



2005 METŲ FIZIKOS

VALSTYBINIO BRANDOS EGZAMINO REZULTATŲ

KOKYBINĖ ANALIZĖ

Saulė Vingelienė

KOKYBINĖS ANALIZĖS TIKSLAI, UŽDAVINIAI, ŠALTINIAI

Fizikos valstybinio brandos egzamino tikslas – patikrinti ir įvertinti mokinių fizikos žinias ir gebėjimus.

Fizikos valstybinio brandos egzamino kokybinės analizės **tikslai**:

- padėti mokytojams ir mokiniams geriau suprasti fizikos mokymo/si tikslus ir uždavinius;
- parodyti, kokie gebėjimai buvo tikrinami valstybinio fizikos egzamino užduotimi;
- nustatyti, kokias žinias ir gebėjimus mokiniai parodo egzaminų metu, o kokių žinių ir gebėjimų dar labai trūksta;
- pateikti rekomendacijas ugdymo procesui tobulinti.

Kokybinės analizės **uždaviniai**:

- išanalizuoti egzamino užduoties ir egzamino programos santykį;
- įvardyti tikrinamus gebėjimus;
- išsiaiškinti galimas klaidų priežastis;
- padaryti išvadas ir pateikti rekomendacijas.

Rengiant šią kokybinę analizę, buvo remtasi 2005 m. statistine fizikos valstybinio brandos egzamino užduoties analize, peržiūrėta daug darbų iš reprezentatyvios visų egzaminą laikusių mokinių darbų imties.

Pateikiant komentarus, vartojami šie uždavinius charakterizuojantys terminai: *uždavinio sunkumas, uždavinio skiriamoji geba, koreliacija*.

TIKRINAMŲ GEBĖJIMŲ APIBŪDINIMAS

2005 m. fizikos valstybinio brandos egzamino metu buvo tikrinamos mokinių žinios ir supratimas bei problemų sprendimo gebėjimai pagal šešias fizikos temas: mechanika, molekulinė fizika, elektrodinamika, svyravimai ir bangos, modernioji fizika, astronomija.

Mokiniai parodo savo **žinių ir supratimo** lygį, apribotą fizikos egzamino turinį, gebėdami:

- a) prisiminti faktus, dėsnius, terminus, fizikinius dydžius, modelius, metodus ir simbolius;
- b) atlikti paprasčiausius standartinius skaičiavimus tinkamu tikslumu, užrašyti rezultato fizikinio dydžio vienetus, atlikti paprasčiausius formulių pertvarkymus;
- c) pateikti fizikinių sąvokų ir taikymų apibūdinimą.

Mokiniai parodo savo **problemų sprendimo** lygį gebėdami:

- a) atrinkti ir pateikti reikiamą informaciją (duomenis ir dėsnius) – pritaikyti daugiau kaip du dėsnius;
- b) apdoroti skaitinę ir grafinę informaciją – atlikti formulių pertvarkymus, operuoti vektorių projekcijomis, braižyti ir analizuoti grafikus;
- c) pagal turimą informaciją numatyti įvykių eigą, pritaikyti dėsnius reiškiniams aiškinti, daryti ir pagrįsti išvadas.

2005 m. fizikos valstybinio brandos egzamino rengimo grupė parengė dvi egzamino užduotis ir vertinimo instrukcijas (pagrindinė ir pakartotinė sesijos). Užduotys buvo rengiamos remiantis 2004-2005 m. fizikos brandos egzamino programoje pateikta valstybinio egzamino matrica, ankstesnių egzaminų patirtimi ir rezultatais, mokytojų siūlymais. Buvo stengiamasi, kad užduotys atitiktų valstybinio egzamino programą bei mokinių, kurie fizikos mokėsi išplėstiniu kursu, žinias ir gebėjimus.

Fizikos brandos egzamino vertinimo instrukcija buvo sugriežtinta įvedus šiuos punktus:

1. Jei parašytas tik teisingas atsakymas, bet nėra pagrindimo – vertinamas tik matavimo vienetas. Gali būti parašyta tik **galutinė formulė** ir skaičius su matavimo vienetu – teisingas atsakymas vertinamas visais taškais.
2. Jeigu teisingas skaičius gautas neteisingu būdu, už jį taškų neskiriama.
3. Jei atsakant į klausimą yra taikoma tik viena formulė, už kurią gali būti skirtas *1 taškas*, ir mokinsys, užrašęs teisingą formulę, ją pakeičia neteisinga – skiriama *0,5 taško*.



4. Jei už atsakymą į klausimą yra skiriamas *1 taškas*, ir mokinys, parašęs teisingą atsakymą, dar parašo ir neteisingų teiginių, skiriama *0,5 taško*.
5. Jei prašoma pabraukti, pvz., du dydžius, o mokinys pabraukė daugiau, vertinama *0 taškų*.
6. Jei mokinys vartoja nestandartinį fizikinio dydžio žymėjimą, pvz., dažnį žymi *a*, tai tą žymėjimą jis turi įvardyti.
7. Braižant kokybinį grafiką, būtina įvardyti ašis ir koordinacių pradžią. Ašių sukeitimas vietomis nelaikomas klaida. Braižant kiekybinį grafiką, būtina nurodyti vertes.

Mechanikai egzamino užduotyje buvo skirti 7 klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais ir du kompleksiniai uždaviniai. Už atsakymus į šios dalies klausimus buvo galima surinkti 26 taškus – egzamino matricoje numatytos ribos nuo 25 iki 30 taškų.

Molekulinei fizikai egzamino užduotyje skirta 12 taškų (programoje ribos nuo 10 iki 15 taškų), iš jų keturi už klausimus su pasirenkamaisiais atsakymais. 8 taškus buvo galima surinkti už kompleksinį molekulinės fizikos uždavinį.

Elektrodinamikai buvo skirti 6 klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais ir vienas kompleksinis uždavinys (už jį buvo galima surinkti 16 taškų). Iš viso elektrodinamikai buvo skirti 22 taškai (programoje ribos nuo 20 iki 25 taškų).

Svyravimų ir bangų temos žinios buvo tikrinamos dviem kompleksiniais uždaviniais (17 taškų) ir 9 klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais. Iš viso už atsakymus į šios egzamino temos klausimus buvo galima surinkti 26 taškus (programoje ribos nuo 25 iki 30 taškų).

Už moderniosios fizikos klausimus buvo galima surinkti 12 taškų: 10 už kompleksinį uždavinį, 2 – už klausimus su pasirenkamaisiais atsakymais (programoje ribos nuo 10 iki 15 taškų).

Astronomijos temai programoje skirta nuo 2 iki 5 taškų. Užduotyje šiai temai buvo skirti du klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais (2 taškai).

Kokiai temai ir kokiems gebėjimams tikrinti buvo skirti konkretūs klausimai pateikta 1 lentelėje. Valstybinio fizikos brandos egzamino matricoje yra numatytas žinių ir supratimo bei problemų sprendimo gebėjimus tikrinančių užduočių taškų procentinis santykis 50:50. Užduoties rengimo grupė šio santykio laikėsi ne tik visai užduočiai, bet ir kiekvienai temai atskirai.

Pateikiame užpildytą pagrindinės sesijos valstybinio egzamino matricą. Pirmoje skiltyje skliaustuose nurodyta, kiek procentų taškų skirta konkrečiai egzamino programos temai, paskutinėje skiltyje skliaustuose – kiek procentų šios temos taškų sudaro žinių ir supratimo klausimai.

1 lentelė. 2005 m. fizikos valstybinio brandos egzamino matrica

Temos	Klausimai		% (žs)
	žinių ir supratimo (žs)	problemų sprendimo	
Mechanika (25–30 proc. taškų)	I dalis – 5, 6, 7 (3 taškai)	I dalis – 1, 2, 3, 4 (4 taškai)	26 (13)
	II dalis – 1.1, 1.3, 2.1, 2.3, 2.5 (10 taškų)	II dalis – 1.2, 1.4, 2.2, 2.4 (9 taškai)	
Molekulinė fizika (10–15 proc. taškų)	I dalis – 9, 10 (2 taškai)	I dalis – 8, 11 (2 taškai)	12 (6)
	II dalis – 3.3, 3.4 (4 taškai)	II dalis – 3.1, 3.2, 3.5 (4 taškai)	
Elektrodinamika (20–25 proc. taškų)	I dalis – 14, 16, 17 (3 taškai)	I dalis – 12, 13, 15 (3 taškai)	22 (11)
	II dalis – 4.4, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 (8 taškai)	II dalis – 4.1, 4.2, 4.3, 4.5 (8 taškai)	
Svyravimai ir bangos (25–30 proc. taškų)	I dalis – 25, 26 (2 taškai)	I dalis – 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 (7 taškai)	26 (13)
	II dalis – 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 6.1, 6.2, 6.4 (11 taškų)	II dalis – 5.1, 5.6, 6.3 (6 taškai)	
Modernioji fizika (10–15 proc. taškų)	I dalis – 27, 28 (2 taškai)		12 (6)
	II dalis – 7.1, 7.2 (4 taškai)	II dalis – 7.3, 7.4 (6 taškai)	
Astronomija (2–5 proc. taškų)	I dalis – 29 (1 taškas)	I dalis – 30 (1 taškas)	2 (1)
Iš viso	50	50	100



EGZAMINO UŽDUOTIES I DALIES MOKINIŲ ATSAKYMŲ ANALIZĖ

Egzamino užduoties I dalyje buvo 30 klausimų su pasirenkamaisiais atsakymais. Kaip ir 2004 m. užduotyje, taip ir 2005 m. 13 klausimų buvo skirti žinių ir supratimo, 17 – problemų sprendimo gebėjimams tikrinti (žr. 1 lentelę). 2 lentelėje egzamino I dalies klausimai suskirstyti pagal sunkumą remiantis statistine fizikos valstybinio brandos egzamino užduoties analize.

2 lentelė. Fizikos valstybinio brandos egzamino užduoties I dalies klausimų sunkumas

K l a u s i m a i				
labai sunkūs (iki 20 proc. sunkumo)	sunkūs (nuo 20 iki 40 proc. sunkumo)	optimalaus sunkumo (nuo 40 iki 60 proc.)	lengvi (nuo 60 iki 80 proc. sunkumo)	labai lengvi (daugiau kaip 80 proc. sunkumo)
12, 20, 24, 25	2, 4, 6, 11, 15, 17, 18, 23	3, 8, 13, 14, 19, 21, 22, 26, 28, 29	1, 5, 9, 10, 27, 30	7, 16
4 klausimai	8 klausimai	10 klausimų	6 klausimai	2 klausimai

Mokiniam sunkūs buvo dvylika klausimų (žr. 2 lentelę), trys iš jų tikrino žinias ir supratimą, devyni – problemų sprendimo gebėjimus. Iš jų labai sunkūs klausimai, į kuriuos atsakė mažiau kaip 20 proc. mokinių buvo keturi (vienas – žinių ir supratimo, trys – problemų sprendimo). Pats sunkiausias buvo žinių ir supratimo klausimas apie banginius šviesos reiškinius.

Iš septynių mechanikos klausimų su pasirenkamaisiais atsakymais trys mokiniams buvo sunkūs, 1 – optimalaus sunkumo, 2 – lengvi, 1 – labai lengvas. **1 klausimas** tikrino kaip mokiniai geba taikyti trečiąjį Niutono dėsnį. Daugumai mokinių ši užduotis buvo lengva, tačiau dar beveik trečdalis galvoja, kad sąveikaujantys kūnai juda vienodu pagreičiu ar per vienodą laiką nueina vienodus kelius.

2 klausimas tikrino, kaip mokiniai supranta jėgos impulso sąvoką ir geba ją taikyti praktiškai. Šis klausimas mokiniams buvo sunkus. Beveik pusė mokinių vietoje jėgos impulso apskaičiavo kūno impulsą, ketvirtadalis neatidžiai perskaitė sąlygą – apskaičiavo jėgos impulsą, kai kūno masė m , o ne $2m$.

3 klausimas tikrino, kaip mokiniai geba taikyti energijos tvermės ir virsmo dėsnį. Į jį teisingai atsakė tik pusė mokinių. Dauguma kitų vietoje kinetinės energijos apskaičiavo rutuliuko potencinę energiją ant kalnelio. Dešimtadalis mokinių visiškai nesupranta energijos virsmų – kaip kinetinę energiją jie nurodė visą rutuliuko mechaninę energiją ar potencinių energijų aukščiuose H ir h sumą.

Kaip mokiniai geba iš grafiko nustatyti judėjimo rūšį ir apibūdinti veikiančių jėgų atstojamąją, tikrino **4 klausimas**. Pagal greičio grafiką mokiniai turėjo nustatyti, kad kūnas juda tolygiai lėtėjančiai, ir žinodami, kad tokį judėjimą sukelia pastovi priešinga judėjimo krypties jėga, pasirinkti jėgos priklausomybės nuo laiko grafiką. Šis klausimas buvo sunkus. Dauguma mokinių pasirinko grafiką, kur jėga, kaip ir greitis, bėgant laikui mažėja, nes abu grafikai panašūs. Tai rodo, kad gebėjimų analizuoti grafikais pateiktą informaciją mokiniams dar trūksta.

5 klausimas tikrino, ar mokiniai žino, kur nukreiptas apskritimu judančio kūno pagreitis. Mokiniams šis klausimas buvo lengvas, nors ketvirtadalis rinkosi atsakymus *į išorę, pirmyn ar atgal*.

Tradiciskai daugumoje uždavinių nagrinėjama slydimo ar riedėjimo trintis. Apie rimties trintį užsimenama tik mokantis, o toliau nebekartojama. Matyt, tai turėjo įtakos, kad **6 klausimas** apie rimties trintį mokiniams buvo sunkus. Daugiau nei pusė mokinių pasinaudojo sąlygoje pateiktais duomenimis apie slydimo trinties koeficientą ir apskaičiavo slydimo trinties jėgos didumą, nors buvo klausta, kam lygus rimties trinties jėgos modulis, ir nereikėjo skaičiuoti. Penktadalis mokinių klausimo išvis nesuprato.

7 klausimas apie nuožulniosios plokštumos naudingumo koeficientą daugumai mokinių buvo lengvas, tačiau dar yra galvojančių, kad naudingumo koeficientą galima padidinti naudojant didesnę jėgą ar keičiant keliamo kūno masę.

Molekulinei fizikai I dalyje buvo skirti keturi (8-11) klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais, iš kurių vienas buvo sunkus, vienas – optimalaus sunkumo, du – lengvi.

8 klausimas tikrino, kaip mokiniai supranta dujų molekulių vidutinio kvadratinio greičio sąvoką ir žino jo ryšį su dujų slėgiu. Tik pusė mokinių žino, kad dujų molekulių vidutinis kvadratinis greitis nėra greičio kvadratas. Stebina tai, kad net dešimtadalis mokinių galvoja, jog padidėjus molekulių greičiui slėgis sumažėja, nors apie šių dydžių ryšius pradedama kalbėti jau aštuntoje klasėje.

9 klausimas buvo iš kapiliarinių reiškinių. Reikėjo nustatyti, kaip pasikeis aukštis, į kurį pakyla skystis kapiliariniu vamzdeliu, kai pakinta vamzdelio skersmuo. Dauguma mokinių žino, kad sumažėjus vamzdelio



skersmeniui skystis pakyla aukščiau, tačiau net penktadalis mokinių klydo vamzdelio skersmenį išreikšdami spinduliu.

Apie šiluminės mašinos naudingumo koeficientą buvo **10 klausimas**. Į jį blogai atsakė kiek daugiau nei penktadalis mokinių. Didžioji jų dalis manė, kad naudingas darbas yra aušintuvui atiduotas šilumos kiekis. Tai rodo, kad ši dalis mokinių apie šiluminės mašinas neturi jokio supratimo.

11, kaip ir ketvirtasis mechanikos klausimas, tikrino mokinių gebėjimą analizuoti grafinę informaciją. Šis klausimas mokiniams taip pat buvo sunkus. Jiems reikėjo palyginti savitašias lydymosi šilumas. Deja, daugiau kaip pusė mokinių sugebėjo palyginti tik lydymosi temperatūras. Kadangi lydymasis vyksta pastovioje temperatūroje, tai norint palyginti savitašias šilumas reikia lyginti ne temperatūras, o lydymosi proceso trukmę.

Elektrodinamikai I dalyje buvo skirti šeši (12–17) klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais, iš kurių vienas buvo labai sunkus, du – sunkūs, du – optimalaus sunkumo, vienas – labai lengvas.

12 klausimas tikrino, kaip mokiniai suprato kūnų įsielektrinimą. Jis mokiniams buvo labai sunkus. Pagal atsakymų pasirinkimus matyti, kad du trečdaliai mokinių suprato, kas vyksta kūnų įsielektrinimo metu. Galėjo būti keletas priežasčių, kad teisingą atsakymą pasirinko tik kiek mažiau nei penktadalis mokinių. Viena jų, kad kartais mokykloje raide e žymimas ne elementarusis, o elektrono krūvis, kita – mokiniai, perskaitę, kad rutuliukai neteko elektronų, neatkreipė dėmesio į tai, jog rutuliukai įelektrinti teigiamu krūviu, tad, netekus elektronų, krūvis tik didėja, arba pamiršo elektrono krūvio ženklą. Abi priežastis vienija tai, kad klausimas buvo skaitytas neatidžiai.

Kaip mokiniai atpažįsta nuoseklųjį ir lygiagretųjį jungimus bei geba apskaičiuoti varžą, tikrino **13 klausimas**. Atsakymų pasiskirstymas rodo, kad daugiau nei pusė mokinių atsakymą rinkosi atsitiktinai. Nors klausimą galima būtų priskirti „tradicinių“ klausimų grupei, gera jo skiriamoji geba ir optimalus sunkumas rodo, jog reikėtų skirti daugiau dėmesio mišriai sujungtoms elektrinėms grandinėms nagrinėti ir nuoseklaus bei lygiagretaus jungimo dėsniams taikyti.

14 klausimas tikrino, ar mokiniai žino, jog elektrinio lauko stipris laidininko viduje lygus 0. Teisingai atsakė tik truputį daugiau nei pusė mokinių, trečdalis rinkosi taškinio krūvio elektrinio lauko stiprio išraišką. Šį pasirinkimą galėjo lemti tai, kad įelektrinto rutulio elektrinio lauko stiprio išraiška rutulio išorėje yra tokia pati kaip ir taškinio krūvio.

15 klausimas tikrino, kaip mokiniai supranta kondensatoriaus krūvį ir kaip moka apskaičiuoti talpą. Šis klausimas mokiniams buvo sunkus – atsakė šiek tiek mažiau nei 40 proc. Mokinių atsakymų pasirinkimai rodo, kad dauguma mokinių nežino, jog kondensatoriaus krūviu laikoma vieno elektrodo krūvio absoliutinė vertė: trečdalis galvojo, kad tai abiejų plokščių krūvių suma – kondensatoriaus talpą jie gavo lygią 0, ketvirtadalis – kad tai abiejų plokščių krūvių absoliutinių verčių suma.

16 klausimas buvo apie magnetinį lauką – kuriuo atveju jis aptinkamas erdvėje. Malonu pažymėti, kad gerai į jį atsakė beveik 90 proc. valstybinį fizikos brandos egzaminą laikusių mokinių. Didžioji dalis likusiųjų rinkosi atsakymą *Apie įmagnetintus kūnus*, nors buvo ir tokių, kurie galvojo, jog magnetinis laukas aptinkamas tik šalia laidininkų, kuriais teka elektros srovė, ar erdvėje, kurioje kinta elektrinis laukas.

17 klausimas tikrino, kaip mokiniai geba taikyti žinias apie Ampero jėgą. Beveik pusė mokinių pamiršo, kad Ampero jėgos didumas priklauso nuo kampo tarp elektros srovės krypties ir magnetinės indukcijos vektoriaus, nors jėgos išraiška yra egzamino užduotyje pateiktose pagrindinėse formulėse. Tai, kad šis klausimas buvo sunkus mokiniams, rodo, jog nemaža dalis mokinių nebuvo susipažinę su egzamino užduotyje pateikiamomis pagrindinėmis formulėmis, nemoka jų taikyti. Mokiniams, kurie rengiasi laikyti fizikos brandos egzaminą, norėtųsi patarti, kad kartodami formules jas gerai išnagrinėtų ir atsimintų, kur jos taikomos. Tai labai padėtų laikant fizikos brandos egzaminą.

Svyravimams ir bangoms I dalyje buvo skirti devyni (18-26) klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais, iš kurių du buvo labai sunkūs, trys – sunkūs, keturi – optimalaus sunkumo. Iš devynių svyravimams ir bangoms skirtų klausimų septyni tikrino problemų sprendimo gebėjimus, du – žinias ir supratimą.

18 klausimas tikrino, kaip mokiniai geba apskaičiuoti virpesių kontūro dažnį ir jį susieti su kondensatoriaus plokštelių plotu. Šis klausimas mokiniams buvo sunkus. Ir šiuo atveju tereikėjo pasinaudoti pagrindinėmis formulėmis, pateiktomis užduotyje, nors žingsnelių buvo ne vienas: reikėjo rasti, kaip dažnis susietas su periodu, Tomsono formulę, plokščiojo kondensatoriaus talpos formulę ir nustatyti ryšį.

19 klausimas tikrino mokinių žinias apie transformatorių. Nors klausimo sunkumas optimalus, stebina tai, kad daugiau kaip ketvirtadalis mokinių nesuprato, ką reiškia žeminantis transformatorius, t. y. jog toks transformatorius įtampą sumažina, daugiau kaip trečdalis – kad transformatoriaus pirminėje ir antrinėje grandinėje galia vienoda, nors tai yra pagrindinės žinios apie transformatorių.

20 klausimas apie skersines mechanines bangas mokiniams buvo labai sunkus. Norint teisingai atsakyti į klausimą reikia žinoti, kaip svyruoja dalelės sklindant skersinei bangai, suprasti, kaip tie svyravimai sklinda aplinka ir tas žinias pritaikyti paveiksle pavaizduotu atveju. Maždaug trečdalis mokinių neturi teorinių žinių – jie arba

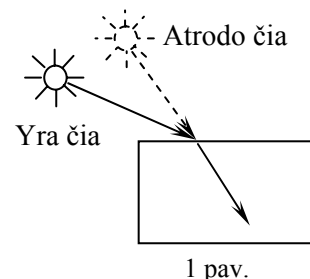


neatpažino, kad paveiksle pavaizduota skersinė banga, arba nežino, kad skersinėje bangoje dalelės svyruoja statmenai bangos sklidimo kryptčiai (tai tie mokiniai, kurie rinkosi atsakymus C ir D). Norint nustatyti, aukštyr ar žemyn judės virvės taškas, reikia suprasti, kad kiekvieno labiau nutolusio nuo bangos šaltinio taško svyravimai atsilieka nuo prieš jį esančio (tolimesnis taškas „vėluodamas“ atkartoja prieš jį buvusio taško judėjimą). Tad pagal bangos sklidimo krypttį, reikia nustatyti, kuris iš greta esančių taškų yra arčiau bangos šaltinio ir jei tas taškas yra žemiau, t. y. juda žemyn, tai ir tiriamasis taškas judės žemyn, jei yra aukščiau – judės aukštyr. Tai, kad pusė mokinių, žinodami kaip svyruoja dalelės sklindant skersinei bangai, nesusidorojo su tolesne klausimo dalimi, taip pat patenkinama skiriamoji geba rodo, jog ši užduotis buvo sunki net ir gerai besimokantiems mokiniams. Tai reiškia, kad bangų sklidimo procesui reikėtų skirti daugiau dėmesio.

21 optimalaus sunkumo klausimas tikrino mokinių supratimą apie tai, kaip keičiasi šviesos bangos ilgis jai pereinant iš vienos aplinkos į kitą priklausomai nuo aplinkos absoliutinio lūžio rodiklio. Tik dešimtadalis mokinių neatkreipė dėmesio į tai, kad šviesa į antrąją aplinką krinta ne iš vakuumo, o iš kitos aplinkos. Problema, su kuria nesusidorojo trečdalis mokinių, buvo nustatyti, didės ar mažės į kitą skaidrią aplinką perėjusios šviesos bangos ilgis. Tokių klausimų sprendimui labai padėtų absoliutinio šviesos lūžio rodiklio ir bangos ilgio fizikinės prasmės supratimas, tuomet ir skaičiavimų nereikėtų. Mokiniai suprastų, kad didesnis absoliutinis aplinkos lūžio rodiklis rodo, kiek kartų toje aplinkoje šviesa sklinda lėčiau, tad ir bangos ilgis toje aplinkoje tiek kartų būtų mažesnis. Tai žinome, kad bangos ilgis sumažėja. Tad lieka tik atsakymai A ir C. Kadangi pirmoji aplinka nėra vakuumas, tad 2 taip pat netinka, nes toks antrosios aplinkos lūžio rodiklis. Telieta tik vienas atsakymas. Aišku galima patikrinti skaičius, nes galbūt nėra nė vieno teisingo atsakymo, tačiau tikimybė labai maža, tad ar verta gaišti brangų užduočių atlikti skirtą egzamino laiką.

Mokinių atsakymai į **22 klausimą** parodė, kad nors ir nedidelė dalis (tik 2 proc.) egzaminą laikusiųjų mokinių visgi neturi jokio supratimo apie Žemės judėjimą aplink Saulę. Jiems atrodo, kad ryte ir vakare Saulė būna arčiau Žemės nei vidurdienį. Pusė mokinių rinkosi atsakymą, kad kuo mažesnis šviesos spindulių kritimo kampas, tuo daugiau šviesos atsispindi. Manau, tarp jų nemaža dalis tokių, kurie darė dažnai pasitaikančią klaidą – pamiršo, kad šviesos kritimo kampas yra kampas tarp statmens į aplinką ir spindulio, o ne tarp aplinkos paviršiaus ir spindulio. Mokytojams reikėtų ieškoti būdų, kurie padėtų mokiniams geriau atsimiti šviesos spindulio kritimo, lūžio ir atspindžio kampus. Taip pat, kalbant apie šviesos atspindį ir lūžimą, svarbu nagrinėti ir energijos pasiskirstymą lūžusiame ir atsispindėjusiame spindulyje. Dažnai, nagrinėjant šiuos reiškinius atskirai, užmirštama į tai atkreipti mokinių dėmesį.

23 klausimas mokiniams buvo sunkus. Jiems reikėjo palyginti Saulės aukštį virš horizonto, kai stebima tiesiogiai ir iš vandens. Dauguma mokinių manė, kad pasinėrusiam po vandeniu stebėtojui Saulė atrodys žemiau. Tokią išvadą mokiniai galėjo padaryti nusibrėžę spindulio kelią iš vandens, nes spindulys lūžta artėdamas prie vandens paviršiaus. Mokiniai nesuprato, kad stebėdami mes nematome, jog spindulys lūžta. Mums atrodo, kad jis sklinda tiesiai, todėl daiktus matome ne ten, kur jie yra iš tikrųjų (žr. 1 pav.). Šį reiškinį geriau suprasti gali padėti tik bandymai. Pavyzdžiui, moneta puodelyje – stebint kampu per puodelio kraštą monetos nematyti, o pilant į puodelį vandenį ji pasirodo.



1 pav.

Sunkus mokiniams buvo ir **24 klausimas** apie tai, kaip keisis interferencinių juostų plotis ekrane, jei bandymas bus atliktas ne ore, o vandenyje. Nedidelė klausimo skiriamoji geba ir koreliacija rodo, kad šis klausimas buvo sunkus ir gerai besimokantiems mokiniams. Į šį klausimą galima atsakyti prisiminus keletą dalykų: nuo ko priklauso interferencinių juostų plotis, kaip pasikeičia šviesos bangos ilgis vandenyje.

Visai nepateisinama, kad **25 klausimas** mokiniams buvo labai sunkus – teisingai atsakė kiek daugiau nei dešimtadalis. Mokiniams reikėjo atsakyti, kada stebimas difrakcijos reiškinys. Visais pasirenkamuosiuose atsakymuose išvardytas atvejis stebimos šviesos spalvos, tačiau jų atsiradimo priežastys skiriasi. Stebina tai, kad daugiau kaip trys ketvirtadaliai mokinių muilo burbulų ir vaivorykštės spalvų atsiradimą sieja su difrakcijos reiškiniumi. Juk muilo burbulų spalvos – dažniausiai pateikiamas interferencijos reiškinio pavyzdys, o vaivorykštės spalvų atsiradimas dėl šviesos lūžio vandens lašeliuose pradedamas nagrinėti jau septintoje klasėje. Galbūt mokiniams būtų lengviau, jei difrakcijos reiškinį sietume su difrakcine gardele – tvarkingu šviesą praleidžiančių ir atspindinčių ar išsklaidančių sričių išsidėstymu.

26 klausimas taip pat buvo apie šviesos difrakciją. Mokiniams reikėjo atsakyti, *koks spindulio, sudarančio antrąjį maksimumą, bangų eigos skirtumas*. Šis klausimas buvo optimalaus sunkumo – atsakė daugiau nei pusė mokinių, jo skiriamoji geba ir koreliacija daug geresnė nei 25. Į 26, grynai teorinį klausimą, mokiniai atsakė geriau nei į 25, klausiantį, kur reiškinys pasireiškia. Tai rodo, kad fizikos pamokose daug dėmesio skiriama reiškinį aprašančiai matematikai ir per mažai dėmesio paties reiškinio supratimui ir žinojimui kur jis pasireiškia. Išsilavinimo standartuose nurodyta, kad, ugdant gamtamokslinį raštingumą, pirmiausia mokiniai turi suprasti



reiškinius, pateikti jų pasireiškimo pavyzdžių ir tik po to prašoma aprašyti matematiškai, juo labiau, kad matematinis aprašas greitai pasimiršta, o supratimas apie reiškinius lieka ir padeda geriau suprasti tai, kas vyksta aplinkoje.

Moderniajai fizikai I dalyje buvo skirti 27 ir 28 klausimai su pasirenkamaisiais atsakymais. Abu jie buvo optimalaus sunkumo.

Norėdami teisingai atsakyti į **27 klausimą**, mokiniai turėjo žinoti, kaip fotono impulsas susijęs su jo energija, ir iš paveikslų nustatyti, kurio šuolio metu išspinduliuojamas didžiausios energijos fotonas. Nors du trečdaliai mokinių atsakė teisingai, visgi penktadalis galvojo, kad šuolio iš aukščiausio energijos lygmens metu išspinduliuojamas didžiausios energijos fotonas (jie nekreipė dėmesio į šuolį vaizduojančios rodyklės ilgį, kuris atitinka išspinduliuotos energijos dydį), dešimtadalis – kad mažiausios energijos fotono impulsas didžiausias (jie nežino, kaip fotono energija susieta su impulsu). Pirmuoju atveju trūko gebėjimo suprasti grafinę informaciją, antruoju – pakako žinoti masės ir energijos ryšį bei kūno impulso apibrėžimą.

28 klausimas tikrino, kaip mokiniai žino radioaktyvius virsmus ir geba nustatyti atomo sandarą pagal užrašytą simbolį. Beveik trečdalis mokinių (tie, kurie pasirinko atsakymus A ir C) nežino, kad simbolio viršuje rašomas elemento masės skaičius (protonų skaičiaus ir neutronų skaičiaus branduolyje suma), dar dešimtadalis (tie, kurie pasirinko atsakymą D), nors ir žino, kas rašoma elemento simbolio viršuje, nežino, kad simbolio apačioje rašomas protonų skaičius branduolyje. Gal būt fizikos pamokose per mažai dėmesio skiriama atomo sandaros nagrinėjimui pagal periodinę elementų sistemą, nes tradiciškai galvojama, kad to mokiniai išmoko per chemijos pamokas, nors nemaža dalis mokinių aukštesnėse klasėse nebesimoko chemijos.

Astronomijos žinias tikrino du klausimai. **29 klausimas** apie metų laikų kaitos priežastis nagrinėjamas jau pagrindinėje mokykloje, tačiau daugiau kaip pusė egzaminą laikusių mokinių galvoja, kad metų laikus lemia planetos atstumas nuo Saulės. **30 klausimas**, kodėl matome tik vieną Mėnulio pusę, mokiniams buvo lengvesnis. Abu šiuos klausimus mokiniams geriausia aiškinti panaudojant modelius ir praktiškai parodant, kas lemia paviršiumi tenkančios Saulės energijos kiekį ar kaip Mėnulis juda aplink Žemę.

EGZAMINO UŽDUOTIES II DALIES MOKINIŲ ATSAKYMŲ ANALIZĖ

II dalyje buvo pateikti septyni kompleksiniai uždaviniai, iš viso 37 klausimai. 21 klausimas buvo skirtas žinioms ir supratimui tikrinti. Už juos buvo galima surinkti 37 taškus. Problemų sprendimo gebėjimams tikrinti skirta 16 klausimų. Už juos buvo galima surinkti 33 taškus. Labai sunkių klausimų (į juos atsakė mažiau nei 20 proc. mokinių) šioje dalyje buvo septyni, sunkių – vienuolika (žr. 3 lentelę). Jeigu žiūrėtume bendrą kiekvieno uždavinio sunkumą, tai vienas uždavinys buvo lengvas, jo skiriamoji geba patenkinama, keturi uždaviniai buvo optimalaus sunkumo, jų skiriamoji geba buvo gera, du uždaviniai – sunkūs, skiriamoji geba – patenkinama.

3 lentelė. Fizikos valstybinio brandos egzamino užduoties II dalies klausimų sunkumas

K l a u s i m a i				
labai sunkūs (iki 20 proc. sunkumo)	sunkūs (nuo 20 iki 40 proc. sunkumo)	optimalaus sunkumo (nuo 40 iki 60 proc.)	lengvi (nuo 60 iki 80 proc. sunkumo)	labai lengvi (daugiau kaip 80 proc. sunkumo)
3.3, 3.4, 3.5, 4.9, 5.3, 7.3, 7.4	2.4, 3.2, 4.3, 4.5, 4.7, 4.8, 5.4, 5.5, 6.2, 6.3, 7.2	1.2, 1.4, 2.2, 2.5, 4.1, 4.4, 4.6, 5.1, 6.4	1.3, 2.1, 3.1, 6.1, 7.1	1.1, 2.3, 4.2, 5.2
7 klausimai	11 klausimų	9 klausimai	5 klausimai	4 klausimai
14 taškų	20 taškų	20 taškų	9 taškai	7 taškai

Panagrinėkime kiekvieną uždavinį.

1 uždavinys

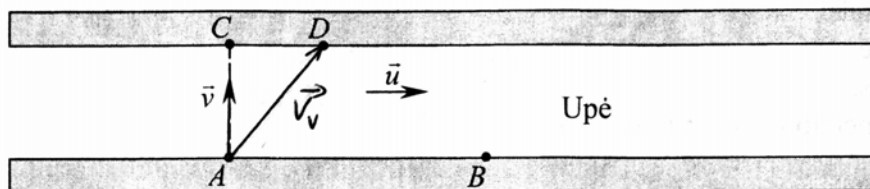
Uždavinys skirtas mechanikai tikrinti mokinių žinias apie judėjimo reliatyvumą. Jame nagrinėjamas valtės plaukimas per upę. Nors judėjimo reliatyvumo uždaviniai tradiciškai laikomi sunkiais, pagal bendrą sunkumą šis uždavinys mokiniams buvo lengvas. Visgi visus taškus surinko tik kiek daugiau nei 4 proc. egzaminą laikusių mokinių.

Galima pasidžiaugti, kad beveik 94 proc. egzaminą laikusių mokinių standartinėje situacijoje geba teisingai apskaičiuoti tiesiai ir tolygiai judančio kūno greitį (2000 m. panašią užduotį teisingai atliko tik 77,5 proc. valstybinį fizikos brandos egzaminą laikusių mokinių). Apskaičiuoti ir pavaizduoti per upę plaukiančios valtės greitį sekėsi ne taip gerai. Net ir gerai apskaičiavę valtės greitį mokiniai klydo jį vaizduodami (žr. 2 pav.).



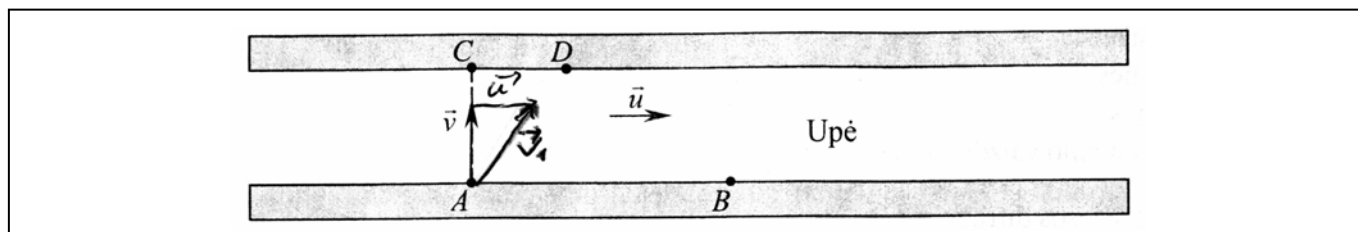
2. Stovinčiame vandenyje¹ irkluojamos valtys greitis v yra 2 m/s. Stovyklautojai iriasi statmenai srovei ir išlipa kitame krante taške D . Koks buvo valtys greitis kranto atžvilgiu? Taške A pavaizduokite šį greitį kaip vektorių ir apskaičiuokite jo modulį.

\vec{v}_v - valtys greitis kranto atžvilgiu
 $\vec{v}_v = \vec{v} + \vec{u}$
 $v_v = \sqrt{v^2 + u^2} = \sqrt{2^2 + 1^2} = \sqrt{5} \approx 2,2 \text{ m/s}$



2 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Tik nedaugelis šių užduoties dalių atliko teisingai (žr. 3 pav.). Įdomu pastebėti, kad už atsakymą į pirmąjį klausimą apie upės tėkmės greitį 0 taškų gavo tik 0,25 proc. mokinių, tuo tarpu už atsakymą apie valtys greitį – net 10,25 proc. mokinių, nors už greičio matavimo vienetus 10 proc. mokinių galėjo pelnyti 0,5 taško.



3 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Trečiasis šio uždavinio klausimas buvo skirtas patikrinti gebėjimams skaidyti judėjimą. Vieniems ši užduotis buvo paprasta (žr. 4 pav.), kitiems – sudėtinga, nes šių gebėjimų trūksta (žr. 5 pav.).

3. Upės plotis 200 m. Per kiek laiko stovyklautojai, irkluojantys statmenai srovei, atsidurs kitame krante?

$AC = 200 \text{ m}$
 $v = 2 \text{ m/s}$
 $t = ?$
 $v = \frac{AC}{t}$
 $t = \frac{AC}{v} = \frac{200}{2} = 100 \text{ s}$
 Ats.: 100 s

4 pav. Mokinio darbo pavyzdys

$s_x = v_c t$ - nes tiesia eiga is tolyginis -
 $s^2 = s_y^2 + s_x^2$
 $(v_c t)^2 = 200^2 + (vt)^2$
 $s = v_c t$
 $5t^2 = 40000 + t^2$
 $4t^2 = 40000$ $t^2 = 10^4$ $t = 100 \text{ s}$

5 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Kaip mokiniai geba palyginti valtys poslinkį skirtingose atskaitos sistemose, tikrino 4 klausimas. Mokiniam užteko tik įvardyti atskaitos sistemą, tačiau dalis mokinių rašė ir pagrindimą (žr. 6 pav.). Siekiant, kad užduotys visiems būtų vienodai aiškios ir be reikalo nebūtų gaištama prie užduočių, reikalaujančių pagrindimo, rašoma *Atsakymą pagrįskite*.



4. Kurioje atskaitos sistemoje (susietoje su krantu ar su upės vandeniu) to paties kūno – valtės – poslinkis² pasiekus kitą krantą yra didesnis?

$$S_{uv} = 200 \text{ m} \quad CD = u \cdot t = 1 \cdot 100 = 100 \text{ m}$$

$$S_{kr} = \sqrt{CA^2 + CD^2} = \sqrt{50000} \approx 223,6 \text{ m}$$

$$S_{uv} < S_{kr} \quad \text{Ats.: } S_{kranto} > S_{upės}$$

6 pav. Mokinio darbo pavyzdys

2 uždavinys

Antrasis uždavinys, skirtas mechanikai, tikrino mokinių žinias apie kūnų kritimą skystyje veikiant pastoviai pasipriešinimo jėgai. Uždavinys optimalaus sunkumo, skiriamoji geba gera, nors atskirų klausimų sunkumas labai įvairus.

Atsakydami į pirmąjį klausimą, mokiniai turėjo apskaičiuoti gintaro gabaliuką veikiančią Archimedo jėgą. Nors klausimas mokiniams buvo lengvas, dalis mokinių Archimedo jėgos formulėje skysčio tankį painiojo su kūno tankiu.

Dinamikos žinių pagrindus tikrino antrasis uždavinio klausimas. Mokiniai, atsižvelgdami į kūną veikiančias jėgas ir jų kryptis, naudodamiesi antruoju Niutono dėsniumi, turėjo apskaičiuoti gintaro gabaliuko pagreitį (žr. 7 pav.).

2. Su koku pagreičiu gintaro gabaliukas krinta vandenyje?

Free-body diagram: A circle representing the amber fragment with forces F_A (up), F_p (down), and mg (down). A coordinate system with y pointing down is also shown.

$$\vec{F}_A + \vec{F}_p + m\vec{g} = m\vec{a}; \quad m a = mg - F_A - F_p;$$

$$a = \frac{mg - F_A - F_p}{m} = \frac{1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - 1,0 \cdot 10^{-2} - 0,89 \cdot 10^{-3}}{1,1 \cdot 10^{-3}} = 0,1 \text{ m/s}^2$$

Ats.: $a = 0,1 \text{ m/s}^2$

7 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Šio klausimo vertinimo instrukcija padės geriau suprasti, kaip buvo vertinami mokinių atsakymai (žr. 8 pav.). Matome, kad 1,5 taško už šį klausimą (0,5 taško už sunkio jėgos išraišką, 0,5 taško už antrąjį Niutono dėsnį ir 0,5 taško už pagreičio matavimo vienetą) turėjo pelnyti visi bent kiek išmanantys fiziką mokiniai. Deja, taškų pasiskirstymas rodo ką kita – daugiau kaip dešimtadalis mokinių net pagreičio vieneto nenurodė. Užduotį teisingai iki galo, pavyzdžiui, taip kaip pateikta 7 paveiksle, atliko tik penktadalis mokinių, nors dvi iš veikiančių jėgų buvo nurodytos sąlygoje. Norėtume patarti, kad mokantis fizikos reikia aiškintis uždavinių sprendimo strategijas, tuomet kiek pakeista įprasta uždavinio situacija (kritimas vandenyje veikiant pastoviai pasipriešinimo jėgai, o ne ore, kai pasipriešinimo nepaisoma) nesudarys sunkumų.

2	$F_s = mg,$ $F = ma,$ $a = (mg - F_A - F_p)/m,$ $a = (1,1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 - 1,0 \cdot 10^{-2} - 8,9 \cdot 10^{-4}) / (1,1 \cdot 10^{-3}) = 0,1 \text{ m/s}^2.$ (0,5 taško – už skaitinę vertę, 0,5 taško – už matavimo vienetą)	0,5 taško 0,5 taško 1 taškas 1 taškas
	Iš viso	3 taškai

8 pav. Uždavinio vertinimo instrukcija

Apskaičiuoti gintaro gabaliuko potencinę energiją sekėsi daug geriau – beveik 70 proc. mokinių atsakymų vertinimas buvo maksimalus, tačiau beveik 4 proc. mažesnis negu analogiškos 2003 m. užduoties. Sunkiausias šio uždavinio klausimas buvo apie gintaro gabaliuko greitį kritimo pabaigoje. Nors sąlygoje buvo įvardyta gabaliuką veikianči pasipriešinimo jėga, dauguma mokinių didžiausią kinetinę energiją lygino su didžiausia potencine ir greitį skaičiavo kaip laisvai krintančio kūno (žr. 9 pav.). Penktadalis mokinių pamiršo net greičio vienetus nurodyti.



4. Kokį greitį gintaro gabaliukas įgyja kritimo pabaigoje?

$$E_{k(max)} = E_{p(max)} = \frac{mv^2}{2} \quad v = \sqrt{\frac{2EP}{m}}$$

$$v^2 = 4 \text{ m/s} \quad v = \sqrt{4} = 2 \text{ m/s}$$

9 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Mechaninio darbo sąvoka fizikoje yra viena iš pagrindinių. Pirmoji pažintis su ja – aštuntoje klasėje. Vėliau žinios apie mechaninį darbą plečiamos ir taikomos įvairiuose kontekstuose. Stebina tai, kad aštuntokui įveikiamą standartinę užduotį pasipriešinimo jėgos darbui apskaičiuoti, kai duota veikianti jėga ir nueitas kelias, teisingai atliko tik trečdalis mokinių (žr. 10 pav.). 29 proc. mokinių nenurodė net darbo matavimo vieneto.

5. Apskaičiuokite darbo, kurį atlieka pasipriešinimo jėga krintant gabaliukui, absoliutinę vertę.

$$A = F_{\text{tr}} \cdot s = 0,89 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 10^{-2} = 1,78 \cdot 10^{-4} \text{ J} = 178 \text{ } \mu\text{J}$$

10 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Dalis mokinių prie pasipriešinimo jėgos pridėjo ir Archimedo jėgą (žr. 11 pav.), kuri taip pat stabdo krintančio gintaro gabaliuko judėjimą. Kadangi klausimas buvo ne visai tiksliai suformuluotas – paprašyta rasti pasipriešinimo jėgos, o ne vandens pasipriešinimo jėgos darbą, todėl ir šių mokinių atsakymai buvo vertinami maksimaliu galimų taškų skaičiumi.

5. Apskaičiuokite darbo, kurį atlieka pasipriešinimo jėga krintant gabaliukui, absoliutinę vertę.

$$A = FS \quad F = F_{\text{vandens pasipriešinimo}} + F_{\text{A g}}$$

$$A = 0,01089 \text{ N} \cdot 0,2 \text{ m} = 0,002178 \text{ J} \quad A_{\text{tr}}: 0,002178 \text{ J}$$

11 pav. Mokinio darbo pavyzdys

3 uždavinys

Trečiasis uždavinys, skirtas molekulinei fizikai, tikrino mokinių termodinamikos žinias. Mokiniam jis buvo sunkus – bendras uždavinio sunkumas 31,58 proc. Tik vienas uždavinio klausimas mokiniams buvo lengvas, kiti – sunkūs arba labai sunkūs.

Pirmasis klausimas, į kurį atsakant reikėjo įvardyti paveikslė pavaizduotą ciklą sudarančius procesus, mokiniams buvo lengvas – jie nesunkiai atpažino pV koordinatėse pavaizduotus izobarinį ir izochorinį procesus. Tačiau atsakyti į antrą klausimą – nurodyti, kuriuose ciklo taškuose dujų temperatūra įgyja didžiausias ir mažiausias vertes, sugebėjo tik kiek mažiau nei trečdalis. Nors sąlygoje buvo pasakyta, kad $3 \rightarrow 1$ procesas yra izoterminis, t. y. proceso metu temperatūra nekinta, daugelis mokinių kaip ciklo taškus, kuriuose temperatūra mažiausia, įvardijo tik vieną kurį nors izoterminio proceso tašką – 1 arba 3 (žr. 12 pav.).

2. Kuriuose ciklo taškuose dujų temperatūra įgyja didžiausias ir mažiausias vertes.

T_{didz} yra 2 ciklo taške
 $T_{\text{maž}}$ yra 4 ciklo taške

12 pav. Mokinio darbo pavyzdys



Stebina tai, kad trečiasis uždavinio klausimas mokiniams buvo labai sunkus. Net trys ketvirtadaliai mokinių negavo nė vieno taško. Norint atsakyti į šį klausimą, pirmiausia reikėjo užrašyti pirmąjį termodinamikos dėsnį, po to jį pritaikyti izochoriniam procesui. Dėsnis galėjo būti užrašytas formule arba žodžiu. Dėsnio žinojimas – atpažinimas buvo vertinamas 1 tašku (formulė buvo pateikta egzamino užduotyje tarp pagrindinių formulių). Nemažai mokinių pirmąjį termodinamikos dėsnį painiojo su idealiųjų dujų būsenos arba Mendelejevo-Klapeirono lygtimi (žr. 13 pav.). Aišku, kad nežinant pirmojo termodinamikos dėsnio sunku jį pritaikyti izochoriniam procesui ir pelnyti kitą už atsakymą į šį klausimą numatytą tašką. Tokiems mokinių rezultatams, matyt, turėjo įtakos tai, kad izoprocesai išsamiau nagrinėjami taikant būtent aukščiau minėtas lygtis. Šią nuomonę pagrindžia ir tai, kad atsakydami į kitą klausimą mokiniai bandė taikyti pirmąjį termodinamikos dėsnį (žr. 14 pav.), nes klausimas buvo ne apie izoprocesus, bet apie dujų atliekamą darbą ir vidinės energijos pokytį.

3. Užrašykite pirmąjį termodinamikos dėsnį ir pritaikykite atkarpoje 2→3 pavaizduotam izoprocesui.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} \quad \text{izochoriniam procesui:} \\ \frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$$

13 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Pirmojo termodinamikos dėsnio taikymu izoterminiam procesui buvo pagrįstas atsakymas į ketvirtąjį uždavinio klausimą. Kaip jau minėta, dalis mokinių, atsakydami į šį klausimą, teisingai užrašė pirmąjį termodinamikos dėsnį, tačiau nemokėjo jo pritaikyti (žr. 14 pav.).

4. Izotermiškai suspausdamos dujas 3→1 procese išorinės jėgos atlieka 550 J darbą. Apskaičiuokite dujų vidinės energijos pokytį ir šilumos kiekį, kurį tuomet dujos atiduoda aplinkai.

$$\Delta U = A + Q \\ \Delta U = 550 \text{ J} + Q$$

At: $\Delta U = 700 \text{ J}$
 $Q = 200 \text{ J}$ (2 taškai)

14 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Norėdami teisingai pritaikyti šį dėsnį, pirmiausia mokiniai turėjo žinoti, kad izoterminio proceso metu temperatūra nekinta. Kaip parodė atsakymai į 2 klausimą, daliai mokinių šių žinių trūksta. Toliau mokiniai turėjo iš egzamino užduotyje pateiktų formulių išsirinkti ar prisiminti pagrindines dujų vidinės energijos ir šilumos kiekio išraiškas arba bent jau tai, kad dujų vidinę energiją lemia temperatūra – nekintant temperatūrai dujų vidinė energija nekinta, ir tai pritaikyti. Dalis mokinių, net ir pasirinkę teisingas išraiškas, nesugebėjo jų pritaikyti (žr. 15 pav.). Pagrindinė klaida buvo ta, kad vietoje vidinės energijos pokyčio ieškota vidinės energijos. Mokant mokinius taikyti pirmąjį termodinamikos dėsnį įvairiems izoprocesams svarbu išaiškinti principus kaip tai daryti, kaip pagrindines formules taikyti konkrečiam atvejui, t.y. pirmiausia reikia nustatyti, koks dujų būseną apibūdinantis parametras nekinta, o tuomet – kuris iš dėsnyje esančių fizikinių dydžių priklauso nuo to parametro pokyčio, nes pokytis lygus 0, taigi ir dydis lygus 0.

4. Izotermiškai suspausdamos dujas 3→1 procese išorinės jėgos atlieka 550 J darbą. Apskaičiuokite dujų vidinės energijos pokytį ir šilumos kiekį, kurį tuomet dujos atiduoda aplinkai.

$$A = 550 \text{ J} \quad \Delta U = A + Q \quad U = \frac{3}{2} n R T \quad U = \frac{3}{2} p V \\ A' = -A \quad A' = p \Delta V \quad U = \frac{3}{2} A' \quad |U| = 825 \text{ J}$$

Šiluma nėra atiduodama aplinkai, nes vyksta adiabatinis procesas

15 pav. Mokinio darbo pavyzdys



Penktasis šio uždavinio klausimas mokiniams buvo pats sunkiausias iš visų užduotyje pateiktų klausimų – į jį teisingai atsakė tik 5,5 proc. mokinių (žr. 16 pav.). Atsakant į šį klausimą reikėjo remtis geometriniais dujų darbo aiškinimu. Panašus klausimas buvo ir anksčiau. Tuomet rezultatai buvo geresni – teisingai atsakė 42,8 proc.

5. Pagrįskite teiginį, jog ciklo metu besiplėsdamos dujos atlieka didesnę darbą už tą, kurį turi atlikti išorinės jėgos jas spausdamos.

Tai galima pamatyti iš grafiko. Besiplečiančių dujų procesų grafikas ribojamas plotas yra didesnis, negu išorinių jėgų.

16 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Bandydami atsakyti į šį klausimą mokiniai pateikė įvairių aiškinimų – pradedant tuo, kad aplinkai perduodama šiluma ir baigiant, kad skiriasi procesus vaizduojančių atkarpų ilgis (žr. 17 pav.).

Ciklo metu, dalis dujų vidinės energijos, joms atliekant darbą, sunaudojama atiduodant šilumą į aplinką

Besiplėsdamos dujos turi mažesnę temperatūrą (dideles) trumkas jėgas.

Nes A atkarpa $m \rightarrow 3 \rightarrow 1$ ilgis yra
 vi atkarpa $1 \rightarrow 2$ ir $2 \rightarrow 3$ suma.

17 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Viena iš priežasčių, lėmusių prastus mokinių atsakymus į šio uždavinio klausimus, gali būti ir tai, kad šis uždavinys tikrino žinias ir gebėjimus, kuriuos buvo galima įgyti tik mokantis fizikos išplėstiniu kursu, o 2005 m. valstybinio fizikos brandos egzamino atėjo laikyti penktadalį nemotyvuotų mokinių. Jie fizikos mokėsi bendrojo kursu arba jų išplėstinio kurso pasiekimai buvo labai žemi.

4 uždavinys

Nors bendras ketvirtojo uždavinio sunkumas buvo optimalus, net penki iš devynių šio uždavinio klausimų mokiniams buvo sunkūs. Remiantis vakuuminio diodo veikimu buvo tikrinamos mokinių elektrodinamikos žinios. Sunkūs mokiniams šio uždavinio klausimai buvo nagrinėjami tik mokantis fizikos išplėstiniu kursu.

Norint atsakyti į pirmąjį uždavinio klausimą reikėjo žinoti, kaip schemeje pažymėtas vakuuminio diodo anodas ir katodas ir kaip jie turi būti sujungti su srovės šaltinio poliais, kad grandine galėtų tekėti srovė. Pažymėjus srovės šaltinio polius, reikėjo nurodyti srovės kryptį diode. Teisingai į klausimą atsakė kiek daugiau nei trečdalis mokinių. Dalis klydo nurodydami srovės kryptį – žinodami, kad elektros srovę vakuuminiame diode sudaro elektronų srautas, mokiniai nurodė elektronų judėjimo kryptį pamiršę, kad pagal susitarimą, elektros srovės kryptimi laikoma galima teigiamą elektros krūvį turinčių dalelių judėjimo kryptis. Tai gan dažna klaida mokinių darbuose.

Antrasis šio uždavinio klausimas mokiniams buvo pats lengviausias. Reikėjo nustatyti paveiksle pavaizduoto miliampermetro rodmenis. Mokinių rezultatai rodo, kad 80 proc. mokinių atsakė teisingai, bet net penktadalio egzaminą laikiusiųjų praktinių gebėjimų lygis buvo žemas – jie arba tik teisingai nustatė rodmenis, arba tik nurodė matavimo vieneta, arba išvis nieko nedarė, nors praktinių gebėjimų ugdymas yra viena iš svarbiausių gamtamokslinio ugdymo sričių.

Atsakant į trečiąjį uždavinio klausimą mokiniams reikėjo apskaičiuoti, kiek elektronų pasiekia anodą per sekundę. Iš pažiūros paprastas uždavinys mokiniams buvo sunkus – kiek mažiau nei trečdalis mokinių atliko viską teisingai iki galo (žr. 18 pav.). Šis rezultatas geresnis nei 2001 m. (17,2 proc.), bet šiek tiek blogesnis nei 2004 m. (35,5 proc.). Jei mokiniams reikia skaičiuoti ne elektronus, fotonus, virpesius ar kt., bet obuolių, kurių masė 100 g,



skaičių vazoje, tai uždavinį išsprendžia visi, tačiau to paties principo pritaikyti kitoje situacijoje (su neapčiuopiamais objektais) nemoka. Galbūt, siekiant geresnių rezultatų, mokiniams reikėtų paaiškinti, kad visų tokio tipo uždavinių sprendimo strategija ta pati – reikia tarpusavyje palyginti objektus, apibūdinančius tuos pačius fizikinius dydžius, pavyzdžiui, jei duota obuolio masė – visų obuolių masę dalijame iš vieno obuolio masės, jei duotas dalelės krūvis – visų dalelių krūvį dalijame iš vienos dalelės krūvio, jei duota fotono energija – visą šviesos energiją dalijame iš vieno fotono energijos ir pan.

3. Koks skaičius elektronų pasiekia anodą per sekundę? Elementarus krūvis $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

$$I = \frac{q}{t} \quad q = It \quad Ne = It \quad N = \frac{It}{e}$$
$$q = Ne \quad N - \text{elektronų kiekis} \quad N = \frac{0,3 \cdot 10^{-3} \text{ A} \cdot 1 \text{ s}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 1,875 \cdot 10^{15} \text{ vnt}$$

18 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Atsakant į ketvirtąjį uždavinio klausimą reikėjo apskaičiuoti elektrinio lauko tarp diodo katodo ir anodo stiprį. Nors reikalingas sąryšis buvo egzamino užduotyje tarp pagrindinių formulių, daugelis mokinių juo nepasinaudojo. Pusė fizikos valstybinį egzaminą laikusių mokinių net elektrinio lauko stiprio matavimo vieneto nesugebėjo nurodyti.

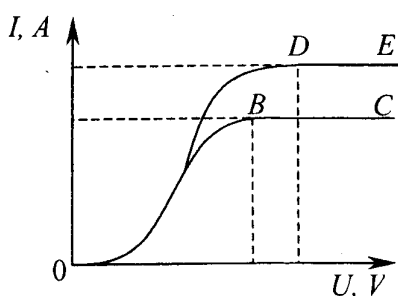
Penktasis uždavinio klausimas tikrino gebėjimą taikyti mechanikos žinias nagrinėjant elektrodinamikos klausimus. Mokiniams reikėjo pasirinktinai nurodyti elektronų judėjimo tarp diodo elektrodų pobūdį ir pagrįsti savo pasirinkimą. Reikėjo prisiminti, kokiomis sąlygomis kūnai juda tiesiai ir tolygiai, kokiomis – tolygiai greitėjančiai, ir pagalvoti, kodėl elektronas juda tarp elektrodų. Tik 15 proc. mokinių užduotį atliko iki galo, o beveik pusė nepelnė nė vieno taško.

Atsakant į šeštąjį klausimą reikėjo apskaičiuoti elektros srovės naudojamą galią. Dydžių sąryšis buvo tarp pateiktų pagrindinių formulių. Jį taikyti mokomasi jau devintoje klasėje. Šis sąryšis vienas iš tų, kuris dažnai pritaikomas ir buityje. Deja, gerais rezultatais pasidžiaugti negalime – daugiau kaip ketvirtadalis mokinių netik neatpažino sąryšio, bet net ir galios vienetų nenurodė. Galios sąvokos supratimui ir taikymui turėtų būti skiriama ypač daug dėmesio, nes be jos neįmanomas net minimalus technologinis raštingumas.

Septintasis uždavinio klausimas tikrino, ar mokiniai žino iš kur vakuuminiuose prietaisuose atsiranda krūvininkai ir koku reiškiniu tai pagrįsta. Mokiniai turėjo įvardyti katodą ir termoelektroninės emisijos reiškinį. Į panašų klausimą 2001 m. mokiniai atsakė blogiau – 18,7 proc. Dalies mokinių darbuose buvo nurodytas tik termoelektroninės emisijos reiškinys, nors pagal bendrą darbo lygį norėtume tikėti, kad jie žino, jog elektronus spinduliuoja kaitinamas katodas, tačiau neatkreipė dėmesio, jog užduoti du klausimai ir atsakymai vertinami dviem taškais. Mokiniams reikėtų atidžiau skaityti klausimus ir, jei jie sudaryti iš kelių dalių, be to, vertinami ne 1 tašku (2006 m. užduotyje ne 2 taškais)*, tai ir atsakymo turi būti kelios dalys.

Atsakant į aštuntąjį ir devintąjį šio uždavinio klausimus reikėjo paaiškinti vakuuminio diodo voltamperinę charakteristiką. Tai viena iš sunkesnių užduočių, rodančių gilų vakuuminio diodo veikimo supratimą. Kartais vien supratimo nepakanka, reikia gebėti aiškiai suformuluoti atsakymus. Pastarųjų gebėjimų ypač trūksta (žr. 19 pav.) – mokinys netiksliai formulavo atsakymą ir jo nebaigė, todėl gavo 0 taškų.

8. Paveiksle pavaizduotos to paties diodo dvi voltamperinės charakteristikos. Kodėl vienos iš jų dalyje BC didėjant įtampai srovės stipris nekinta?



Nes iš katodo išspinduliuoti visi elektronai

19 pav. Mokinio darbo pavyzdys

* Nuo 2006 m., siekiant supaprastinti egzamino rezultatų suvedimą, fizikos brandos egzamino užduoties taškai dvigubinami (plačiau http://193.219.137.75/EasyAdmin/sys/files/fzik-progr-06_pat.pdf)



5 uždavinys

Žinias apie kintamąją srovę tikrino penktasis uždavinys. Uždavinio sunkumas optimalus, skiriamoji geba gera.

Atsakant į pirmąjį klausimą reikėjo apskaičiuoti ritės aktyviąją varžą, kai žinoma laidininko medžiaga ir matmenys. Daugelis mokinių varžos formulę pasirinko teisingai, tačiau klydo skaičiuodami laidininko ilgį. Sąlygoje buvo nurodyta, kad: „Ritę sudaro ant feritinės šerdies, kurios skerspjūvis kvadratas, kurio kraštinė 10 cm, užvyniotas varinis 1 mm^2 skerspjūvio laidas“, ir ritės vijų skaičius. Dažniausiai pasitaikiusi klaida – vietoje kvadrato perimetro imamas kraštinės ilgis (žr. 20 pav.).

1. Kokia šio laido varža nuolatinei srovei, jei ritę sudaro 2000 vijų?

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad R = 1,4 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{9,1}{1 \cdot 10^{-3}} \cdot 2000 = 3,4 \cdot 10^{-3} \Omega$$

$$l = 9,1 \text{ m} \quad S = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

20 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Kaip mokiniai geba taikyti Omo dėsnį kintamosios srovės grandinei, tikrino antrasis šio uždavinio klausimas. Galima pasidžiaugti, kad dauguma mokinių ritės varžą kintamosios srovės grandinėje apskaičiavo teisingai. Atsakant į trečiąjį klausimą reikėjo nurodyti priežastį ir paaiškinti, kodėl tos pačios ritės varžos, apskaičiuotos pagal pirmą ir antrą klausimus, skiriasi. Ši užduotis mokiniams buvo labai sunki – atsakė mažiau nei dešimtadalis, nors galimų paaiškinimo variantų vertinimo instrukcijoje nurodyta ne vienas (žr. 21 pav.). Paskutinis iš jų – pats paprasčiausias. Bent jau taip turėtų atsakyti kiekvienas išplėstiniu kursu mokėsis fiziką mokinsys. Be to, fizikos brandos egzamino programoje aiškiai nurodyta, kad reikia mokėti paaiškinti aktyviąją ir induktyviąją varžas.

3	Dėl saviindukcinės srovės atsiradimo. <i>Gali būti:</i> Dėl saviindukcijos. Pagal Lenco taisyklę didėjant srovės stipriui grandinėje saviindukcinė srovė yra priešingos krypties, todėl srovės stipris nepasiekia tos vertės, kurią įgytų grandinė tekant nuolatinei srovei. <i>Gali būti:</i> pirmame klausime apskaičiuota tik aktyvioji varža. Kintamajai srovei priešinasi ne tik aktyvioji, bet ir induktyvioji ritės varža.	1 taškas 1 taškas
	Iš viso	2 taškai

21 pav. Uždavinio vertinimo instrukcija

Paskutiniai du uždavinio klausimai buvo apie ritės induktyvumą. Reikėjo jų apskaičiuoti ir nurodyti bent vieną būdą jam pakeisti. Abu šie klausimai mokiniams buvo sunkūs, nors induktyviosios varžos ir induktyvumo sąryšis yra tarp egzamino užduotyje pateiktų formulių.

6 uždavinys

Šis uždavinys tikrino mokinių geometrinės optikos žinias. Nors uždavinio sunkumas optimalus, tačiau rezultatai galėtų būti geresni, nes lėšiai gan plačiai nagrinėjami tiek dešimtoje, tiek dvyliktoje klasėje.

Atsakant į pirmąjį uždavinio klausimą reikėjo pagal daikto atvaizdo apibūdinimą nustatyti, koks lėšis buvo panaudotas. Šis klausimas mokiniams buvo lengvas – į jį teisingai atsakė trys ketvirtadaliai mokinių, tačiau antrasis klausimas apie tai, kur prieš lėšį reikia padėti daiktą norint tokį vaizdą gauti, mokiniams buvo sunkus. Į šį klausimą mokiniai atsakė įvairiai – vieni žodžiais apibūdino daikto vietą (žr. 22 pav.), kiti bandė tiksliai apskaičiuoti. Reikia ar nereikia tikslaus apskaičiavimo, mokiniai gali suprasti pagal vertinimą – jei vertinama tik vienu tašku, atsakymo skaičiavimais pagrįsti nereikia.

2. Nurodykite, kur reikia padėti daiktą, norint gauti aprašytą jo vaizdą.

Daiktą reikia padėti tarp F ir 2F

22 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Nemažai mokinių atsakydami į šį klausimą nesugebėjo tinkamai įvardyti daikto vietos. Dažniausiai pasitaikiusi klaida – dvigubas židinio nuotolis pavadintas antruoju židiniu (žr. 23 pav.). Tai atsitiko galbūt dėl to,



kad brėžinyje židinyis ir židinio nuotolis žymimi raide F , dvigubas židinio nuotolis – $2F$, o apie tai, kas yra židinyis, mokiniai nepagalvojo.

2. Nurodykite, kur reikia padėti daiktą, norint gauti aprašytą jo vaizdą.

Tarp pirmojo ir antrojo lesia židinių. Vienodu nuotoliu nuo abiejų židinių.

23 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Trečiasis uždavinio klausimas atitiktų standartinį uždavinį, kokių nemažai sprendžiama mokantis apie lęšius tiek 10, tiek 12 klasėje (žr. 24 pav.). Deja, mokinių rezultatai nedžiugina – visus klausimui skirtus taškus pelnė mažiau nei penktadalis mokinių. Dalis mokinių rašė tik atsakymus nepateikdami jokie pagrindimo, ar nurodė tik matavimo vieneta.

3. Apskaičiuokite daikto nuotolį nuo lęšio, jei lęšio židinio nuotolis yra 40 cm.

$$\frac{H}{h} = \frac{f}{d} = 2; \quad \frac{1}{F} = \frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{2d} + \frac{1}{d} = \frac{3d}{2d^2}; \quad F = \frac{2d^2}{3d}$$
$$d = \frac{3F}{2} = \frac{3 \cdot 0,4 \text{ m}}{2} = 0,6 \text{ m}$$

24 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Atsakant į ketvirtąjį uždavinio klausimą reikėjo nubrėžti glaudžiamuoju lęšiu gaunamą menamą, padidintą daikto atvaizdą. Nors į šį klausimą mokiniai atsakė geriau nei į trečiąjį, bet lęšiu gaunami daiktų atvaizdai nuodugnai nagrinėjami 10 klasėje ir vėl kartojami 12, tad tikėtasi geresnių rezultatų.

7 uždavinys

Šis uždavinys mokiniams buvo pats sunkiausias, bendras jo sunkumas 25,36 proc. Uždavinyje buvo nagrinėjamas į fotoelementą krintantis šviesos srautas.

Atsakant į pirmąjį klausimą reikėjo apskaičiuoti šviesos bangos dažnį, kai žinomas bangos ilgis. Stebina tai, kad už tokią paprastą užduotį visus taškus pelnė mažiau kaip pusė mokinių. Bangos ilgio ir dažnio sąryšis yra tarp pagrindinių formulių, tokie uždaviniai sprendžiami jau 10 klasėje, o penktadalis mokinių net už matavimo vienetus nesugebėjo pelnyti 0,5 taško, nors ši užduotis įveikiama ir nemotyvuotiems mokiniams. Galbūt paskutinei užduočiai mokiniams liko per mažai laiko.

Šio uždavinio antrojo klausimo sprendimo strategija (žr. 25 pav.) tokia pati kaip ir ketvirto uždavinio trečiojo klausimo, deja, jo rezultatai dar blogesni – visus taškus pelnė mažiau nei dešimtadalis mokinių. Manau, mokiniai ir mokytojai pasinaudos 36 puslapyje pateiktais patarimais.

2. Kiek fotonų yra per 1 sekundę krintančiame šviesos sraute?

$$P = \frac{A}{t}; \quad A = NE; \quad E = hf; \quad \cancel{NE} = P \cdot t; \quad N = \frac{P \cdot t}{hf}$$
$$N = \frac{66,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 6,25 \cdot 10^{17}} = 1,6 \cdot 10^{14} \text{ (fotonų)}$$

Ats.: $1,6 \cdot 10^{14}$ (fotonų)

25 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Dalis mokinių fotonų skaičiui apskaičiuoti bandė taikyti radioaktyviojo skilimo dėsnį (žr. 26 pav.), pusėjimo trukmę skaičiuodami kaip periodą. Matyt, papildomos painiavos sukelia pasenusių terminų vartojimas – pusėjimo trukmė vadinama puskiečio periodu, tad mokiniai ir taiko periodo sąryšį su dažniu, o panaudota formulė skirta rasti skaičiui, tik mokiniai pamiršo kokiam.



$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T} \quad T = \frac{1}{f} = \frac{1}{6,25 \cdot 10^{14} \text{ Hz}} = 1,6 \cdot 10^{-15}$$

$$N = 1 \cdot 2^{-1/1,6 \cdot 10^{-15}} =$$

26 pav. Mokinio darbo pavyzdys

Trečiasis ir ketvirtasis uždavinio klausimai mokiniams buvo labai sunkūs. Jie tikrino kaip giliai mokiniai supranta fotoefekto reiškinių. Mokiniai turėjo susieti fotoelemento sotes srovę su krintantį šviesos srautą sudarančiais fotonais (žr. 27 pav.). Neįmanoma atsakyti į klausimą nežinant, kas yra sotes srovė, ar nesuprantant, kaip su šviesos srautu siejasi tai, jog kas dešimtas fotonas išlaisvina fotoelektroną. Visgi klausama apie energiją ir srovės stiprį, kurių matavimo vienetus privalo žinoti kiekvienas pasirinkęs fizikos brandos egzaminą, tačiau daugiau kaip pusė mokinių net ir jų nenurodė. Šie klausimai nestandartiniai, nors atsakant į juos pakanka sąryšių, išmokytų dar pagrindinėje mokykloje.

3. Kokią šviesos energiją per 1 sekundę panaudoja fotoelementas sotes elektros srovei kurti?

$$E_{\text{FOTON}} = hf; E_{\text{svies}} = N E_{\text{FOTON}}; \eta = \frac{E}{E_{\text{svies}}}; E = \eta E_{\text{svies}} =$$

$$= \eta N E_{\text{FOTON}} = \eta N h f = 0,1 \cdot 1,6 \cdot 10^{14} \cdot 6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 6,25 \cdot 10^{14} =$$

$$= 6,63 \cdot 10^{-3} \text{ J} \quad \text{At.: } E = 6,63 \cdot 10^{-3} \text{ J}$$

27 pav. Mokinio darbo pavyzdys

IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

1. Mokinių įvairių fizikos sričių esminės žinios, atitinkančios vidurinės mokyklos fizikos išplėstinio kurso pasiekimų lygmenį, yra geros, trūksta tik kai kurių gebėjimų.
2. Teoriniai klausimai mokiniams yra sunkūs.
3. Ugdymo procese daugiau dėmesio turėtų būti skiriama reiškinių supratimui, o ne mechaniniam dydžių sąryšių taikymui.
4. Daugiau dėmesio reikia skirti mokinių informacinių gebėjimų ugdymui – reikia mokyti atidžiau skaityti, geriau suprasti uždavinių sąlygas.
5. Mokinių komunikaciniai gebėjimai nepakankami, reikėtų skirti daugiau dėmesio jų ugdymui, nesitenkinti trumpais atsakymais, mokyti mokinius tiksliai formuluoti savo mintis, į klausimus atsakyti pilnai.
6. Mokiniai dažnai pamiršta nurodyti fizikinio dydžio matavimo vienetus.
7. Nemaža dalis mokinių blogai susipažinę su egzamino užduotyje pateikiamomis pagrindinėmis formulėmis, nemoka jų taikyti. Besirengiantiems laikyti fizikos brandos egzaminą mokiniams norėtume patarti, kad kartodami jas gerai išnagrinėtų ir atsimintų, kam jos taikomos. Tai padėtų gerai išlaikyti fizikos brandos egzaminą.