākais optiskais stiprums ir lēcai, kuras fokusa attāluma F skaitliskā vērtība ir lielākā. Fokuss F ir punkts, kurā, pēc lūšanas lēcā, krustojas visi stari, kas krīt uz lēcu paralēli tās galvenajai optiskajai asij. Tā kā uzdevumā jautāts par optiskā stipruma D moduli (absolūto vērtību, neievērojot mīnusa zīmi), tad šoreiz jāskatās tikai, kurai lēcai ir garākais fokusa attālums. Aplūkojot attēlus, redzams, ka lielākais fokusa attālums – tātad mazākais optiskais stiprums – ir A gadījumā.							
18.	Izpratne. 4.1.2.	21,0	28,0	21,8	28,2	0,22	0,12
Lai atbildētu uz jautājumu, jāzina, ka pilnīgā iekšējā atstarošanās ir parādība, kas novērojama, gaismas staram krītot uz robežvirsmu starp divām caurspīdīgām vidēm gadījumā, ja pirmās vides gaismas laušanas koeficients ir lielāks nekā otrās vides gaismas laušanas koeficients ($n_1 > n_2$). Ja stara krišanas leņķis ir lielāks nekā pilnīgās iekšējās atstarošanās robežleņķis α_0, laužtais stars neveidojas – pastāv tikai atstarotais stars un notiek pilnīgā iekšējā atstarošanās. Uzdevumā teikts, ka $\alpha_0 = 42^\circ$. Abos gadījumos gaismas stari uz pirmo virsmu krīt tai perpendikulāri, tādēļ staru krišanas un arī laušanas leņķi ir vienādi ar nulli – stari nelūst. Pēc tam abos gadījumos stari krīt uz robežvirsmu stikls/gaiss ($n_{st} > n_g$). Izmantojot ģeometrijas zināšanas, var parādīt, ka abos gadījumos staru krišanas leņķis uz robežvirsmas stikls/gaiss ir vienāds ar 45°, tātad – tas ir lielāks nekā robežleņķis $\alpha_0 = 42^\circ$ un novērojama pilnīgā iekšējā atstarošanās abos gadījumos P un L. Prizmā L pilnīgā iekšējā atstarošanās notiek uz divām virsmām.							
19.	Zina un lieto. 5.2.2.	20,2	47,3	13,9	17,5	0,48	0,03
Pārklājoties viļņiem, kurus izstaro koherenti viļņu avoti, veidojas interferences aina. Ja divi koherenti (“vienādi”) viļņi sastopas vienādās fāzēs, tie viens otru pastiprina (maksimums), bet, ja tie sastopas pretējās fāzēs, tie viens otru pilnībā dzēš (minimums). Interferences ainas minimumus novēro vietās, kur viļņu gājuma difference līdz novērošanas vietai ir vienāda ar nepāra skaitu pusviļņa garumu. Uzdevuma nosacījumos teikts, ka abi viļņu avoti izstaro vienā fāzē un veidojas interferences minimums. Tātad gājumu differencei jābūt vienāda ar nepāra skaitu pusviļņa garumu. Šim nosacījumam atbilst tikai atbilde B – viļņu gājumu difference $\lambda/2$. Pareiza ir atbilde B. Vairāk par interferences ainas veidošanos var lasīt “Fiztēmās” [25]. Jābūt uzmanīgiem ar atbildēm A un C – šajos gadījumos neveidojas interferences maksimums, bet neveidojas arī minimums.							

MD 2. daļas testelementi

1.8. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: secina, izmantojot lēcas formulu.

Zina un lieto (reprezentē informāciju). Indikators: 4.3.2.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	61,9	1,26	36,8	0,29	0,43

Sagaidāmā atbilde: šķietams. Atbilžu varianti: neīsts, nav reāls, iedomāts.

Jebkuru attēlu var raksturot atbilstoši trim pazīmēm:

- 1) virziens – attēls var būt tiešs (vērst vienā virzienā ar priekšmetu) vai apgriezts (vērst pretējā virzienā ar priekšmetu);
- 2) izmēri – attēls var būt samazināts, vienliels ar priekšmetu vai palielināts;
- 3) reāls (īsts) vai šķietams – reāls attēls veidojas, ja stari krustojas vienā punktā (šo attēlu var iegūt uz ekrāna), bet šķietams attēls veidojas, ja paši stari nekrustojas, un tas atrodas staru iedomāto turpinājumu krustpunktā (šo attēlu nevar iegūt uz ekrāna, to var tikai redzēt ar savām acīm).

Uzdevumā divas pazīmes ir jau nosauktas: attēls lēcā ir **palielināts, tiešs**. Tātad atbilde jāsniedz par trešo pazīmi – jāsaprot, vai attēls ir reāls vai šķietams.

Uzdevumā dotajā attēlā redzams, ka pēc lūšanas lēcā no priekšmeta (bultiņas) virsotnes nākošie stari nekrustojas, tie veido izklīstošu staru kūli. Toties krustojas staru turpinājumi. Tātad – attēls ir arī šķietams.

Gadījumā, ja attēls veidojas vienā spogulī vai lēcā, tad tiešs attēls ir vienmēr šķietams, bet apgriezts – reāls.

1.9. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: zina gaismas atstarošanas likumu un to izmanto.

Zina un lieto (reprezentē informāciju). Indikators: 4.1.1.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	70,8	1,03	28,2	0,18	0,38

Sagaidāmā atbilde: 60° . Atbilžu varianti: 60, 60 grādi, sešdesmit, sešdesmit grādi.

Lai atbildētu uz jautājumu, jāzina jau no pamatskolas fizikas kursa zināmie gaismas atstarošanas likumi:

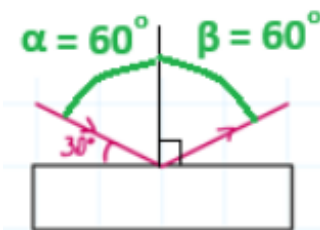
- 1) krītošais stars, atstarotais stars un perpendikuls, kas vilkts stara krišanas punktā, atrodas vienā plaknē;
- 2) krišanas leņķis ir vienāds ar atstarošanas leņķi.

Jāzina arī, ka fizikā pastāv vienošanās – stara krišanas (α), atstarošanas (β) un laušanas (γ) leņķi ir leņķi, ko veido atbilstošie stari ar perpendikulu, kas novilkts pret virsmu stara krišanas punktā.

Protams, jāzina arī, ka perpendikuls ar virsmu veido taisnu leņķi: 90° .

Tātad stara krišanas leņķis $\alpha = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$.

Tikpat liels ir arī atstarošanas leņķis: $\beta = 60^\circ$.



3.5. Satura modulis: MODERNĀ FIZIKA

Modernās fizikas satura modulis aptver 1., 2. un 6. dabaszinātņu lielo ideju.

Šajā modulī skolēni apgūst atomu uzbūves modeļus, kvantu fizikas pamatus, spektrālanāli, radioaktivitāti un kodolprocesus. Saturs balstās uz kvantu fizikas principiem, kas nosaka mikropasaules objektu uzvedību un nav aprakstāmi ar klasiskās fizikas modeļiem.

Svarīga ir izpratne par atoma un kodola struktūru, elektrona enerģijas līmeņiem un enerģijas kvantēšanu, kā arī par radioaktivitāti. Visuma uzbūves sadaļā skolēni sasaista zvaigžņu novērojumus ar kodolsintēzes procesiem to iekšienē.

Turpmāk aplūkots būtiskākais modernās fizikas satura modulī atbilstoši MD indikatoriem.

1. Atoma uzbūves modeļi. Enerģijas līmeņi. Gaismas kvantu daba. Spektri un spektrālanāli. Aprēķinos, skaidrojumos un pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: Rezerforda atoma modelis, elektrona enerģijas līmeņi, kvanti (fotoni), Bora atoma modelis, līnjspektrs, nepārtrauktais spektrs, emisijas spektrs, absorbcijas spektrs, spektrālanāli. (6.1.1., 6.1.2, 6.1.3.)

Atoms sastāv no pozitīvi lādēta kodola, kuru veido protoni un neitroni, un no elektroniem. Bora atoma modelis parāda, ka elektroni var atrasties tikai noteiktos enerģijas līmeņos. Zemākais enerģijas stāvoklis ir pamata stāvoklis.

Emisijas spektri rodas, kad elektroni pāriet uz zemāku enerģijas līmeni un izstaro fotonus (starojuma kvantus). Absorbcijas spektri rodas, kad elektroni absorbē fotonus un pāriet uz augstāku enerģijas līmeni.

Jāprot salīdzināt atoma modeļus.

Raksturlielums	Rezerforda modelis	Bora modelis
Elektronu kustība	Nestabilas orbītas	Diskrēti enerģijas līmeņi
Spektru izskaidrojums	Neizskaidro	Izskaidro ūdeņraža līnjspektru
Ierobežojumi	Nestabils atoms	Der vienkāršiem atomiem

Fotoniem piemīt viļņa un daļiņas īpašības. Kvantu enerģiju aprēķina šādi: $E = h \cdot f = hc/\lambda$ (sk. 1. daļas 21. testelementa analīzi).

Katrai vielai piemīt unikāls spektrs. Jāprot noteikt vielu pēc tās līnijaspektra.

Spektra veids	Raksturojums	Kā rodas
Nepārtraukts	Gaišs, bez līnijām	Izstaro sakarsēts ķermenis
Emisijas līnijaspektrs	Gaišas līnijas	Izstaro sakarsēta retināta gāze
Absorbcijas līnijaspektrs	Tumšas līnijas nepārtrauktā spektrā	Gaisma spīd caur gāzi

2. Radioaktivitāte un kodolreakcijas. Izotopi. Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: kodolspēki, radioaktīvais starojums, α starojums, β starojums, γ starojums, dabiskais radioaktīvais fons, kodolu dalīšanās reakcijas, pussabrukšanas periods, kodolsintēzes reakcijas, kodolreaktors. (6.2.1., 6.2.2, 6.2.3.)

Izotopi ir viena elementa atomi ar vienādu protonu skaitu Z , bet atšķirīgu neitronu skaitu N . Nestabili atomu kodoli sabrūk, izstarojot jonizējošo (radioaktīvo) starojumu. Radioaktīvajam starojumam ir pietiekami augsta enerģija, lai jonizētu vielu (sk. 1. daļas 20. testelementa analīzi).

Jāzina radioaktīvā starojuma veidi.

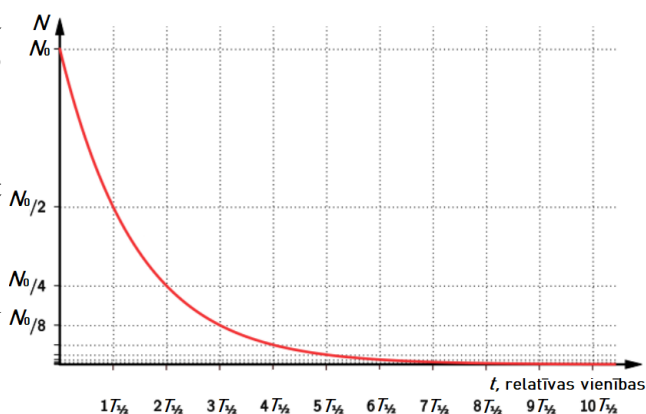
Starojuma veids	Starojuma daba	Lādiņš	Masa	Caurspiešanās spēja / kas aptur?
Alfa (α)	Hēlija kodols ($2p, 2n$)	+2	4 u	Ļoti zema / Papīrs
Bēta (β)	Elektroni/pozitroni	-1/+1	≈ 0	Vidēja / Alumīnijs
Gamma (γ)	Elektromagnētiskais vilnis	0	0	Ļoti augsta / Svins, betons

Pussabrukšanas periods ir laiks, kurā sabrūk puse kāda ķīmiskā elementa kodolu. Jāvar prognozēt radioaktīvo izotopu sabrukšanas rezultātu (sk. 2. daļas 1.10. testelementa analīzi).

Jāprot uzrakstīt kodolreakciju vienādojumus, ievērojot kodolu daļiņu skaita (A) un lādiņa (Z) saglabāšanos.

Kodolu dalīšanos iespējams vadīt, lai iegūtu enerģiju; to īsteno kodolreaktoros. Kodolsintēze ir divu kodolu saplūšana lielākā kodolā (zvaigžņu enerģijas avots).

Svarīgākie kodolreakciju veidi apkopoti tabulā.



Kodolr. veids	Vienādojums	Kodolreakcijas veids	Vienādojums
Alfa (α)	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^4_2\text{He}$	Gamma (γ)	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_ZX + \gamma$
Bēta mīnus (β^-)	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + e^- + \bar{\nu}$	Urāna kodola dalīšanās	${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0n \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1}Y + {}^{A_2}_{Z_2}Y' + (2-3)n$
Bēta plus (β^+)	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + e^+ + \nu$	Kodolsintēze	${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0n$

3. Mūsdienu fizika, kosmoloģija. Skaidrojumos un pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: Visums, zvaigžņu redzamais spožums, zvaigžņu absolūtais spožums, Hercšprunga–Rasela diagramma. (6.4.1., 6.4.2., 6.4.5)

Visuma objektus (galaktikas, zvaigznes, planētas, pavadoņi) klasificē pēc būtiskajām pazīmēm. Redzamais spožums raksturo zvaigznes spožumu, kādu novēro no Zemes, absolūtais spožums – patieso izstarotās enerģijas daudzumu. Hercšprunga–Rasela diagramma attēlo saikni starp zvaigžņu temperatūru un spožumu, tajā redzama galvenās secības likumsakarība. Zvaigžnei evolucionējot, tās vieta diagrammā mainās. Zvaigznē notiekošo kodolreakciju veids ir atkarīgs no temperatūras zvaigznes centrā, ko savukārt ietekmē zvaigznes masa. Lielais Sprādziens ir zinātniski pamatots Visuma rašanās modelis.

Monitoringa darbā modernās fizikas satura modulis veido tikai $\approx 5\%$ monitoringa darba (3 testelementi, 3 punkti), un šī satura moduļa vidējā izpilde ir 40% . Visi testelementi ir vidēji grūti.

MD 1. daļas testelementi

Nr.	Prasme, indikators	Atbildes izvēle (%)				Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
		A	B	C	D		
20.	Zina un lieto. 6.2.2.	11,6	11,9	45,5	30,2	0,31	0,11
Jāzina kodolfizikā pieņemtie apzīmējumi: $A = Z + N$, kur A – protonu un neitronu kopskaits kodolā; Z – protonu skaits kodolā (ķīmiskā elementa numurs periodiskajā tabulā); N – neitronu skaits kodolā; X – ķīmiskā elementa simboliskais apzīmējums. Uzdevumā dotajā vienādojumā redzams, ka daļiņu kopskaits ķīmiskā elementa kodolā nemainās ($A = 90$), bet kārtas numurs periodiskajā tabulā un līdz ar to – protonu skaits kodolā kļūst par vienu lielāks ($Z_{\text{SĀKUMĀ}} = 38$; $Z_{\text{BEIGĀS}} = 39$): ir radies itrija (Y) izotops. Tas nozīmē, ka starojumu veido daļiņas, kuru masa ir neievērojami maza salīdzinājumā ar protona vai neitrona masu. Savukārt daļiņas elektriskajam lādiņam jābūt negatīvam – ja kodola pozitīvais lādiņš kļuvis par viena protona lādiņu lielāks, izstarotajai daļiņai jābūt ar tikpat lielu negatīvu lādiņu. Šim aprakstam atbilst elektrons. Ir notikusi β- sabrukšana: ${}_{38}^{90}\text{X} \rightarrow {}_{39}^{90}\text{Y} + {}_{-1}^0\text{e}$ un radies elektronu starojums. Uzdevuma samērā zemā izšķirtspēja liecina, ka daudzi skolēni varētu būt pamanījuši to, ka kodola daļiņu skaits nemainās, un pēc tam atbildi minējuši. Turklāt kodolfizika ir viens no pēdējiem tematiem –, iespējams, tas nebija vēl stundās aplūkots.		protonu un neitronu kopskaits kodolā protonu skaits kodolā 					
21.	Zina un lieto. 6.1.2.	40,6	6,6	5,9	45,8	0,46	0,22
Jāzina vai jāatrod datu bukletā formula, kas apraksta fotona enerģijas atkarību no starojuma frekvences: $E = hf$, kur h – Planka konstante. Datu bukletā atrodamajā EMV skalā var pārliecināties, ka visaugstākā frekvence no nosauktajiem atbilst violetajam starojumam. Violetās gaismas fotona enerģija ir vislielākā.							

MD 2. daļas testelements

1.10. (1 punkts)

Sasniedzamais rezultāts: zina un lieto pussabrukšanas perioda jēdzienu.

Zina un lieto (analītiski spriež). Indikators: 6.2.3.	Iegūti punkti (%)			Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 punktu	0,5 punkti	1 punkts		
	57,0	0,81	42,2	0,43	0,50

Sagaidāmā atbilde: 1/8. Atbilžu varianti: 0,125; 12,5 %; viena astotā daļa; astotdaļa; 125/1000.

Ķīmiskā elementa radioaktīva izotopa pussabrukšanas periods ir laiks, kādā sabrūk puse no atomu kodolu skaita. Pēc viena pussabrukšanas perioda kodolu skaits būs samazinājusies divas reizes – 50 % kodolu atlikuši. Vēl pēc viena pussabrukšanas perioda būs sabrukusi puse no līdz šim nesabrukušajiem kodoliem – tātad atlikuši 25 % no sākotnējā skaita. Trešā pussabrukšanas perioda laikā sabruks vēl puse no atlikušajiem kodoliem, tātad vēl 12,5 % no sākotnējā skaita.

Kopā triju pussabrukšanas periodu laikā sabrukuši 50 % + 25 % + 12,5 % = 87,5 % no sākotnējā kodolu skaita. Atliek 12,5 % kodolu, kas nav sabrukuši.

Var rēķināt citādi, izmantojot datu bukletā esošo sakarību atomu skaita noteikšanai pēc laika t : $N = N_0 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$.

Tad $N = N_0 2^{-3T/T} \rightarrow N = N_0 2^{-3} = N_0/2^3 = N_0/8$. Atliek 1/8 daļa no sākotnējā kodolu skaita.

Uzdevumu atrisināt var pat, tikai padomājot, ko varētu nozīmēt “pussabrukšanas periods”: puse kodolu “sabrūka” – to vairs nav. Kas un kā tieši notika, nav jāzina. Jāuzmanās arī no tipiskas neuzmanības kļūdas: uzdevumā jautāts, kāda daļa palika, nevis kāda daļa sabrūka.

Ļoti līdzīgs uzdevums bija iekļauts arī 2024. gada MD (1. daļas 24. testelements). Tas bija atbilžu izvēles jautājums, tomēr izpilde bija krietni zemāka – 34 % [11]. Tas varētu liecināt, ka skolās ir pagūts aplūkot arī kodolfizikas tematu.

3.6. Satura modulis: PĒTNIECISKĀ UN EKSPERIMENTĀLĀ DARBĪBA

Pētnieciskās un eksperimentālās darbības satura modulis paver iespēju attīstīt vienu no dabaszinātņu lielajām idejām – “Zinātnes uzdevums ir atrast dabā notiekošo parādību cēloņus”.

Pētnieciskā un eksperimentālā darbība iekļaujas visos satura moduļos laikā, kad plāno pētījumu, veic eksperimentu un iegūst mērījumus, kā arī analizē iegūtos datus. MD programmā [3] (1. pielikumā) iekļauti snieguma līmeņu apraksti arī pētnieciskajai darbībai līdzās tādām prasmju grupām kā skaidrošana, argumentēšana, modelēšana, informācijpratība. Pētnieciskā darbība ir kompleksa prasme, kas apvieno plānveidīgu sagatavošanās posmu, eksperimentālās darbības posmu, kā arī datu apstrādi, analīzi un secinājumus.

Turpinājumā aplūkosim kopsavilkumu, ieskatoties MD programmā dotajos indikatoros (2. pielikumā).

Aprēķinos, skaidrojumos, pamatojumos jāprot lietot jēdzienus: absolūtā kļūda, relatīvā kļūda, tiešā mērīšana, netiešā mērīšana. (1.1.1.–1.1.7.)

Pētāmā problēma./Hipotēze. Izmantojot dažādus informācijas avotus, dabaszinātniskus modeļus un zinātniskus skaidrojumus, nākas formulēt pētāmo problēmu un/vai hipotēzi par kvantitatīvu sakarību starp neatkarīgo mainīgo lielumu un atkarīgo mainīgo lielumu. Pētāmā problēma saskata tikai kādu divu lielumu savstarpējo saikni, bet hipotēze paredz, kā tieši viena lieluma izmaiņa (palielināšanās vai samazināšanās) ietekmē otra lieluma izmaiņu (palielināšanos vai samazināšanos), paliekot nemainīgiem pārējiem lielumiem procesa gaitā. Teorētiski pamatotā hipotēzē lielumu kvantitatīvai sakarībai var izmantot “tieši proporcionāls”, “apgriezti proporcionāls” vai citu matemātisku sakarību.

Lielumi. Pētnieks eksperimentā vienlaikus var mainīt tikai vienu lielumu – neatkarīgo mainīgo, savukārt pārējie lielumi, kuri varētu ietekmēt pētāmo lielumu (atkarīgo mainīgo), jāuztur nemainīgi. Pretējā gadījumā nebūs iespējams iegūt viennozīmīgus secinājumus. Neatkarīgais lielums ir tas, ko pētnieks eksperimentā maina. Neatkarīgais lielums konkrētā pētījumā var būt tikai viens. Atkarīgais lielums mainās (vai arī nemainās), mainoties neatkarīgajam lielumam. Atkarīgie lielumi var būt vairāki. Fiksētie (konstantie) ir lielumi/apstākļi, kurus pētnieks uztur nemainīgus.

Darba piederumi un vielas. Izvēloties eksperimentam nepieciešamo (vielas, izpētes objektus, laboratorijas traukus un piederumus, ierīces), pamato savu izvēli ar mērtrauku un mērierīču mērapjomu un precizitāti. Jācenšas uzskaitīt visus būtiskos darba piederumus un mērierīces, lai varētu iegūt eksperimentālos datus.

Darba gaita. Plāno loģisku atkārtojamo pētījuma darba gaitu (eksperimenta norises plānu) pa soļiem, paredzot drošu darba metožu izmantošanu, iekļaujot izvēlētos laboratorijas traukus, piederumus un ierīces, metodes aprakstu un nepieciešamo mērījumu/paraugu skaitu, lai iegūtu drošus un ticamus datus. Darba gaitu rakstot, izmanto zinātnisku valodu. Jāapraksta visi veicamie soļi, kuri ir nepieciešami, lai veiktu eksperimentu un pārbaudītu izvirzīto hipotēzi.

Darba gaitā jāapraksta, • kā eksperimentā mainīs neatkarīgo lielumu un kā to mērīs; • kā mērīs atkarīgā lieluma izmaiņas; • kā nodrošinās to, ka fiksētie lielumi nemainās; • cik reižu mainīs neatkarīgo lielumu un cik reižu atkārtos eksperimentu ar katru neatkarīgā lieluma vērtību, lai iegūtu ticamus rezultātus. Darba gaitas aprakstam jābūt tādām, lai citi pētnieki bez papildu paskaidrojumiem varētu šo eksperimentu atkārtot.

Eksperimentālā darbība un datu reģistrēšana. Izvēlas atbilstošu datu reģistrācijas veidu. Ievērojot darba gaitu un drošas darba metodes, veic nepieciešamo eksperimentu (arī atkārtotu) skaitu un tabulā(-ās) reģistrē pētījumā iegūtos kvalitatīvos vai kvantitatīvos datus. Tabulā jānorāda mērāmo un aprēķināmo fizikālo lielumu nosaukumi VAI/UN apzīmējumi, UN mērvienības. Jānorāda arī citu pētījuma lielumu nosaukumi. Tabulai jāatbilst darba gaitai. Tabulā jāiekļauj neatkarīgais lielums un atkarīgais lielums. Ja kādu no lielumiem nemēra tieši, tad jāiekļauj tieši izmērītie lielumi, kuri nepieciešami aprēķinam. Fiksēto lielumu tabulā var nebūt.

Datu apstrāde. Apstrādājot pētījuma datus, • veic aprēķinus (arī absolūtās kļūdas un relatīvās kļūdas aprēķinus tiešajā un netiešajā mērīšanā) katram lielumam, parādot vienu aprēķina piemēru; • iegūst matemātisku sakarību starp neatkarīgo un atkarīgo lielumu; • attēlo datus grafikā (reti – diagrammā), paredzot atbilstošu nosaukumu, fizikālo lielumu apzīmējumus un atbilstošas mērvienības, parādot mērogu, norādot kļūdu nogriežņus eksperimenta punktiem. Fizikā pieņemts, ka uz horizontālās ass atliek neatkarīgo lielumu, bet uz vertikālās ass – atkarīgo lielumu. Šī “noruna” jāzina.

Datu analīze. Analizē pētījumā iegūtos datus, iekļaujot aprakstā lielumu skaitliskās vērtības, identificējot kļūdainus datus, aprakstot un skaidrojot atklātas likumsakarības, salīdzinot rezultātus ar informācijas avotiem, korekti izmantojot zinātnisku valodu.

Pētījuma vērtējums un uzlabojumi. Izvērtē pētījumu (izvēlēto mērierīču un izvēlētajās eksperimentālās metodes ierobežojumus), datu ticamību un precizitāti, iespējamās kļūdu avotus un piedāvā pētījuma reālus, konkrētus uzlabojumus attiecībā uz identificētajiem trūkumiem un ierobežojumiem.

Secinājumi. Formulē secinājumus, veidojot uz pierādījumiem balstītus zinātniskus argumentus atbilstoši pētāmajai problēmai un/vai hipotēzei, un iegūtajiem rezultātiem, un/vai formulē vispārinājumus pētījumā.

Monitoringa darbā pētnieciskās un eksperimentālās darbības satura modulis veido 21,2 % (7 testelementi, 14 punkti). Vidējā šī moduļa izpilde ir 47 %. Viens testelements ir bijis grūts (izpilde ir zemāka nekā 27 %). Viens testelements ir bijis arī ļoti viegls (izpilde – augstāka nekā 73 %).

MD 1. daļas testelementi

Nr.	Prasme, indikators	Atbildes izvēle (%)				Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
		A	B	C	D		
22.	Zina un lieto. 1.1.7.	38,8	37,7	6,6	15,9	0,39	0,29
	Mērījuma precizitātes raksturošanai izmanto relatīvo kļūdu r. Ja mērskaitlis un tā absolūtā kļūda ir $x \pm \Delta x$, tad relatīvā kļūda r, izmantojot datu bukletā atrodamo sakarību, aprēķināma šādi: $r = \frac{\Delta x}{x_{\text{vid}}} \cdot 100 \%$, kur Δx – absolūtā kļūda. Uzdevumā piedāvātajos variantos relatīvās kļūdas var izrēķināt. A $r = 0,005/0,235 \cdot 100 \% = 2,13 \%$ B $r = 1/234 \cdot 100 \% = 0,43 \%$ C $r = 0,1/23,4 \cdot 100 \% = 0,43 \%$ D $r = 2,345/0,005 \cdot 100 \% = 0,21 \%$ Šajā gadījumā viegli var atbilst B un C – kā mērskaitli, tā arī absolūto kļūdu vērtības šajos variantos atšķiras 10 reižu. Savukārt starp variantiem A un D ir viegli izvēlēties – absolūto kļūdu skaitliskās vērtības ir vienādas, tātad jāizvēlas atbilde, kurā mērskaitlis ir mazāks. Protams, vēl tikai jāpārliedz, ka viena atbildes varianta ietvaros mērskaitlim un absolūtajai kļūdai ir vienādas mērvienības (nav izmantoti atšķirīgi priedēkļi–reizinātāji).						
23.	Zina un lieto. 1.1.4.	16,4	4,9	8,6	69,0	0,70	0,30
	Šis jautājums praktiski sakrīt ar 2024. gada MD 1. daļas 1. jautājumu, kur pareizi atbildējuši 63 %. Fiksētie (konstantie) ir lielumi/apstākļi, kurus pētnieks uztur nemainīgus. Fiksētos lielumus parasti neattēlo grafiski. Līdz ar to atbildes B un C neder. Jāzina fizikā pieņemtā “noruna”, ka uz horizontālās ass atliek neatkarīgo lielumu, bet uz vertikālās ass – atkarīgo lielumu.						

MD 2. daļas testelementi

2.3. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: nosaka mērierīču iedaļas vērtību un mērapjomu, nolasa mērierīces rādījumu.

Informācijpratība. Indikators: 1.1.3.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.		
	4,41	1,48	6,34	1,48	86,3	0,91	0,32

Sagaidāmā atbilde: 0,2; 5; 2,8. **Atbilžu varianti:** • 0,2; 5,0; 2,8 ± 0,2; • 0,2; 0–5; 2,8; • 0,2; 5,0; 2,8; • 0,2 A; 5 A; 2,8 A; • atbilstošās atbildes, uzrakstītas vārdiem.

Jāzina, kas ir mērierīces skalas mērapjoms un iedaļas vērtība. Skalās iedaļas vērtība – mēramā lieluma vērtība, kas atbilst mērinstrumenta vienai (vismazākajai) iedaļai. Iedaļas vērtību var aprēķināt, izmantojot uz

mērierīces norādītās skaitliskās vērtības. Uzdevumā dotajā attēlā var saskaitīt, ka “intervāls” starp 0 A un 1 A atzīmēm sadalīts piecās vienādās sīkākās daļās. Tātad ampērmetra **iedaļas vērtība ir** $(1 - 0)/5 = 0,2 \text{ A}$.

Mērinstrumenta mērapjoms – mēramā lieluma mazākā un lielākā vērtība, no kuras līdz kurai var izmērīt ar konkrēto mērierīci. Tātad attēlā redzamā ampērmetra **mērapjoms ir 5 A**.

Lai no attēla nolasītu mērījuma rezultātu, jāizmanto skalas iedaļas vērtība.

Uzdevumā parādītā ampērmetra rādītājs ir 4 iedaļas virs 2 A atzīmes (vienu iedaļu pirms 3 A atzīmes). $4 \cdot 0,2 \text{ A} = 0,8 \text{ A}$. Tātad **ampērmetra rādījums ir 2,8 A**, un mērījuma rezultāts ir $(2,8 \pm 0,2) \text{ A}$.

Vērtē līmeņos ([13] 4. lpp.).

1 punktu piešķir, ja noteikti divi no trim lielumiem, tātad drīkst būt tikai viena neprecizitāte. Visbiežāk kļūdās ampērmetra rādījuma nolasīšanā. Ir skolēni, kas, nosaucot mērierīces iedaļas vērtību, uzdod vienas lielākās iedaļas vērtību uz skalas, lai gan tā redzami sadalīta vēl sīkāk.

Lai nostiprinātu zināšanas par nolasīšanu no mērierīces, var ieskatīties mācību materiālā pamatskolai [26].

7.1. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: nosaka atkarīgo, neatkarīgo lielumu un fiksētos lielumus atbilstoši pētāmajai problēmai.

Plāno pētījumu. Indikators: 1.1.2.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.		
	25,3	3,19	8,59	3,01	59,9		

Sagaidāmā atbilde: neatkarīgais lielums – lēcas biezums B , atkarīgais lielums – viens no atbildes variantiem, atbilstoši darba gaitai:

- lēcas optiskais stiprums D ;
- lēcas fokusa attālums F ;
- priekšmeta un attēla (ekrāna) attālumi līdz lēcai f un d .

Jāpēta lēcas optiskā stipruma D atkarība no lēcas biezuma B . Lēcas biezums ir zināms (uzdevumā dots), vai arī tas ir izmērāms tieši, piemēram, izmantojot bīdmēru. Savukārt lēcas optisko stiprumu (lēcas fokusa attāluma apgriezto lielumu) tieši izmērīt nevar.

Tieši izmērīt var fokusa attālumu F , ja gaismas avots atrodas tālu no lēcas – tad tā attēls veidojas praktiski fokusa punktā. Ja uz ekrāna iegūst tuvu gaismas avota (priekšmeta) attēlu, jāmēra priekšmeta attālums līdz lēcai d un attēla (ekrāna) attālums līdz lēcai f .

Atbilstošās sakarības un apzīmējumu paskaidrojumi atrodami datu bukletā: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$; $D = \frac{1}{F}$.

Optika

Staru gaita, ģeometriskā optika

α – krišanas leņķis, γ – laušanas leņķis, n – gaismas laušanas koeficients, F – fokusa attālums [m], c – gaismas ātrums vakuumā [m/s], v – gaismas ātrums vidē [m/s], f – attēla attālums līdz lēcai/spogulim [m], d – priekšmeta attālums līdz lēcai/spogulim [m], D – optiskais stiprums [m^{-1} vai dioptrijs], Γ – lineārais palielinājums, H – attēla augstums [m], h – priekšmeta augstums [m].

Šādā gadījumā kā pētījuma atkarīgais lielums var būt nosaukts vai nu optiskais stiprums D , kuru nosaka netiešā mērīšanā, vai arī lielumi, kurus atbilstoši darba gaitai nosaka tiešā mērīšanā un izmanto optiskā stipruma aprēķinam – lēcas fokusa attālums F VAI priekšmeta attālums līdz lēcai f un attēla (ekrāna) attālums līdz lēcai d .

Vērtē pa soļiem ([13] 8. lpp.), par katru pareizi nosaukto lielumu piešķirot 1 punktu.

7.2. (4 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: plāno pētījuma darba gaitu, ievērojot drošas darba metodes, iekļaujot izvēlētos piederumus un ierīces atbilstoši pētāmajai problēmai.

Plāno pētījumu. Indikators: 1.1.5.	Iegūti punkti (%)									Grūtības pakāpe	Izšķirt- spēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.	2,5 p.	3 p.	3,5 p.	4 p.		
	32,6	14,3	11,8	8,28	8,14	6,75	6,70	6,03	5,40	0,28	0,64

Sagaidāmā atbilde

1. variants	2. variants	3. variants
1. Gaismas avotu novieto optiskā sola galā. 2. Uz optiskā sola novieto priekšmetu un turētājā ievieto visplānāko lēcu. 3. Pārvietojot ekrānu, iegūst skaidru gaismas avota attēlu uz ekrāna. 4. Izmēra attālumu no lēcas līdz ekrānam F . 5. Nomaina lēcu pret biezāku. 6. Atkārto attāluma F mērījumu. 7. Atkārto 2.–5. soli vēl divas reizes. 8. Aprēķina lēcu optiskos stiprumus, izmantojot lēcas formulu $D = 1/F$.	1. Uz optiskā sola novieto gaismas avotu un turētājā ievieto visplānāko lēcu. 2. Pārvietojot ekrānu, iegūst skaidru gaismas avota attēlu uz ekrāna. 3. Izmēra attālumus d un f . 4. Atkārto d un f mērījumus, mainot attālumu d un katru reizi iegūstot skaidru attēlu (šis solis nav obligāts). 5. Nomaina lēcu pret biezāku. 6. Atkārto attālumu d un f mērījumus. 7. Atkārto 2.–6. soli vēl divas reizes. 8. Aprēķina lēcu optiskos stiprumus, izmantojot lēcas formulu $D = 1/f + 1/d$.	1. Uz optiskā sola novieto gaismas avotu, priekšmetu un turētājā ievieto visplānāko lēcu. 2. Pārvietojot ekrānu, iegūst skaidru priekšmeta attēlu uz ekrāna. 3. Izmēra attālumus d un f . 4. Nomaina lēcu pret biezāku. 5. Atkārto attālumu d un f mērījumus. 6. Atkārto 2.–5. soli vēl divas reizes. 7. Aprēķina lēcu optiskos stiprumus, izmantojot lēcas formulu $D = 1/f + 1/d$.

Darba gaitā jāapraksta, kā eksperimentā mainīs neatkarīgo lielumu un kā to mērīs, kā mērīs atkarīgā lieluma izmaiņas, kā nodrošinās to, ka fiksētie lielumi nemainās, cik reižu mainīs neatkarīgo lielumu un cik reižu atkārtos eksperimentu ar katru neatkarīgā lieluma vērtību, lai iegūtu ticamus rezultātus.

Darba gaitas aprakstam jānodrošina tas, ka citi pētnieki bez papildu paskaidrojumiem var šo eksperimentu atkārtot.

Eksperimenta darba gaitā var nebūt iekļauts datu apstrādes apraksts. Tomēr šoreiz uzdevumā ir prasīts iekļaut lēcas optiskā stipruma aprēķinu. Tātad – jāiekļauj atbilstošā formula, jāparāda, kā, izmantojot iegūtos datus, šo lielumu var aprēķināt.

Uzdevumu vērtēja līmeņos ([13] 9. lpp.).

Darba gaitu, optisko shēmu un tabulu vērtē kompleksi – jābūt savstarpējai atbilstībai.

Ja korekta darba gaita tomēr neatbilda optiskajai shēmai, punktus atņēma 7.3. testelementā.

7.3. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: plāno pētījuma darba gaitu atbilstoši pētāmajai problēmai; konstruē gaismas staru izplatīšanos savācējlēcās.

Plāno pētījumu. Indikators: 1.1.5., 4.1.6.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.		
	69,9	8,10	6,61	7,02	8,41		

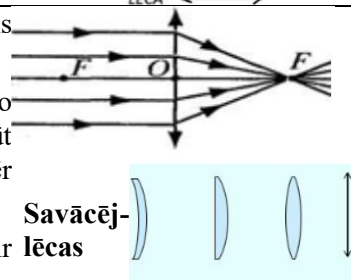
Sagaidāmā atbilde: F – lēcas fokuss un/vai fokusa attālums, d – gaismas avota vai priekšmeta attālums līdz lēcai, f – attēla attālums līdz lēcai.

1. variants	2. variants	3. variants

Lēcas optisko stiprumu D tieši izmērīt nevar. Tā aprēķināšanai jāizmanto lielums vai lielumi, ko var izmērīt tieši.

Tieši izmērīt var fokusa attālumu F , ja gaismas avots (Saule) atrodas tālu no lēcas – tad tā attēls veidojas praktiski fokusa punktā. Tātad ekrānam jābūt novietotam fokusā. Jāatceras arī savācējlēcas pieņemtais apzīmējums, tomēr lēcu var arī uzzīmēt līdzīgi kā uzdevumā dotajā attēlā.

Lai noteiktu fokusa attālumu tiešajā mērīšanā, jāzina, ka savācējlēcas fokuss ir punkts, kurā pēc lūšanas lēcā krustojas visi stari, kas uz lēcu krīt paralēli galvenajai optiskajai asij. Par paralēliem var uzskatīt gaismas starus, kas nāk no tāla gaismas avota, piemēram, loga vai Saules. Tātad jāattēlo paralēli stari, kas krīt uz savācējlēcu un pēc lūšanas lēcā krustojas fokusā.



Sakarības un apzīmējumu paskaidrojumi atrodami datu bukletā: $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d}$; $D = \frac{1}{F}$; darba shēmas – *soma.lv* [24].

Savukārt, ja uz ekrāna iegūst tuva gaismas avota (priekšmeta) reālu attēlu, jāmēra priekšmeta attālums līdz lēcai d un attēla (ekrāna) attālums līdz lēcai f .

To iespējams izdarīt tikai tad, ja priekšmeta attālums līdz lēcai ir lielāks nekā fokusa attālums – tad uz ekrāna iegūst reālu (skatāmu), samazinātu, vienlielu vai palielinātu attēlu, kas ir apgriezts.

Uzdevumu vērtēja līmeņos ([13] 10. lpp.).

Zemā testelementa izpilde visvairāk saistīta ar zīmētās shēmas neatbilstību darba gaitai. Kā vēl viens apstāklis varētu būt tas, ka skolēni vidusskolas kursā vēl nebija tikuši līdz attēlu aplūkošanai lēcās. Tāpēc ir ļoti svarīgi skolēniem gūt mācību pieredzi visu satura moduļu ietvaros.

7.4. (2 punkti)

Sasniedzamais rezultāts: izvēlas atbilstošu datu reģistrācijas veidu.

Plāno pētījumu. Indikators: 1.1.6.	Iegūti punkti (%)					Grūtības pakāpe	Izšķirtspēja
	0 p.	0,5 p.	1 p.	1,5 p.	2 p.		
	47,4	12,3	11,5	11,0	17,9		

Sagaidāmā atbilde: sk. tabulu piemērus pa labi (fiksētais lielums var nebūt iekļauts tabulā).

Lēcas biezums, mm	Gaismas avota attālums d , m	Attēla/ekrāna attālums f , m	D , dioptrijas

VAI

Lēcas biezums, mm	F , m	D , dioptrijas

Tabulā jānorāda mēramo un aprēķināmo fizikālo lielumu nosaukumi UN apzīmējumi, UN mērvienības. Jānorāda arī citu pētījuma lielumu nosaukumi.

Tabulai jāatbilst darba gaitai. Tabulā noteikti jāiekļauj neatkarīgais lielums un atkarīgais lielums. Ja kādu no lielumiem nemēra tieši, tad jāiekļauj tieši izmērītie lielumi, kuri nepieciešami aprēķinam.

Uzdevumu vērtēja līmeņos ([13] 11. lpp.). Ja trūkst viena lieluma, kāda nosaukuma, ja tas nav uzrakstīts citur, vai trūkst kādas mērvienības, tad vērtējumā saņem tikai vienu punktu.

Ieteikumi skolēniem un skolotājiem – kopsavilkums

Noslēgumā – ieteikumu kopsavilkums par to, ko nepieciešams pilnveidot un kāda rīcība to varētu sekmēt.

Skolēniem pirms CE optimālajā mācību satura apguves līmenī nepieciešama Fizika I kursa aktualizācija un atkārtošana katrā satura modulī: “Mehānika”, “Siltumfizika”, “Elektromagnētisms”, “Optika”, “Modernā fizika” un “Pētnieciskā un eksperimentālā darbība”. To var organizēt, protams, skolotājs vai arī skolēns pašvadīti.

Ieteicams izmantot dažādus pieejamos resursus: [iepriekšējo gadu MD un CE uzdevumus fizikā un to vērtēšanas kritērijus](#) [16], [pamatkursa mācību programmas paraugu](#) [12], [MD programmu](#) [3], [MD fizikā Metodisko materiālu](#) [11], [FIZMIX](#) vidusskolai: [Fizikas tēmas](#) [17], [Eksāmenu testi](#) [18] un [Eksāmenu uzdevumi](#) [19]. Skolās var būt pieejami interaktīvie materiāli no sērijas [“Atkārtoto vidusskolas fizikas kursu!”](#) [27], kā arī mācību grāmatas Fizika 10., 11., 12. klasēm.

Noteikti jāiepazīstas ar optimālā līmeņa CE fizikā programmu, kad tā pieejama.

Mācību process jāveido tā, lai veicinātu izpratnes stiprināšanu un prasītu iedziļināšanos fizikas likumsakarībās, nevis tikai attīstītu atsevišķas konkrētas prasmes. Tam var izmantot materiālu “Mācīšanās lietpratībai” [20].

Metodiskā materiāla **1. pielikumā** piedāvātais “nepieciešamo pamatzināšanu un prasmju” uzskaitījums ļauj katram piefiksēt, cik lielā mērā ir izveidojusies izpratne un apgūtas prasmes katrā satura modulī.

Fizikā būtiskākais ir izprast likumsakarības, nevis tikai atcerēties formulas. Trenējoties skaidrot, kāpēc notiek noteiktas parādības, jāsaista tās ar reāliem piemēriem. Risinot uzdevumus, jāmēģina izskaidrot soļus vārdos, ne tikai veikt aprēķinu – tas palīdz pamanīt, vai ir saprasta jēga.

Jāpaskatās uz dažādām tēmām kā uz savstarpēji saistītu sistēmu – mehānika, enerģija un siltuma procesi bieži prasa līdzīgu domāšanas veidu.

Jālasa un jāinterpretē dati – mācību grafiki, tabulas, diagrammas, mērījumu rezultāti. Šī prasme ir būtiska, jo tieši datu interpretācijā daudzi skolēni pieļauj kļūdas.

Jāanalizē eksperimentu norise: kas tiek mērīts, kas mainās, kādas ir kļūdu robežas. Sapratne par eksperimenta loģiku palīdz izvairīties no mehāniska risinājuma.

Jāsaista teorija ar praksi – jādomā, kā konkrētais likums darbojas sadzīvē vai tehniskās ierīcēs. Šādi piemēri palīdz nostiprināt zināšanas ilgtermiņā.

Stratēģiska pieeja uzdevumu risināšanai gaidāmajā valsts pārbaudes darbā piedāvāta metodiskā materiāla **3. pielikumā**. Risinot iepriekšējo gadu MD [16], jāizvērtē kļūdas: pēc darba jāpārskata, kurās tēmās pieļautas kļūdas un kāpēc. Tas ir ātrākais ceļš uz progresu, jo fizikā kļūdas parasti ir sistemātiskas, nevis nejaušas.

2. pielikumā kā signāls ar sarkanu krāsu norādīts uz skolēnu tipiskajām kļūdām un maldīgiem priekšstatiem fizikā, kuri jācenšas izskaust, gatavojoties CE.

Jātrenējas dažādos grūtības līmeņos: ne tikai vieglos piemēros, bet arī sarežģītākos uzdevumos, kuros nepieciešams kombinēt vairākus likumus. Fizika prasa pacietību – sarežģītie uzdevumi ne vienmēr izdodas uzreiz, bet katrs kļūdas labojums nozīmē izaugsmi.

Jāstrādā ar klasesbiedriem vai ģimenes locekļiem: skaidrojot citiem, pats labāk spēj saprast tēmu. Sekmīgs risinājums ir sarunāšanās fizikas stundās par attiecīgo tēmu, uzdevumu vai problēmjautājumu, domāšanas stratēģiju un algoritmu lietošana. Tad skolotājs var uzreiz izskaust nepilnības vai aplamības, izklaidēt maldīgos priekšstatus.

Jāizmanto digitālie rīki un simulācijas, lai vizualizētu fizikālos procesus un pārbaudītu savas hipotēzes.

Minēšanas stratēģija jāizmanto kā pēdējā –, pat ja trūkst pārliecības, jāmēģina pamatot katru izvēli ar fizikālu argumentu vai piemēru.

Lai pilnvērtīgi risinātu uzdevumus un iegūtu secinājumus, jāpilnveido arī matemātikas valoda – korekts simbolu valodas lietojums likumsakarībās un grafikos. Jāveido ieradumi

- prognozēt fizikālo procesu raksturojošo mainīgo lielumu savstarpējo atkarību jebkurā formulā no datu bukleta: palielinās/samazinās par..., palielinās/samazinās ... reizes, ir tieši/apgriezti proporcionāls;
- nostiprināt prasmi atpazīt matemātiskas darbības tekstā, piemēram, “par cik lielāks” – atņemšana, “izmaiņa” – atņemšana, “cik reižu A lielāks nekā B” vai “attiecība A/B” – dalīšana;
- veidot izpratni par kopīgo un atšķirīgo fizikas likumsakarību matemātiskajos modeļos, piemēram, vispasaules gravitācijas likums, Kulona likums, apgaismojuma likums – lieluma maiņa $\sim 1/R^2$ nav nejauša;
- lietot matemātisku izteiksmju pārveidojumus fizikālo lielumu izteikšanai no formulām, noderīgs treniņš [28].

Caurviju prasmes tieši netiek vērtētas optimālā līmeņa eksāmenā, bet tās ir klātesošas gan izziņas, gan refleksijas procesā. Liela uzmanība jāpievērš tekstam: daudzi kļūdās, jo izlaiž kādu vārdu vai nepareizi saprot jautājumu. Jāiemācās lasīt uzdevumu lēni un mērķtiecīgi. Liela nozīme tam, vai skolēns vispār saprot, kas tieši jautāts uzdevumā, ir tekstpratībai. Jāizveido ieradums lasīt uzdevumu vairākkārt, pārliecinoties, ka tas ir saprasts, t. i., zināms, kuram fizikas satura modulim atbilst jēdzieni, termini, likumsakarības. Labs treniņš šīs prasmes attīstīšanai ir dabaszinātnisku tekstu kopsavilkumu veidošana.

Caurviju prasme – kritiskā domāšana un problēmrisināšana – atspoguļojas tajā, kā skolēns savu viedokli (apgalvojumu) pamato ar uzticamiem faktiem, pierādījumus skaidri formulē, atklājot to saturu, daudzumu, ticamību, iegūstot likumsakarības starp dažādiem fizikāliem lielumiem. Jāapvieno loģiskā domāšana ar radošumu: risinot problēmas vairākos veidos, trenē elastīgu domāšanu. Jāuztver katrs pārbaudījums kā iespēja saprast savu domāšanas veidu, ne tikai pārbaudīt zināšanas.

Lai CE būtu nokārtots, minimālais sliekšnis paliek 20 % no maksimāli iespējamo punktu skaita. Ja balstās uz MK 416. noteikumu 10. pielikumu [4], tad skolēns saņem 1–4 balles, ja, demonstrējot sniegumu,

- izmanto vienu atbilstošu ideju vai prasmi situācijā, kurā ir šaurs disciplinārs/mācību jomas konteksts (I līmeņa testelementi);
- lieto doto vai jau zināmu paņēmieni ar pieejamo atbalstu (tests ar atbilžu variantiem, īso atbilžu uzdevumi (desmit 1 punkta jautājumi));
- demonstrē sniegumu zināmā tipveida situācijā (pieci 2 punktu uzdevumi, var izrādīties arī eksperimenta gaitas plānošana).

Visās daļās dota iespēja lietot datu bukletu ar formulām, lielumiem un mērvienībām, to daudzkārtniem un decimālajām daļām, konstantiem lielumiem fizikā, EM viļņu skalu un matemātikas formulām. Pārējos uzdevumos arī jāsaraksta viss, ko izdodas secināt, pat ja netiek līdz galīgajai atbildei.

No MD programmas redzams, ka I līmeņa – “Atceras, lieto faktus, īsas procedūras vai atsevišķas idejas” – testelementu skaits veido 15 %, bet II līmeņa – “Veic tipiskus algoritmus, lieto formulas, paņēmienus vai prasmes pazīstamās situācijās” – veido pat 45 %. Tāpēc fizikas CE optimālajā mācību satura apguves līmenī sniegs iespēju to nokārtot arī skolēnam ar vajākam zināšanām un prasmēm fizikā.

Secinājumi

Monitoringa darbs veidots atbilstoši vispārējās izglītības standartam un optimālā līmeņa fizikas kursa programmai, tas atspoguļots MD programmā. MD uzsvars likts uz nozīmīgākajām pamatzināšanām un prasmēm atbilstoši izveidotajiem indikatoriem.

Centralizētā vērtēšana un kopējā standartizācija devusi iespēju izmantot vienotus vērtēšanas kritērijus.

Lielākās daļas skolēnu sasniegtais rezultāts ir intervālā ap 35–45 %, aritmētiskais vidējais ir 39,4 %. Tas norāda, ka darbs kopumā bijis mazliet grūts, bet piemērots MD kārtotāju kopas snieguma izvērtēšanai.

Labāki rezultāti skolēniem bija uzdevumos ar zemu izziņas darbības līmeni (MD 1. daļa un 2. daļas 1. uzdevums, kas mēra zināšanas un izpratni). Savukārt tikai neliela daļa skolēnu spēja iegūt maksimālos punktus nestrukturētajos uzdevumos, tātad – demonstrēt prasmes augstākajā izziņas līmenī.

MD rezultātu statistiskā analīze apliecina, ka pārbaudes darbs efektīvi aptver visus nozīmīgos fizikas kompetences aspektus – no jēdzienu atcerēšanās un izpratnes līdz datu analīzei un lietojumam.

MD 1. daļas uzdevumi labi izšķir vidēji spējīgus skolēnus, nodrošinot iespēju vislabāk novērtēt tipisku skolēnu sniegumu. Grūtības pakāpe ir optimāla: vidēji tā ir 0,45–0,55. Pastāv labs līdzsvars starp viegliem un grūtiem uzdevumiem, kas labi aptver skolēnu spēju diapazonu. Uzdevumu izšķirtspēja ir laba.

MD 2. daļa nodrošina, ka gan vājāki, gan spējīgāki skolēni var demonstrēt savas prasmes. Visi uzdevumi labi iekļaujas kopējā mērījumā. MD 2. daļa ir ļoti precīza augstāku, sarežģītāku prasmju mērīšanai (datu interpretācija, kompleksa fizikas likumsakarību lietošana), it īpaši skolēniem, kuru spējas fizikā ir virs vidējām. Uzdevumi kopā strādā kā viens, konsekvents mērinstruments. Lielākajai daļai uzdevumu izšķirtspēja ir 0,4–0,6, kas ir ļoti labs un augsts līmenis.

Lai valsts pārbaudes darbu padarītu vēl kvalitatīvāku, izslēdzot mazāk piemērotus testelementus, būtu nepieciešama plašāka aprobācija ar reprezentatīvu, mērķtiecīgi atlasītu iesaistīto skolu un skolēnu izlases kopu un aprobācijas datu statistiskā analīze, izvērtējot katru testelementu un darbu kopumā.

Monitoringa darba rezultāti līdzīgi kā gadu iepriekš parāda salīdzinoši augstu sniegumu pētnieciskajā un eksperimentālajā darbībā. Uzlabojies skolēnu sniegums siltumfizikā, sniegums mehānikas un elektromagnētisma satura moduļos ir stabils, bet optikai būtu jāpievērš vairāk uzmanības.

Vairums skolēnu darbu rakstīja 11. klases beigās, daļa no šiem skolēniem apgūs Fizika II kursu. MD rezultātu analīze ļauj konstatēt vājās vietas – gan konkrētiem skolēniem, gan valstī kopumā. Daļa 12. klases skolēnu kārtoja MD, lai labāk sagatavotos CE, un viņu sniegums CE bija salīdzinoši augsts.

Prasme plānot pētījumu monitoringa darbā ir demonstrēta salīdzinoši augstā līmenī. Jāpilnveido modelēšanas un analītiskās spriešanas prasmes. Šīs prasmes var turpināt attīstīt citos mācību priekšmetos.

Īpaši būtisks ir darbs pie pašām vispārīgākajām prasmēm. Skolēniem jāattīsta tekstpratība, jāveido ieradums lasīt uzdevumu, iedziļināties un uzrakstīt atbilstošu atbildi. Būtiski jāpilnveido nepieciešamās matemātikas zināšanas un prasmes, kuru trūkums šajā MD pamanāms daudzu testelementu risinājumos.

Līdzīgi kā gadu iepriekš būtiskākais monitoringa darba trūkums ir ļoti zemā skolēnu motivācija, darbu veicot: nekādu seku – ne negatīvu, ne pozitīvu – monitoringa darbam nav. Analizējot konkrētus darbus, redzams, ka skolēni nav risinājuši testelementus, kuri prasa lielāku ieguldījumu. Tas padara šo mērījumu mazāk ticamu.

2026. gadā, vienam no dabaszinātņu eksāmeniem – optimālajā līmenī fizikā, ķīmijā vai bioloģijā vai arī vispārīgajā līmenī dabaszinībās – kļūstot par obligāti kārtojamu, būs iespēja ieraudzīt objektīvāku ainu par Latvijas vidusskolēnu zināšanām un prasmēm dabaszinātnēs.

Izmantotie avoti

- 1) VIAA. Monitoringa darbs optimālajā mācību satura apguves līmenī fizikā vidusskolai, 2025. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/media/44519/download?attachment>, skatīts: 14.12.2025.
- 2) Noteikumi par valsts vispārējās vidējās izglītības standartu un vispārējās vidējās izglītības programmu paraugiem. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/309597/redakcijas-datums/2024/09/01>, skatīts: 14.12.2025.
- 3) VIAA. FIZIKA. Optimālais mācību satura apguves līmenis. Monitoringa darba programma. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/media/22362/download?attachment>, skatīts: 14.12.2025.
- 4) 10. pielikums MK 2019. gada 3. septembra noteikumiem Nr. 416: “Skolēna mācību sasniegumu vērtēšana 10 ballu skalā”. Pieejams: <https://likumi.lv/ta/id/309597/redakcijas-datums/2024/09/01#piel10>, skatīts: 14.12.2025.
- 5) VIAA. Monitoringa darbs optimālajā mācību satura apguves līmenī. Centralizētais eksāmens augstākajā mācību satura apguves līmenī. FIZIKA. Datu buklets. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/media/22365/download?attachment>, skatīts: 14.12.2025.
- 6) VIAA. FIZIKA. Augstākais mācību satura apguves līmenis. Centralizētā eksāmena programma. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/media/22326/download?attachment>, skatīts: 14.12.2025.
- 7) VIAA. Valsts pārbaudes darbu statistikas katalogs. Monitoringa darbs fizikā. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/node/14918>, skatīts: 16.12.2025.
- 8) Betels Dž. Ievads pārbaudes darbu statistiskā analīzē. Palīgs skolotājiem. IZM, ISAP, Rīga: 2003.
- 9) Measuring Item Reliability Part 1 – Item Discrimination Index. Pieejams: <https://maxinity.co.uk/blog/item-discrimination-index/>, skatīts: 14.12.2025.
- 10) Andrejs Geske, Andris Grīnfelds. Testu teorijas elementi izglītībā. Pieejams: https://profizgl.lv/pluginfile.php/22519/mod_resource/content/0/AGrinfelds_AGeske/Testi_izglitiba_final2.pdf, skatīts: 14.12.2025.
- 11) FIZIKAS (optimālais mācību satura apguves līmenis) MONITORINGA DARBS 2023./2024. m. g. ANALĪZE UN METODISKIE IETEIKUMI. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/media/21780/download?attachment>, skatīts: 14.12.2025.
- 12) VISC.Fizika I. Pamatkursa programmas paraugs vispārējai vidējai izglītībai. Pieejams: <https://mape.gov.lv/api/files/6FC85410-E7B6-4D87-A6F7-B1052A57799F/download>, skatīts: 14.12.2025.
- 13) VIAA. Monitoringa darbs optimālajā mācību satura apguves līmenī. FIZIKA. Vērtēšanas kritēriji un sagaidāmais skolēna sniegums. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/media/45803/download?attachment>, skatīts: 14.12.2025.
- 14) VIAA. FIZIKA Centralizētais eksāmens par vispārējās vidējās izglītības apguvi (augstākais mācību satura apguves līmenis, 2025). Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/media/44552/download?attachment>, skatīts: 16.12.2025.
- 15) VIAA. Valsts pārbaudes darbu statistikas katalogs. Eksāmens fizikā (augstākajā līmenī). Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/node/14837>, skatīts: 16.12.2025.
- 16) VIAA. Valsts pārbaudes darbu uzdevumi. Pieejams: <https://www.viaa.gov.lv/lv/valsts-parbaudes-darbu-uzdevumi>, skatīts: 14.12.2025.
- 17) AS LATVENERGO. FIZMIX: Fizikas tēmas. Pieejams: <https://www.fizmix.lv/fiztemas>, skatīts: 14.12.2025.
- 18) AS LATVENERGO. FIZMIX: Eksāmenu testi. Pieejams: https://www.fizmix.lv/eksamenu_testi, skatīts: 14.12.2025.
- 19) AS LATVENERGO. FIZMIX: Eksāmenu uzdevumi. Pieejams: https://www.fizmix.lv/eksamenu_uzdevumi, skatīts: 14.12.2025.
- 20) Autoru kolektīvs. Mācīšanās lietpratībai, Latvijas Universitāte, 2018. Pieejams: https://www.siic.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/siic/Kolektiva_monografija/Macisanas_Lietpratibai.pdf, skatīts: 14.12.2025.
- 21) AS LATVENERGO. FIZMIX: Mehāniskās svārstības un viļņi. Pieejams: <https://www.fizmix.lv/fiztemas/mehaniskas-svarstibas-un-vilni-4/fiztemas-svarstibas-svarsti>, skatīts: 14.12.2025.
- 22) AS LATVENERGO. FIZMIX: Elektromagnētisms. Pieejams: <https://www.fizmix.lv/fiztemas/elektromagnetisms-11/magnetiskais-speks>, skatīts: 14.12.2025.
- 23) AS LATVENERGO. FIZMIX: Elektriskais lauks. Pieejams: <https://www.fizmix.lv/fiztemas/97/4419>, skatīts: 14.12.2025.
- 24) Tabulas un formulas fizikā 8.–12. klasei. Sast. Uldis Dzērve. Pieejams: <https://app.soma.lv/v2/e-gramatas/tabulas-un-formulas-fizika-8-12-klasei/pdf?page=60>, 60. lpp. Rīga: Lielvārds, 2008.
- 25) AS LATVENERGO. FIZMIX: Gaismas viļņi. Pieejams: <https://www.fizmix.lv/fiztemas/gaismas-vilni-9/interference>, skatīts: 14.12.2025.
- 26) Skola2030. 8.1. Ko mācās fizikā? Pieejams: <https://mape.gov.lv/api/files/605A1FD5-C8B8-4702-937F-F92FCC572234/download>, skatīts: 14.12.2025.
- 27) SIA “Apgāds Zvaigzne ABC”. Māconis: Produktu katalogs. Pieejams: <https://maconis.zvaigzne.lv/katalogs#group=group1&seciba=1&tips=0&prieksmets=7&vecuma-grupa=4&atverums=0-12>, skatīts: 14.12.2025.
- 28) AS LATVENERGO. FIZMIX: Formulas. Pieejams: <https://www.fizmix.lv/formulas>, skatīts: 14.12.2025.

1. PIELIKUMS

Pamatzināšanas un prasmes, kuras būtiski apgūt un pilnveidot veiksmīgai fizikas izpratnei MEHĀNIKA

Pamatzināšanas un prasmes	Zinu/protu	Jāmācās
Zinu vai atrodu datu bukletā fizikālo lielumu SI mērvienības. Ja aprēķinos nepieciešams, pārveidoju mērvienības uz SI sistēmas vienībām.		
Atšķiru skalāros lielumus (laiks, ceļš, vidējais ātrums, koordināta, masa, darbs, jauda) no vektoriālajiem lielumiem (pārvietojums, ātrums, paātrinājums, impulss, spēks).		
Zinu rīcības plānu vektoru saskaitīšanā, atņemšanā un reizināšanā ar skaitli.		
Lietoju kustības vienādojumus un/vai grafikus, lai noteiktu kustības raksturlielumus jebkurā laika momentā.		
Nosaucu nemainīgos lielumus, ja dots ātruma projekcijas maiņas vienādojums, piemēram, $v_x = 5 - 3t$.		
Nosaku, kas ir nemainīgie lielumi koordinātas maiņas vienādojumā (kustības likumā), piemēram, $x = -50 - 30t + 2t^2$.		
Atšķiru: - ja ātruma un paātrinājuma virzieni sakrīt, ķermenis turpina vienmērīgi paātrinātu kustību tajā pašā virzienā; - ja ātruma un paātrinājuma virzieni ir pretēji, ķermenis sākotnēji turpina vienmērīgi palēninātu kustību, līdz apstājas, un tad uzsāk (momentāni) vienmērīgi paātrinātu kustību pretējā virzienā.		
Ja tekstā dots, ka kustība uzsākta no miera stāvokļa, tad to dotajos lielumos apzīmēju kā $v_0 = 0$ (nav sākuma ātruma), savukārt, ja tekstā lasu, ka transportlīdzeklis tiek nobremzēts, tad pierakstu, ka $v = 0$ (beigu ātrums ir 0).		
Kustības grafikus (ātruma, ceļa, paātrinājuma) zīmējot, neatkarīgo lielumu – laiku – attēloju vienmēr uz horizontālās ass.		
Zinu, ka lineāras funkcijas grafiks ir taisne, kvadrātfunkcijas grafiks – parabola, nemainīgam (konstantam) lielumam zīmējot grafiku, velku taisni, kas paralēla laika asij.		
Lietojot “laukuma” metodi (grafika līnija ar horizontālo asi veido figūru, kuras laukums skaitliski vienāds ar...), no ātruma grafika nosaku veikto ceļu, bet no paātrinājuma grafika – ātruma izmaiņas lielumu.		
Vienmērīgi mainīgu kustību stroboskopiskajā attēlā atpazīstu, ja izpildās nosacījums, ka vienādos secīgos laika intervālos (stroboskopa uzliesmojuma periods) ķermeņa veiktie attālumi atšķiras par vienu un to pašu vērtību. Ja vēl pamanāma likumsakarība, ka vienādos secīgos laika intervālos veiktie attālumi attiecas kā nepāra skaitļi, kas seko cits citam, tad var apgalvot, ka kustība uzsākta no miera stāvokļa ar nemainīgu paātrinājumu.		
Zinu, ka brīvi krītoša ķermeņa un horizontāli izsviesta ķermeņa (ja nav jāievēro gaisa pretestības spēku darbība) kustības ilgumu nosaka tikai augstums.		
Vienmērīgā kustībā pa riņķa līniju ķermeņa lineāro ātrumu jebkurā trajektorijas punktā velku pa riņķa līnijas pieskari, bet centrīces paātrinājumu – tam perpendikulāri virzienā uz riņķa līnijas centru.		
Analizējot vienmērīgu kustību pa riņķa līniju, lietoju jēdzienus – apriņķošanas periods un frekvence.		
Ķermeņa masa ir inertuma, vielas daudzuma un mehāniskās enerģijas mērs.		
Konstruēju kopspēku (rezultējošo), ģeometriski saskaitot divus vai vairākus dažādos virzienos vērstus spēkus.		
Ja ķermenis atrodas miera stāvoklī vai kustas vienmērīgi taisnā virzienā, balstos uz pirmo Ņūtona likumu (inerces likumu) un lietoju $\vec{F} = 0$.		
Otro Ņūtona likumu (dinamikas likumu) lietoju, ja ķermenim kopspēka darbības virzienā piešķirts paātrinājums, un $\vec{a} = \vec{F}/m$.		

Trešais Ņūtona likums (darbības un pret darbības likums) noder pamatojumos par divu ķermeņu savstarpējās mijiedarbības spēkiem.		
Smaguma spēku (F_{sm}) vienmēr attēloju vertikāli leju, pieliktu ķermeņa masas centram.		
Balsta (virsmas) reakcijas spēku (F_r) vienmēr attēloju perpendikulāri virsmai (horizontālai, slīpai vai vertikālai), pieliktu ķermeņa masas centram.		
Arhimēda spēku (F_A) vienmēr attēloju vertikāli augšup, pieliktu ķermeņa masas centram.		
Berzes spēku (F_b) vienmēr attēloju pretēji kustības virzienam vai iespējamās kustības virzienam, pieliktu ķermeņa masas centram.		
Slīdes berzes spēku atrod pēc formulas $F_b = \mu F_r$, un tas nav atkarīgs no vilcējspēka, bet miera (statiskās) berzes spēks vienāds ar nepietiekamu vilcējspēku, tāpēc tam atbilst vērtību intervāls $[0; F_{max}]$.		
Zinu, ka rotācijas kustības cēlonis ir spēka moments $M = Fl$.		
Lietoju sviras līdzsvara nosacījumu, $M = 0$.		
Zinu, kas ir ķermeņa impulss, un ka to var izmainīt spēka impulss ($F = \Delta p / \Delta t$).		
Lietoju vispasaules gravitācijas likumu $F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$.		
Sviedienos un kritienos lietojot kustības vienādojumus, brīvās krišanas paātrinājuma projekcija uz kustības asi var būt gan pozitīva, gan negatīva – atkarībā no vertikālās ass virziena izvēles.		
Zinu, ka smaguma spēks pielikts ķermenim, bet tā svars – balstam vai iekarei.		
Pārslodze rodas, ja ķermeņa svars kļūst lielāks nekā normālais svars ($P = mg$).		
Zinu likumsakarības, kas ļauj mehāniskajos procesos aprēķināt enerģiju, darbu, jaudu un lietderības koeficientu.		
Zinu, ka kinētiskā enerģija nemainīgas masas ķermenim ir tieši proporcionāla ātruma kvadrātam (v^2).		
Lietoju “laukuma” metodi (grafika līnija ar horizontālo asi veido figūru, kuras laukums skaitliski vienāds ar...), no spēka grafika $F = f(t)$ atrod impulsa izmaiņu, no jaudas grafika $P = f(t)$ – veikto darbu, kā arī no spēka grafika $F = f(s)$ iegūst mehāniskā darba vērtību, bet no spēka grafika $F = f(v)$ – jaudu.		
Skaidrojumos un aprēķinos noslēgtai ķermeņu sistēmai lietoju impulsa nezūdamības likumu un pilnās mehāniskās enerģijas saglabāšanās likumu.		
Aprēķiniem un analīzei pareizi izvēlos matemātiskā svārsta vai atsperes svārsta perioda formulu.		
Zinu viļņa ātruma, frekvences un viļņa garuma saistību, aprēķinos izsakot nepieciešamo.		
Skaidroju garenviļņu un šķērsviļņu veidošanās atšķirību.		

SILTUMFIZIKA

Pamatzināšanas un prasmes	Zinu/protu	Jāmācās
Vielā sastāv no daļiņām, kuras atrodas nemitīgā kustībā – siltumkustībā.		
Aprakstu daļiņu izvietojuma, mijiedarbības un kustības atšķirības gāzēs, šķidrums un cietās vielās.		
Gāze rada spiedienu p molekulu triecienos pret trauka sienām. Spiedienu mēra ar manometru.		
Zinu, ka absolūtā temperatūra T ir proporcionāla daļiņu vidējai kustības enerģijai.		
Aprēķinos lietoju absolūto temperatūru: $T = t + 273$, ja t – temperatūra, °C.		
Zinu, ka gāzi slēgtā traukā raksturo spiediens p , tilpums V un absolūtā temperatūra T . Secinu par šo lielumu izmaiņām, lietojot sakarību $pV/T = \text{const}$.		
Grafiski attēloju izoparametriskos procesus pV un VT koordinātu asīs.		
Ja divu ķermeņu temperatūra atšķiras, notiek siltuma pārnese.		
Zinu, ka siltuma daudzums Q ir iekšējās enerģijas daļa, kas pāriet no siltākā ķermeņa uz aukstāko.		

Skaidrojumos atsaucos uz trim siltuma pārnese veidiem. Zinu, ka siltumstarojumam nav vajadzīga vieliska vide, konvekcija notiek šķidrumos un gāzēs, metāli ir labi siltumvadītāji.		
Zinu, ka ķermeņa iekšējā enerģija U ir tā daļiņu kustības un mijiedarbības enerģiju summa.		
Skaidrojumos un aprēķinos lietoju pirmo termodinamikas likumu: iekšējās enerģijas izmaiņa $\Delta U = Q - A$, kur A – sistēmas veiktais darbs.		
Protu aprakstīt izoparametriskus procesus, kuros kāds no gāzes raksturlielumiem nemainās: • izohorisks process: V nemainās, $A = 0$; • izotermisks process: T nemainās, $\Delta U = 0$; • izobārisks process: p nemainās, $\Delta U = Q - A$; • un adiabatisku procesu: $Q = 0$, $\Delta U = -A$.		
Aprēķinu veikto darbu kā laukumu zem spiediena atkarības no tilpuma grafika pV koordinātu asīs.		
Aprēķinu siltuma daudzumu, kas izdalās, kurināmajam sadegot: $Q = qm$; kas jāpievada/jāaizvada, ķermenim silstot/dziestot: $Q = cm\Delta T$; kūstot/kristalizējoties: $Q = \lambda m$ un vāroties, iztvaikojot/kondensējoties $Q = Lm$.		
Izmantoju temperatūras atkarības no laika grafikus procesu analīzē. Zinu, ka, kristāliskai vielai kūstot un šķidrumam vāroties, temperatūra nemainās – vielu raksturo kušanas un vārīšanās temperatūras.		
Veicu aprēķinus, izmantojot siltuma bilances vienādojumu: $Q_{\text{SAŅEMTAIS}} = Q_{\text{ATDOTAIS}}$.		
Zinu, ka šķidruma spiediens nav atkarīgs no trauka formas vai laukuma. Skaidrojot lietoju Paskāla principu: ārējs spiediens tiek pārnests vienmērīgi visā šķidrumā vai gāzē.		
Aprēķinu Arhimēda spēku, zinot ķermeņu peldēšanas nosacījumus. Aprēķinu iegremdēto ķermeņa daļu kā ķermeņa blīvuma un šķidruma blīvuma attiecību.		
Lietoju Huka likumu, aprēķinot elastības spēku, absolūto pagarinājumu un stinguma koeficientu.		

ELEKTROMAGNĒTISMS

Pamatzināšanas un prasmes	Zinu/protu	Jāmācās
Elektromagnētisko mijiedarbību nosaka elektriskie lādiņi. Elektronam ir negatīvs, protonam – pozitīvs elementārlādiņš e . Zinu, ka pretēji lādiņi pievelkas, bet vienādi – atgrūžas.		
Zinu, ka ķermeņa lādiņš vienmēr ir vesels skaits elementārlādiņu ($q = Ne$), un noslēgtā sistēmā tas nemainās.		
Skaidroju elektrizāciju kā elektronu iztrūkumu (+) vai pārpalikumu (–).		
Datu bukletā atrodu Kulona likumu, kas apraksta lādiņu mijiedarbības spēku F_k . Salīdzinu gravitācijas likumu un Kulona likumu.		
Lādiņi maina telpu ap sevi – rada elektrisko lauku, kuru raksturo intensitāte $E = F/q$. Aprēķinu spēku, kas darbojas uz lādiņu ārējā elektriskajā laukā.		
Attēloju elektrisko lauku ap punktveida lādiņiem, lādiņu pāriem un starp pretēji lādētām plaknēm.		
Aprēķinos izmantoju plakņu kondensatora sakarību.		
Lietoju sprieguma U jēdzienu, lai raksturotu darbu, ko elektriskais lauks veic, pārvietojot lādiņu ķēdes posmā: $U = A/q$.		
Skaidroju, kas ir elektriskā strāva. Zinu strāvas rašanās un pastāvēšanas nosacījumus elektriskajā ķēdē.		
Aprēķinu strāvas stiprumu $I = q/t$.		
Skaidroju vadītāja ietekmi, lietojot elektriskās pretestības R jēdzienu. Skaidrojumos un aprēķinos lietoju pretestības formulu $R = \rho l/S$.		
Skaidrojumos un aprēķinos lietoju Oma likumu ķēdes posmam $I = U/R$ un noslēgtai ķēdei $I = \mathcal{E}/(R+r)$.		

Lietoju svarīgāko elektriskās ķēdes elementu apzīmējumus (avoti, patērētāji, mērierīces), zīmējot vai analizējot slēgumu shēmas.		
Zinu, ka virknes slēgumā strāvas stiprums visos posmos ir vienāds, spriegumi sadalās proporcionāli pretestībām un tos saskaita, paralēlslēgumā – spriegums vienāds, strāvu stiprumi sadalās apgriezti proporcionāli pretestībām un tos saskaita.		
Skaidrojumos un aprēķinos lietoju virknes slēguma un paralēlslēguma īpašības, aprēķinu raksturlielumus (U, I, R) slēgumiem un atsevišķiem slēgumu elementiem.		
Skaidroju, kādēļ ampērmētru ķēdē slēdz virknē, bet voltmetru – paralēli posmam.		
Aprēķinu elektriskās ķēdes elementu patērēto jaudu $P = IU$ dažādos slēgumos un to elementos. Virknes slēgumā izmantoju sakarību $P = I^2 R$, paralēlslēgumā – sakarību $P = U^2/R$.		
Raksturoju magnētisko lauku ar tā indukciju B . Attēloju ar lauka līnijām magnētisko lauku ap pastāvīgo magnētu (stieņveida, pakavveida) un strāvas vadu.		
Zinu, ka magnētiskā lauka indukcijas līnijas vienmēr ir noslēgtas.		
Skaidroju elektromagnēta darbības principu.		
Aprakstu lādētu daļiņu kustību magnētiskajā laukā, lietojot Lorenca spēka jēdzienu. Aprēķinu šī spēka lielumu un nosaku tā virzienu.		
Aprēķinu Ampēra spēku, kas darbojas uz strāvas vadu ārējā magnētiskajā laukā, un nosaku tā virzienu.		
Skaidroju elektromagnētiskās indukcijas parādību, izmantojot magnētiskās plūsmas jēdzienu un Lenca likumu.		
Aprakstu sprieguma un strāvas maiņu maiņstrāvas ķēdē, lietoju raksturlielumus – frekvence, maksimālā un efektīvā sprieguma un strāvas stipruma vērtības.		
Skaidroju transformatora darbības principu, aprēķinos lietoju sakarību starp spriegumiem un vijumu skaitu tinumos.		
Lietoju enerģijas nezūdamības likumu, skaidrojot svārstību rašanos svārstību kontūrā. Aprēķinu svārstību periodu, lietojot kontūra elementu raksturlielumus: $T = 2\pi\sqrt{LC}$.		
Aprēķinu EMV raksturlielumus – ātrumu (c vai v), frekvenci f , viļņa garumu λ .		

OPTIKA

Pamatzināšanas un prasmes	Zīnu/protu	Jāmācās
Ievērojot atstarošanas likumu, novelku perpendikulu pret virsmu un atstaroto staru, ja uzzīmēts krītošais stars pret virsmu.		
Krišanas leņķi α atzīmēju kā leņķi starp krītošo staru un perpendikulu, kas novilkts stara krišanas punktā, bet atstarošanas leņķi β – kā leņķi starp atstaroto staru un perpendikulu. Zinu, ka $\alpha = \beta$.		
Konstruēju staru gaitu spoguļos (plakanos un sfēriskos).		
Zinu gaismas laušanas likumu, lietoju to aprēķinos.		
Gaismas izplatīšanās ātrums vakuumā (arī gaisā) ir $c = 3 \cdot 10^8$ m/s.		
Gaismas laušanu (gaismas stara virziena maiņu) nenovēro, ja gaismas stars krīt perpendikulāri robežvirsmi starp divām vidēm ar atšķirīgu optisko blīvumu.		
Pilnīgā iekšējā atstarošanās no optiski mazāk blīvas virsmas novērojama gadījumos, kad krišanas leņķis lielāks nekā pilnīgās iekšējās atstarošanās robežleņķis.		
Konstruēju gaismas staru izplatīšanos plakanparalēlā plāksnītē un prizmā, savācējlēcās un izkliedētājlēcās.		
Iegūto attēlu raksturošanai izvēlos no katra īpašību pāra vienu – reāls vai šķietams, tiešs vai apgriezts un palielināts vai samazināts.		
Lietoju lēcas formulu $\frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d'}$, izsakot no tās nezināmo lielumu.		
Zinu, ka optiskais stiprums savācējlēcai ir pozitīvs, bet izkliedētājlēcai tas ir negatīvs. Jo mazāks lēcas fokusa attālums, jo lielāks tās optiskais stiprums.		

Ir izpratne par to, ka vienīgi reālu attēlu var skatīt uz virsmas (ekrāna), bet šķietamu attēlu aplūko, skatoties vai nu pašā spogulī, vai caur lēcu.		
Zinu veidus, kā var izmainīt apgaismojumu.		
Lai kontrolētu apgaismes normu ievērošanu, lieto speciālu mērierīci – luksmetru, ar kuru var izmērīt apgaismojumu.		
Darbam klasē nepieciešami vismaz 300 lx.		
Acs kopumā darbojas kā savācējlēca, kuras optiskais stiprums mainās no 60 līdz 70 dioptrijām.		
Atšķiru tuvredzību un tālredzību, zinu, kāda veida lēcas palīdz šo defektu koriģēšanai.		
Savācējlēcas gadījumā (lupai) šķietamais attēls izskatās pietuvināts un palielināts, bet izkļiedētājlēcas gadījumā tas šķiet attālināts un samazināts.		
Redzamā gaisma aizņem šauru EM viļņu spektra daļu.		
Izmantoju EM viļņu skalu, lai noteiktu starojuma veidu vai redzamās gaismas krāsu, zinot viļņa garumu vai frekvenci.		
Gaismu var uzskatīt arī kā atsevišķu daļiņu (fotonu) plūsmu.		
Zinu, kas ir koherenti gaismas avoti.		
Aprēķinos ievēroju, ka interferences maksimums rodas tajos telpas punktos, kuros viļņu gājuma diferencē (starpībā) ietilpst pāra skaits pusviļņa jeb vesels skaits viļņa garuma, bet interferences minimums – tajos telpas punktos, kuros viļņu gājumu diferencē (starpībā) ietilpst nepāra skaits pusviļņa garuma.		
Raksturoju difrakcijas ainu, izmantojot difrakcijas režģa formulu.		
Gaismas polarizācija pierāda, ka gaisma ir šķērsvilnis.		

MODERNĀ FIZIKA

Pamatzināšanas un prasmes	Zinu/protu	Jāmācās
Salīdzinu Rezerforda un Bora atoma modeļus, zinu to būtiskās kopīgās īpašības un atšķirības.		
Aprēķinu fotonu enerģiju, zinot starojuma viļņa garumu λ ($E = c/\lambda$) vai frekvenci f ($E = hf$).		
Zinu, ka emisijas spektri rodas, elektroniem pārejot uz zemāku enerģijas līmeni un izstarojot fotonus, bet absorbcijas spektri – elektroniem absorbējot fotonus un pārejot uz augstāku enerģijas līmeni.		
Salīdzinot spektrus, nosaku vielas sastāvu.		
Zinu, ka nestabili atomu kodoli sabrūk, izstarojot radioaktīvo starojumu: notiek alfa (α), bēta (β) vai gamma (γ) sabrukšana.		
Atšķiru radioaktīvā starojuma veidus: - alfa daļiņas ir hēlija kodoli (2 protoni un 2 neitroni); - bēta daļiņas ir elektroni vai pozitroni; - gamma starojums ir fotoni.		
Prognozēju radioaktīvās sabrukšanas rezultātu, lietojot pussabrukšanas perioda jēdzienu.		
Aprakstu kodolreakcijas, sastādot un lietojot kodolreakciju vienādojumus.		
Skaidroju, kādēļ kodolreakcijās izdalās enerģija.		
Aprakstu kodolsintēzi – divu vai vairāku kodolu saplūšanu vienā lielākā kodolā – kā zvaigžņu enerģijas avotu.		
Aprakstu liela kodola dalīšanos mazākos kodolos kā enerģijas avotu kodolreaktoros.		
Visuma objektus (galaktikas, zvaigznes, planētas, pavadoņus) klasificēju pēc būtiskajām pazīmēm.		
Skaidroju atšķirību starp zvaigžņu redzamo un absolūto spožumu.		
Skaidroju zvaigžņu virsmas temperatūras un izstarotās enerģijas saistību, izmantojot Hercšprunga–Rasela diagrammu.		

PĒTNIECISKĀ UN EKSPERIMENTĀLĀ DARBĪBA

Pamatzināšanas un prasmes	Zinu/protu	Jāmācās
Zinu pētnieciskās darbības soļus, secību.		
Pētniecisko problēmu izveidoju kā pētījuma jautājumu.		
Neatkarīgais lielums ir tas, ko pētnieks eksperimentā maina. Neatkarīgais lielums konkrētā pētījumā var būt tikai viens.		
Uzskaitu vienmēr visus būtiskos darba piederumus un mērierīces, lai varētu iegūt eksperimentālos datus.		
Mērierīces izvēloties, vienmēr sekoju līdzi atbilstošajam mērapjomam. Uzsākot mērīšanu, izvēlos iespējamo lielāko mēr diapazonu un tad tikai, ja nepieciešams, pāreju uz mazāku.		
Darba gaitā (eksperimenta norisē) aprakstu, • kā eksperimentā mainīšu neatkarīgo lielumu un kā to mērīšu; • kā mērīšu atkarīgā lieluma izmaiņas; • kā nodrošināšu to, ka fiksētie lielumi nemainās; • cik reižu mainīšu neatkarīgo lielumu un cik reižu atkārtōšu eksperimentu ar katru neatkarīgā lieluma vērtību, lai iegūtu ticamus rezultātus.		
Darba gaitā kā obligātu nepieciešamību iekļauju drošības tehnikas noteikumu ievērošanu, piemēram, elektrodrošību, veidojot elektriskās ķēdes; ugunsdrošību, darbojoties ar atklātu liesmu; darba drošību, lietojot karstu šķidrumu (virs 60 °C), sakarsētus ķermeņus, stikla traukus utt.		
Tabulā noteikti iekļauju neatkarīgo lielumu un atkarīgo lielumu. Ja kādu no lielumiem nemēru tieši, tad iekļauju tieši izmērītos lielumus, kas nepieciešami aprēķinam. Fiksētos lielumus tabulā varu arī neiekļaut.		
Mērinstrumenta iedaļas vērtību fiksēju kā absolūto kļūdu tiešajiem mērījumiem, ja vien, piemēram, laika mērīšanā nav jāņem reakcijas laiks.		
Zinu vairākus veidus, kā aprēķināt mērījuma absolūto kļūdu netiešajos mērījumos, vai atrodu tos datu bukletā.		
Zīmējot grafiku atkarīgā un neatkarīgā lieluma saistībai, uz horizontālās ass atlieku neatkarīgā lieluma mēroga iedaļas, bet uz vertikālās ass atlieku atbilstošas atkarīgā lieluma mēroga iedaļas.		
Analizēju uz datiem balstīto informāciju, izvērtēju datu ticamību un precizitāti, saskatu trūkumus, iesaku uzlabojumus, lai iegūtu secinājumus atbilstoši problēmai un/vai hipotēzei.		

2. PIELIKUMS

Skolēnu tipiskās kļūdas un maldīgie priekšstatī fizikā, kuri jācenšas izskaust, gatavojoties CE

Mehānika

- 1) Nenošķir pārvietojuma moduli no pārvietojuma projekcijas, kā arī ātruma moduli no ātruma projekcijas vai arī paātrinājuma moduli no paātrinājuma projekcijas.
- 2) Paātrinājuma mērvienību pieraksta kā ātruma mērvienību m/s.
- 3) Zīmē kustības grafikus, neiegūstot lielumu minimālās un maksimālās vērtības.
- 4) Aprēķinos pielīdzina ceļu veiktajam pārvietojumam pat tad, ja kustība nav bijusi vienvirziena.
- 5) Nevienmērīgā kustībā vidējo ātrumu izrēķina kā vidējo aritmētisko no visu posmu ātrumu vērtībām.
- 6) Kustības vienādojumos ignorē mīnusa zīmes, nolasot vai ievietojot atbilstošos kustības raksturlielumus.
- 7) Grafikos, lietojot “laukuma” metodi, problēmas sagādā trijstūra laukuma un trapeces laukuma aprēķināšana.
- 8) Aprēķinot grafikam taisnes virziena koeficientu, nepieraksta fizikālajam lielumam atbilstošo mērvienību.
- 9) Neizprot centrēties paātrinājuma fizikālo nozīmi vienmērīgā kustībā pa riņķa līniju.
- 10) Spēkus, kuri darbojas uz ķermeni, attēlo ārpus ķermeņa.
- 11) Pamatojumos nenošķir, kurš Ņūtona likums darbojas dotajā situācijā.
- 12) Neprot nosaukt pareizi dinamometru kā mērierīci spēka mērīšanai.
- 13) Paātrinājumu rēķinot pēc otrā Ņūtona likuma, vilcējspēku vienmēr uzskata kā kopspēku.
- 14) Ķermeņa svaru uztver kā masu, nevis spēku, kaut arī šiem lielumiem ir atšķirīgas mērvienības.
- 15) Neievēro, ka rotācijas kustību izraisa ne jau pats spēks, bet tā (griezes) moments.
- 16) Spēka plecu l attēlo kā īsāko attālumu no ķermeņa rotācijas ass līdz spēka pielikšanas vietai.
- 17) Nepareizi interpretē gravitācijas likuma $F \sim 1/R^2$ atkarību.
- 18) Neparedz svara izmaiņu ķermeņu vertikālā kustībā.
- 19) Jauc darba un jaudas mērvienības.
- 20) Uzskata, ka garā iekarē iekārtā ķermeņa masa nosaka tā svārstību periodu.
- 21) No harmonisko svārstību vienādojuma neprot aprēķināt noteiktā laika momentā t ķermeņa atvirzi no līdzsvara stāvokļa.
- 22) Grūtības sagādā mehānisko viļņu īpašību kvalitatīvs apraksts.

Siltumfizika

- 1) Jauc jēdzienus “temperatūra”, “iekšējā enerģija” un “siltuma daudzums”.
- 2) Domā, ka temperatūra vienmēr mainās, pievadot siltumu (fāžu pārejās tā nemainās).
- 3) Siltuma bilances vienādojumā aizmirst trauku silšanu/dzišanu vai notiekošās fāžu pārejas.
- 4) Domā, ka iztvaikošana un vārīšanās ir viens un tas pats process.
- 5) Iztvaikošanu uzskata par procesu, kas notiek tikai 100 °C temperatūrā.
- 6) Domā, ka gāzes spiediens rodas “no karstuma”, nevis daļiņu sadursmēm.
- 7) Gāzu likumos jauc tiešo un apgriezto proporcionalitāti.
- 8) Jauc siltuma pārneši un siltumvadīšanu.
- 9) Nepareizi interpretē gāzu procesu grafikus (jauc grafikus pV un pT asīs).
- 10) Neatpazīt horizontālos posmus fāžu pāreju grafikos.
- 11) Fāžu pāreju siltuma daudzuma aprēķinos jauc λ un L .
- 12) Gāzes darbu interpretē kā “spiediena reizinājumu ar laiku”.
- 13) Domā, ka hidrostatiskais spiediens ir atkarīgs no trauka formas.

Elektromagnētisms

- 1) Jauc īpatnējo pretestību ρ ar blīvumu un R – ar rādiusu r .
- 2) Nepareizi interpretē Kulona likuma $F \sim 1/R^2$ atkarību.
- 3) Kļūdaini attēlo elektriskā lauka intensitātes virzienu.
- 4) Jauc potenciālu un spriegumu.

- 5) Jauc virknes slēgumu un paralēlslēgumu un to īpašības.
- 6) Uzsata, ka laukums zem strāvas–sprieguma grafika ir jauda.
- 7) Jauc Ampēra un Lorenca spēku.
- 8) Neizmanto Lenca likumu elektromagnētiskās indukcijas skaidrošanā.
- 9) Izmanto formulu $R = U/I$ kā funkcionālu sakarību (ja pieaug U , tad pieaug R).
- 10) Domā, ka lielāka pretestība vienmēr nozīmē lielāku sasilšanu.
- 11) Uzsata, ka elektromagnētiskie viļņi ir viļņi vielā.

Optika

- 1) Gaismas staru zīmējot, novelk tikai taisni, nenorādot virzienu.
- 2) Krišanas leņķi α attēlo nevis kā leņķi starp krītošo staru un perpendikulu, bet kā leņķi starp krītošo staru un robežvirsmu, kuram pavisam cita nozīme.
- 3) Domā, ka gaismas laušanu novēro vienmēr, gaismai pārejot no vienas vides uz citu, aizmirstot par pilnīgo iekšējo atstarošanas gadījumā, ja pirmā vide ir optiski blīvāka nekā otrā vide.
- 4) Aizmirst plānas lēcas apzīmējumu konstrukcijās vai sajauc savācējlēcas un izkliedētājlēcas apzīmējumus savā starpā.
- 5) Skaidrojumos jauca lēcas fokusu ar fokusa attālumu.
- 6) Šķietamajiem attālumiem lēcas formulā nepaņem negatīvas vērtības.
- 7) Neprot pareizi izteikt lielumus no lēcas formulas.
- 8) Jauc vai neuzraksta gaismas plūsmas, gaisma avota stipruma un apgaismojuma apzīmējumus un mērvienības.
- 9) Sajauc skaidrojumos tuvredzību ar tālredzību, kā arī briļļu lēcu veidu defektu korigēšanai.
- 10) Neprot izmantot daudzveidīgo informāciju no EM viļņu skalas.

Modernā fizika

- 1) Jauc dažādu atoma modeļu elementus (apvieno planetāro modeli un elektronu mākoņa modeli).
- 2) Uzsata, ka elektrons var ieņemt jebkuru enerģijas vērtību, nevis tikai noteiktas, diskrētas vērtības.
- 3) Līnījspektrus kļūdaini skaidro ar gāzes blīvuma vai temperatūras izmaiņām, nevis elektronu pārejām starp enerģijas līmeņiem.
- 4) Fotonu uztver kā “mazu daļiņu ar viļņveida kustību”, jaucot kvanta un viļņa aprakstu.
- 5) Jauc alfa, bēta un gamma starojumu būtību un īpašības.
- 6) Radioaktivitāti saista ar ķīmiskām reakcijām, nevis ar kodola pārvērtībām.
- 7) Pussabrukšanas periodu interpretē kā procesu, kas notiek vienreiz, nevis kā atkārtotu sabrukšanu.
- 8) Domā, ka pussabrukšanas periods ir atkarīgs no vielas daudzuma vai ārējiem apstākļiem.
- 9) Kodolreakciju vienādojumos nesaglabā kodola daļiņu skaitu un lādiņu.
- 10) Nenošķir kodolu dalīšanos no kodolsintēzes (Saules enerģijas avotu saista ar urāna dalīšanos).
- 11) Jauc zvaigžņu redzamo un absolūto spožumu, ignorējot attāluma ietekmi.
- 12) Hercsprunga–Rasela diagrammu interpretē kā zvaigžņu attīstības “laika asi”.
- 13) Domā, ka sarkanās zvaigznes ir karstākas par zilajām, jo sarkanā krāsa ir “siltāka”.
- 14) Gravitāciju kļūdaini uzskata par visstiprāko mijiedarbību.

Pētnieciskā un eksperimentālā darbība

- 1) Pētnieciskajā problēmā neveiksmīgi lieto jautājamo frāzi “vai mainās ...”.
- 2) Jauc neatkarīgo lielumu ar nemainīgu jeb fiksēto lielumu.
- 3) Raksturojot mērierīces iedaļas vērtību, nosauc vienas lielākās iedaļas vērtību uz skalas, nevis pašas sīkākās iedaļas vērtību.
- 4) Darba gaitā neiekļauj drošības tehnikas noteikumu ievērošanu.
- 5) Mērījumu un aprēķinu rezultātu tabulā, norādot mērāmos lielumus, sniedz tikai fizikālo lielumu apzīmējumus, bet nepieraksta tiem klāt mērvienības.
- 6) Tabulā iekļauj tikai fizikālos lielumus, ko nosaka tiešajā mērīšanā.

3. PIELIKUMS

Eksāmena darba pildīšanas stratēģija – atgādnē

1. daļa. Atbilžu izvēles uzdevumi – tiešsaistē

- Īsi pārskati visus 1. daļas jautājumus! Tie sakārtoti satura apguves secībā, sākot ar mehāniku.
- Vari nerisināt uzdevumus pēc kārtas – sāc ar to satura moduli, kurā jūties drošāk!
- Uzmanīgi lasi tekstu un pārlicinies, vai neesi izlaidis kādu būtisku atslēgas vārdu un nepareizi sapratis jautājumu!
- “Izpēti” uzdevuma situāciju: pieraksti dotos lielumus, veido shēmu vai vienkāršotu zīmējumu tev iedalītā A4 lapā pierakstiem (piezīmēm)!
- Sniegto grafisko informāciju izmanto vērtību nolasīšanai, fizikālu procesu atzīmēšanai vai izrietošu fizikālu raksturlielumu aprēķināšanai!
- Neaizmirsti ieskatīties datu bukletā, lai lietotu pareizu formulu!
- Atbilde uz VISIEM jautājumiem! Par nepareizu atbildi punktus neatņem.
- Ja neesi pārlicināts, vispirms izslēdz acīmredzami nepareizās atbildes!
- Tikai pēdējā solī “paļaujies uz laimi”! Ir 25 % varbūtība nejauši atzīmēt pareizo atbildi.
- Ja atliek laiks, vēlreiz pārlasi jautājumus: pārlicinies, ka esi pareizi izlasījis, ko tieši uzdevumā prasa!

2. daļa. Uzdevumi darba lapās (izpilda ar pildspalvu, kuras serdenis vai tinte ir tumši zilā vai melnā krāsā)

- Uzsākot 2. daļu, ātri pārskati visu darbu, izlem, ar kuriem uzdevumiem vai satura moduļiem sāksi!
- Atceries, ka atbilde jāraksta TIKAI tai paredzētajā laukumā!
- Ir vērts sākt ar īso atbilžu jautājumiem (2. daļas 1. uzdevums – desmit 1 punkta jautājumi).
- 2. daļas 1. uzdevumā (uzdevumos, kur tā norādīts) atbilde raksti ar skaitli vai vienu vārdu – paskaidrojumus NEVAJAG, netērē laiku lieki.
- Raksti tieši to, ko prasa, – pārlicinies, ka esi sapratis jautājumu!
- Pēc tam ķeries pie vairākpunktu uzdevumiem!
- Punktus piešķir pa vienam, nevis “visu vai neko”.
Viens teikums var dot 1 punktu; ja nekas nav uzrakstīts, – 0.
- Pat ja nezini pilnu risinājumu, uzraksti vismaz vienu fizikāli korektu ideju, atbilstošu formulu vai atsevišķu risinājuma soli zināmā tipiskā situācijā!
- Apdomā, vai atbilde ietver vairākas fizikas idejas, risinājuma vai sprieduma soļus, kas varētu būt punkta vērti! Paskaidro arī to, kas šķiet pašsaprotami, parādi risinājuma gaitu!
- Ja uzdevumā ir vairāki punkti, tad atbildē jābūt vismaz tikpat daudzām atsevišķām idejām (kas var būt gan konkrēta (skaitliska) atbilde uz uzdoto jautājumu, gan pamatojums (aprēķins)).
- Vienmēr izlasi, KO tieši prasa uzdevumā:
 - aprēķini → skaitlis ar mērvienību, parādot risinājuma soļus vai aprēķina gaitu;
 - nosaki → konkrēts lielums vai īpašība;
 - skaidro → cēlonis vai mehānisms, saistība ar fizikas likumu;
 - plāno → plāns pa soļiem norisei, darbībai, lai īstenotu pētījumu!
- Izmanto visu pieejamo informāciju: datu bukletu, formulas, grafikus, attēlus, kas iekļauti uzdevumā!
- Pareiza nolasīšana no grafika bieži dod punktu arī bez gariem aprēķiniem.
- Plāno laiku un “neiestrēgsti”!
 - Ja 2–3 minūtēs nav skaidrs, kā turpināt, ķeries pie nākamā uzdevuma!
 - Labāk iegūt pa kādam punktam vairākos uzdevumos, nekā izpildīt perfekti vienu uzdevumu – slīpējot atbildi līdz pilnībai, var zaudēt daudz laika.
- Ja atliek laiks, pārskati darbu!
 - Pārlicinies, vai nav neatbildētu jautājumu; vai visur ir mērvienības!
 - Reizēm atbilde atrodas kāda cita uzdevuma formulējumā.
- Atceries: nav jāzina viss! Punkti krājas pakāpeniski, laba stratēģija palīdz iegūt rezultātu.