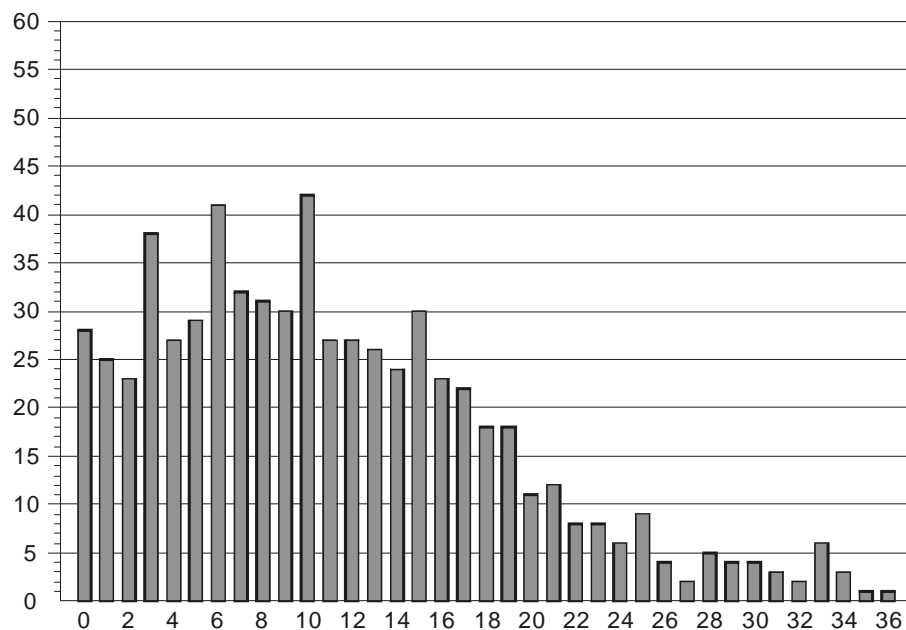


Fysiikan valintakoe Helsingin yliopistossa v. 1995¹

*Sisko Eskola, Ismo Koponen,
Kaarle Kurki-Suonio ja Folke Stenman*
Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos

Kokeen yleiskuva

Matemaattisten aineiden koulutusohjelmiin pyrki vuonna 1995 (1994) kaikkiaan 2988 (2792) opiskelijaa, heistä 626 (556) ensisijaisesti fysikaalisiin tieteisiin. Fysiikan valintakoe pidettiin 21.06. Siihen osallistui 650 (684) pyrkijää. Valintojen pisterajoiksi /280 muodostuivat fysiikassa 196 (184), kemiassa 211 (205), matematiikassa 189 (188), tietojenkäsittelytieteessä 200 (189) ja ensimmäistä kertaa erillisenä mukana olleessa geologiassa 192. Hakijoista hyväksyttiin kaikkiaan 2008 (1944), joista 485 (469) sai opiskeluoikeuden fysikaalisten tieteiden koulutusohjelmaan.



Suoran arvostelun pistejakauma.

Kokeen keskiarvo oli 11,17/36. Oheinen kuva esittää kokeen pistejakaumaa nk. suorassa arvostelussa. Arvostelupisteet muunnettiin valintapisteiksi 0 ... 10 kohtuulliseksi arvioidun asteikon mukaisesti, jossa tyydyttävään (7/10) suoritukseen tarvittiin 20/36 ja kiitettävään (9/10) suoritukseen 26/36 pistettä suorassa arvostelussa.

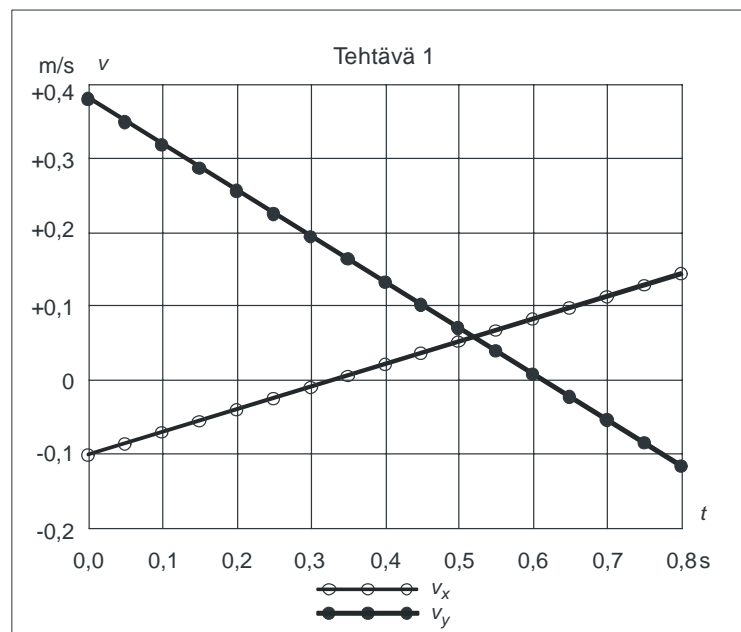
Tehtäväkohtaiset pistejakaumat ja keskiarvot on esitetty oheisessa taulukossa.

¹ Report Series in Physics HU-P-A79, Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos, Helsinki 1996, Dimensio **60**, 3/96. 11 - 17

Pisteiden prosenttiset jakaumat						
Tehtävä	1	2	3	4	5	6
Pisteet						
0	19,4	58,6	23,4	38,2	61,2	39,4
1	10,9	8,9	24,8	17,1	14,1	21,4
2	10,0	6,3	17,8	6,2	9,7	10,8
3	18,6	4,8	16,4	5,8	2,5	16,1
4	14,3	6,2	10,5	3,1	1,7	4,6
5	16,3	5,8	5,7	5,1	1,7	3,5
6	10,5	9,4	1,4	24,5	9,1	4,2
Keskiarvo	2,88	1,46	1,88	2,32	1,11	1,52

Tehtävä 1.

Kappaleen liikettä kallistetulla ilmatyynypöydällä tutkittiin mittaamalla sen nopeuden komponentit pöytään piirrettyssä koordinaatistossa. Oheiset kuvaajat esittävät saatuja tuloksia. a) Määritä kappaleen kiihtyvyys. b) Kuinka paljon pöytää oli kallistettu ja mihin suuntaan (jyrkimmän kaltevuuden suunta)? c) Missä kappale oli hetkellä 0,5 s, jos se havaintojen alkuhetkellä 0 s oli origossa? Liikettä ilmatyynypöydällä voidaan pitää kitkattomana liikkeenä kaltevalla tasolla.



Käsittely. Koska nopeuden komponenttien kuvaajat ovat suoria, liike on tasaisesti kiihtyvää.

a) Kiihtyvyyden komponentit saadaan määrittämällä kuvaajien fysikaaliset kulmakertoimet

$$\begin{cases} a_x = \frac{[0,14 - (-0,10)] \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,80 \text{ s}} = 0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \\ a_y = \frac{[-0,12 - (+0,38)] \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,80 \text{ s}} = -0,625 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \end{cases}$$

Kappaleen kiihtyvyys on

$$\mathbf{a} = (a_x, a_y) = (0,30; -0,625) \text{ m/s}^2 \quad \text{eli}$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 0,693 \text{ m/s}^2$$

suuntaan, joka muodostaa x -akselin kanssa kulman α ,

$$\tan \alpha = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-0,625}{0,30}, \quad \alpha = -64,4^\circ.$$

b) Kulma α ilmaisee kallistuksen suunnan. Kaltevilla tasolla, jonka kallistuskulma on β , kitkattomasti liukuvan kappaleen kiihtyvyys on $a = g \sin \beta$. Yhtälöstä

$$\sin \beta = \frac{a}{g} = \frac{0,693}{9,81}$$

saadaan kallistuskulmaksi $\beta = 4,05^\circ$.

c) Kun tasaisesti kiihtyvän liikkeen radan yhtälöön

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}_0 + \mathbf{v}_0 t + \frac{1}{2} \mathbf{a} t^2$$

sijoitetaan

kappaleen alkuasema $\mathbf{r}_0 = (0; 0) \text{ m}$,

kuvaajista luettu alkunopeus $\mathbf{v}_0 = (-0,10; 0,40) \text{ m/s}$ ja

laskettu kiihtyvyys $\mathbf{a} = (0,30; -0,625) \text{ m/s}^2$,

saadaan kappaleen paikan koordinaatit hetkellä $t = 0,50 \text{ s}$:

$$x(0,50 \text{ s}) = -0,10 \text{ m/s} \cdot 0,50 \text{ s} + \frac{1}{2} \cdot 0,30 \text{ m/s}^2 \cdot (0,50 \text{ s})^2 = -0,01 \text{ m}$$

$$y(0,50 \text{ s}) = 0,40 \text{ m/s} \cdot 0,50 \text{ s} - \frac{1}{2} \cdot 0,625 \text{ m/s}^2 \cdot (0,50 \text{ s})^2 = 0,12 \text{ m}.$$

Huomautuksia. Tasaisesti kiihtyvä liike oli enimmille vastaajille tuttu. Vastauksista ilmeni, että sen matemaattinen käsittely kyllä hallittiin. Yllättävän monessa vastauksessa (n. 20 %) tehtävän kuvaajat tulkittiin yksiulotteisen liikkeen toistomittaukseksi huolimatta siitä, että tehtävässä nimenomaan puhuttiin komponenteista. Tehtävästä siis tehtiin väkisin yksiulotteinen liikeprobleema. Kysymyksessä saattoi olla huolimattomuus, mutta varmasti mukana oli tahallistakin väärinymmärrystä, kun ei hallittu kaksiulotteisen liikkeen käsittelyä.

Useimmat vastaajat käsittelivät tehtävän komponenttiesityksessä; vektoriesityksen käyttäjiä oli vähemmän kuin 10 %. Osalle vastaajista kaltevan tason geometria oli mielikuvituksen saavuttamattomissa – niin erikoisia asentoja ehdotettiin, esimerkiksi yhden kulman varaan nostettua pöytää. Epäselvyyttä oli myös siinä, mitä kallistuskulma ja jyrkimmän kaltevuuden suunta tarkoittavat.

Tehtävä 2.

Kerttuli pääsi laskuvarjojääkärien koulutukseen. Hänet punnittiin varjoineen ennen hyppyä. Punnitustulos oli 52 kg. Ensimmäisessä hypyssä hän tuli maahan nopeudella 3,8 m/s. Kuinka suuren kuorman hän voi ottaa kannettavakseen toiseen hyppyyn samalla varjolla? Varjoon vaikuttavan ilmanvastuksen voidaan arvioida olevan verrannollinen nopeuden neliään, ja hyppyä voidaan pitää turvallisena niin kauan kuin maahantulonopeus ei ole suurempi kuin 5 m/s.

Käsittely. Hyppääjään vaikuttaa hänen painonsa mg lisäksi vain ilmanvastus F_v . Jos positiivinen suunta valitaan alaspäin, hänen liikeyhtälönsä on

$$ma = mg - F_v.$$

Laskuvarjon auettua hyppääjän putoaminen muuttuu varsin äkkiä tasaiseksi liikkeeksi (kiihtyvyys $a = 0$), jossa ilmanvastus kumoaa hyppääjän painon, $F_v = mg$.

Ilmanvastus oletetaan verrannolliseksi nopeuden neliään $F_v \sim v^2$ ja riippumattomaksi hyppääjän kuormasta, jolloin myös hyppääjän massa ja loppunopeuden neliä ovat verrannolliset, $v^2 \sim m$ eli verrattaessa kahta eri hyppyä $v_1^2 : v_2^2 = m_1 : m_2$. Ehdosta $v_2 < 5$ m/s seuraa ehto

$$m_2 = \frac{v_2^2}{v_1^2} \cdot m_1 < \left(\frac{5}{3,8}\right)^2 \cdot (52 \text{ kg}) = 90 \text{ kg}.$$

Kerttuli voi siten ottaa hyppyynsä kantamuksen, jonka massa on

$$m_2 - m_1 < (90 - 52) \text{ kg} = 38 \text{ kg}.$$

Huomautuksia. Yleisin ratkaisuehdotus lähti liikkeelle perustelemattomasta verrannosta. Toiseksi suosituinta oli tehtävän käsittely – jälleen ilman perustelua – voimien tasapainon kautta eräänlaisena statiikan probleemana. Hyvin harvojen vastausten ($< 15\%$) lähtökohtana oli liikeyhtälö ja toteamus, että liike on tasaista. Osa liikeyhtälöistä esiintyi muodossa $F = F_v - G = ma$, jolloin vastaajat yleensä piirsivät kuvaan kolme kappaleeseen vaikuttavaa voimaa. Näissä vastauksissa kiihtyvyys a jäi usein mukaan tuntemattomaksi vakioksi, joka lopussa "supistettiin" pois väkisin.

Ilmanvastuksen riippuvuus nopeuden neliöstä houkutteli eräät käyttämään tuttua "kaavaa" ja kirjoittamaan $F = \frac{1}{2}mv^2$. Näin määritellyn "voiman" yksiköksi annettiin laskuissa kuitenkin 1 N.

Tehtävää yritettiin ratkaista myös energiaperiaatteen, impulssiperiaatteen, energian ja liikemäärän säilymisen pohjalta. Ankarimmassa yrityksessä käytettiin niitä kaikkia rinnakkain. Vain neljä energiaperiaatteen käyttäjää sai tehtävän ratkaistuksi oikein. Potentiaalienergia tuotti hankaluuksia. Useimmiten se oli jätetty pois energiaperiaatteen nojaavista ratkaisuista. Joku jopa totesi, ettei sitä tarvitse ottaa huomioon, koska sitä ei ole tehtävässä mainittu!

Joukosta erottui myös neljä tosi oivaltavaa ratkaisua, joissa todettiin muutta mutkitta, että painoja voi ottaa miten paljon tahansa, "koska kaikki kappaleet putoavat samalla kiihtyvyydellä". Vastauksena ilmoitetut kuormien massat vaihtelivat välillä 31 g ... 240 kg.

Tehtävä 3.

Selitä lyhyesti, mitä merkitsevät käsitteet a) sinimuotoinen vaihtovirta, b) monokromaattinen aaltoliike, c) tehollinen sähkövirta, d) fotonit, e) stationaarinen tila, f) kvantittuminen.

Huomautuksia. Selitettävät käsitteet ovat keskeisiä fysiikassa ja löytyvät kaikista oppikirjoista. Seuraavassa on esitetty joitakin kommentteja annetuista vastauksista.

a) Sinimuotoinen vaihtovirta selitettiin usein vain toteamuksella "kuvaaja on sinikäyrä" tai "se vaihtelee sinimuotoisesti". Mistään ei ilmennyt, mistä suureista oli kysymys ja minkä suureen funktiona kyseinen vaihtelu tapahtui. Monesti varmaankin tiedettiin, mistä oli kysymys, mutta ajatuksia ei osattu ilmaista selkeästi.

b) Monokromaattisen aaltoliikkeen useimmat tiesivät aaltoliikkeeksi, jossa esiintyy vain yhtä aallonpituutta (tai taajuutta). Monet luettelivat lisäksi "ylimääräisiä" ehtoja, kuten samanvaiheisuuden. Vastaus kuitenkin hyväksyttiin "pitkällä miinuksella", jos tällaisia ei ollut enempää kuin yksi.

c) Sähkövirran tehollisen arvon selitykseksi ei kelvannut yleisimmin tarjottu pelkkä "saadaan kaavasta". Usein esiintyviä vastauksia olivat myös seuraavat: "sähkövirran antama keskimääräinen teho", "virran eräänlainen keskiarvo" sekä "teho, joka jää jäljelle kaikkien vastusten jälkeen". Toki löytyi myös runsaasti papereita, joissa asia oli sekä ymmärretty että osattu ilmaista.

d) Fotoni osattiin aika hyvin selittää sähkömagneettisen säteilyn kvanttina. Monissa papereissa esiintyi selityksenä sana "valohiukkanen" tai "energiahiukkanen". Näistä ensin mainittu hyvällä tahdolla hyväksyttiin. Hämmästyttävä löytö oli kymmenissä papereissa esiintynyt hokema "fotoni kuuluu mittabosonien luokkaan". Yhtä hämmästyttävä oli havainto, että tätä loitsua tarjotaan lukiossa käytettävässä taulukkokirjassa. Tällaisilla termeillä, jotka ovat täysin lukion ulottumattomissa, vain vahvistetaan käsitystä fysiikan mystisyydestä.

e) Stationaarinen tila oli sarjan vaikein käsite. Jotkut tarjosivat geostationaarisia ratoja, useimmat vain lyhyesti "tasapainotilaa". Niistäkin, jotka tiesivät käsitteen liittyvän esimerkiksi atomin tiloihin, monet luulivat sen tarkoittavan vain perustilaa.

f) Kvantittumisen luultiin varsin yleisesti tarkoittavan energiakvantin lähettämistä. Esimerkiksi "kun atomin viritystila purkautuu, atomi lähettää energiakvantin, siis kvantittuu". Toinen yleinen harhakäsitys oli, että luultiin tarkoittavan kuorimalliin liittyviä elektronin kvanttilukuja.

Periaatteessa jokainen kohta erikseen oli yhden pisteen arvoinen. Arvostelun todellisuudessa pisteen murusia etsittiin suurennuslasilla ja haravoitiin kokoon. Silti keskiarvoksi saatiin vain 1,88. Osittain tulosta voi selittää huonolla ilmaisukyvyllä, mutta erityisesti kahta viimeistä käsitettä ei kerta kaikkiaan tunnettu.

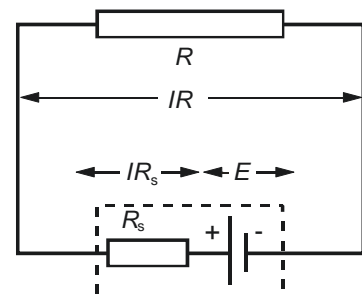
Tehtävä 4.

Pariston lähdejännite on 4,5 V. Kun paristoon kytketään laite, joka kuormittaa sitä 1,0 A:n sähkövirralla, sen napajännite aleni 6 %. Kuinka suuri on a) pariston sisäinen resistanssi, b) laitteen resistanssi?

Käsittely. Ohmin lain mukaan jännitehäviöt paristossa ja laitteessa ovat $U_s = R_s I$ ja $U = RI$, missä R_s on pariston sisäinen resistanssi, R laitteen resistanssi ja I piirin sähkövirta. Kirchhoffin toisen lain mukaan virtapiirissä lähdejännite on yhtä suuri kuin jännitehäviö $E = U_s + U$. Tehtävän mukaan on $U_s = 0,06E$, jolloin on $U = 0,94E$. Pariston sisäiseksi resistanssiksi ja laitteen resistanssiksi saadaan siten

$$R_s = 0,06 \cdot \frac{4,5 \text{ V}}{1,0 \text{ A}} = 0,27 \Omega \text{ ja}$$

$$R = 0,94 \cdot \frac{4,5 \text{ V}}{1,0 \text{ A}} = 4,23 \Omega.$$



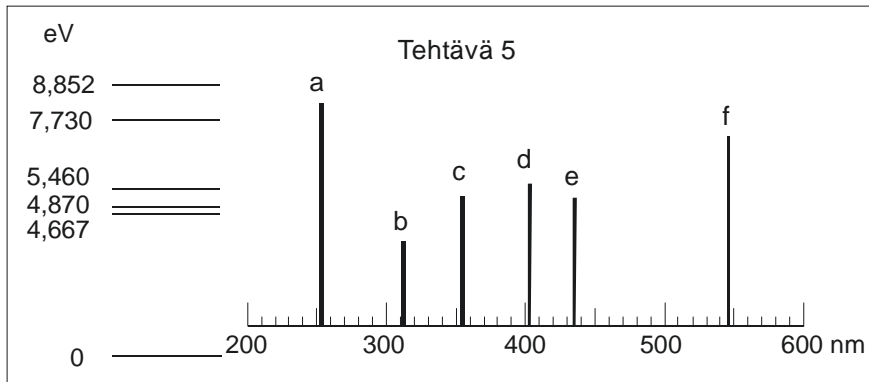
Huomautuksia. Tehtävä onnistui kohtuullisesti, 5 ... 6 pisteen vastauksia oli sentään melkein 30 %. Usein vastaukset olivat kuitenkin täysin vailla perusteluja. Annettiin vain joukko lukuja, oikeita tai väärä. Vaikka vastaus olisi ollut "oikein", puutteellisista perusteluista sakotettiin 2 ... 4 pistettä.

Taulukoiden käyttö tuotti kukkasia, orkideana joukossa kaava $\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta t)$, jonka yhteyttä tehtävään ei kuitenkaan selitetty. Pariston sisäinen resistanssi ja laitteen resistanssi sekoitettiin turhan usein keskenään; $R_s = 4,5 \Omega$ oli varsin tavallinen tulos. Tästä käsitteellisestä sekoilusta huolimatta tällaisestakin vastauksesta saattoi saada 2 ... 3 pistettä.

Jääkö "tietoyhteiskunnassa" kosketus esimerkiksi tavallisen taskulampun toimintaan ja ominaisuuksiin saamatta, kun lähes 40 % vastaajista ansaitsi tehtävästä pyöreän nollan. Vielä tämän tehtävän korjaajan ikäpolven perusvalmiuksiin kuului käytännön sähköopin alkeiden omaksuminen taskulampun avulla noin 10 vuoden iässä. Etsiikö nykypolvi laiskurin oikotietä digitaalielektronikkaan ohi sähköopin perusteiden ikuisten arvojen. Ei onnistu!!

Tehtävä 5.

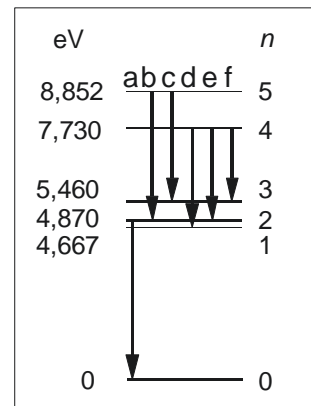
a) Selvitä, millainen yhteys vallitsee oheisen kuvan esittämien Hg-atomin energiatasojen ja emissiospektrin viivojen välillä. b) Osoita nämä yhteydet selvästi kaavioihin tehdyin merkinnöin.



Käsittely. Emissiospektri syntyy virittyneiden atomien siirtyessä alempiin energiatiloihin. Atomin siirtyessä viritystilasta, jonka energia on E_n , alempaan energiatilaan, jonka energia on E_m , se emittoi fotonin, jonka energia on

$$\frac{hc}{\lambda_{nm}} = E_n - E_m.$$

Emissiospektriä esittävästä kuvasta luetaan viivojen aallonpituudet. Planckin vakio h ja valonnopeus c saadaan taulukkokirjasta, joten niitä vastaavat energianmuutokset voidaan laskea. Tuloksia verrataan annetun energiatasokaavion tasojen väleihin, jolloin nähdään mistä siirtymästä mikin spektriviiva aiheutuu. Kun energiatasot numeroidaan perustilasta alkaen 0, 1, 2, 3, 4, 5, tulokset voidaan esittää taulukkona



viiva	a	b	c	d	e	f
λ_{nm}/nm	254	312	366	404	437	547
$(E_n - E_m)/eV$	4,88	3,98	3,39	3,07	2,84	2,27
(n, m)	(2, 0)	(5, 2)	(5, 3)	(4, 1)	(4, 2)	(4, 3)

Huomautuksia. Samantapainen tehtävä oli valintakokeessa vuonna 1992. Silloin vain pieni osa pyrkijöistä tiesi, miten emissiospektri syntyy – keskiarvoksi tuli vain 0,70! Paljon parempi ei tilanne ollut nytkään. Nyt vain vajaat 8 % kokeeseen osallistuneista tunsivat asian ja sai 5 ... 6 pistettä. Noin 40 % jätti tehtävän kokonaan vastaamatta. Jo spektriviivojen energioiden laskemisyhteyksistä annettiin 2 pistettä, ja 1 ... 2 pistettä lisää sai kaikista järkevästä emissiospektrin syntymiseen liittyvistä selityksistä. Tällaisia 3 ... 4 pisteen ratkaisuja oli kuitenkin vain vähän, koska tehtävä on laskennallisesti hyvin helppo ja joko osattiin tai ei osattu. Keskiarvoksi saatiin 1,11.

Useimmat arvailijat kuvittelivat spektriviivojen intensiteetin ilmentävän energiakvantin suuruutta sekä siirtymän tapahtuvan aina perustilaan. Niinpä he yhdistelivät viivoilla spektriviivoja ja energiatasoja arvellen, että pisin spektriviiva vastaisi suurinta lyhin pienintä kaavioon merkittyä energiaa jne. Jotkut mittasivat viivaimella spektriviivojen "pituudet" ja energiatasojen välit ja yrittivät löytää niistä yhtä suuria. Vähät siitä, mitä suureita kussakin kuvassa tarkastellaan ja missä yksikäissä – jos pystysuora viiva on yhtä monta millimetriä pitkä kuin kahden vaakasuoran välimatka toisessa kuviossa, niin nämä "kuuluvat yhteen"! Melkoisesti löytyi myös papereita, joissa kuviteltiin tehtävässä olevan kyse ionisoitumisenergiasta, sekä tietenkin niitä, jotka sekoittivat absorptio- ja emissiospektrin keskenään. Tämän tehtävän yhteydessä saimme myös tutustua uuteen luonnonvakioon, Planktonin vakioon!

Tehtävien 3 ja 5 perusteella vaikuttaa siltä, että tämän vuosisadan fysiikka jätetään jatkuvasti monissa kouluissa kokonaan lukematta. Oudolta tuntuu kuitenkin, ettei alalle opiskelemaan haluava yritä paikata tätä ilmeistä aukkoa tutustumalla edes tärkeimpiin perusteisiin.

Tehtävä 6.

Tarkastele kaasua vapaasti liikkuvien molekyylien muodostamana systeeminä ja selitä ilman laskennallisia tarkasteluja, miten tämä malli selittää a) kaasun paineen ja lämpötilan, b) kaasun paineen ja lämpötilan kohoamisen puristettaessa.

Käsittely.

a) Paine aiheutuu molekyylien törmäyksistä säiliön seinämiin. Lämpötila voidaan selittää molekyylien keskimääräiseksi liike-energiaksi.

Impulssiperiaatteen mukaan törmäykset aiheuttavat seinämän tiettyyn osaan keskimääräisen voiman, joka on yhtä suuri kuin siihen tiettyinä aikana törmäävien molekyylien liikemäärien muutosten summa jaettuna aikavälillä. Kun voima jaetaan osan pinta-alalla, saadaan törmäyksistä aiheutuva paine. Molekyylien keskimääräinen liike-energia on verrannollinen näin lasketun paineen ja tilavuuden tulon, $E_k \sim pV$. Kun tätä verrataan ideaalikaasun tilanyhtälöön todetaan verrannollisuus $E_k \sim T$.

b) Paine kohoaa säiliön tilavuuden pienentyessä, koska molekyylien kulkemat matkat kahden törmäyksen välillä lyhenevät ja pinta-ala, johon ne osuvat pienenee, joten niiden törmäykset sekä taa-jentuvat että tihentyvät.

Kaasun lämpötila kohoaa puristettaessa sen tähden, että kimmoisissa törmäyksissä kohti liikkuvaan seinämään molekyylien liike-energiat suurenevat. Makroskooppisesti tämä liike-energian lisäys saadaan seinämää työntävän ulkoisen voiman tekemästä työstä.

Huomautuksia. Kohta a on selitetty lukion oppikirjoissa. Vastaukseksi riitti, että osasi sanoa selittää paineen yhteyden molekyylien törmäykseen liittyvään liikemäärän muutokseen sekä lämpötilan yhteyden molekyylien liike-energiaan.

Kohta b vaati vähän omaa pohdintaa. Paineen suurenemisen yhdistäminen tilavuuden pienemisen vuoksi tihentyviin törmäykseen oli selvästi helpompaa oivaltaa. Jos tehtävän muut osat olivat kunnossa, lämpötilan nousun uskottavan selityksen puuttumista katsottiin sormien läpi. Silti tehtävän a-osa tuotti kaikkiaan enemmän pisteitä kuin b-osa.

Vastausten kirjo oli melkoinen. Joukossa oli muutamia oikein hyviä vastauksia, joissa kaikki tarpeelliset seikat tuotiin kiitettävästi esille. Erityisen mieluista oli nähdä vastauksia, joissa esitetty pohdinta oli ilmeisesti kokeessa tuotettu.

Keskimäärin tehtävässä kysytty kineettisen lämpöteorian mukainen ajattelu oli perin epäselvää:
– "Molekyylit luovuttavat törmätessään energiaa, joka muuttuu lämmöksi."
– "Lämpöenergia syntyy kaasussa olevien molekyylien törmätessä toisiinsa."

- "Kitka aiheuttaa T:n nousun."
- "Molekyylien törmätessä toisiinsa lämpöliike nousee ja T kasvaa."
- "Lämpötila syntyy molekyylien törmätessä toisiinsa."
- "Lämpötila tulee kaasun hiukkasten keskinäisistä törmäyksistä." jne.

Tällaista törmäyssotkua esitettiin sadoissa vastauksissa. Hälyttävintä näissä vastauksissa on makrokäsitteiden (lämpö, lämpöenergia, lämpötila, kitka) sijoittaminen molekyylien omiksi ominaisuuksiksi. Molekyylien, atomien ja elektronien ahkera pompottelu koulussa aina ala-asteelta saakka näyttää jättävän niiden merkityksen makromaailmaa selittävänä, täysin erilaisena todellisuuden tasona lopulliseen pimentoon. Julkisen median sinänsä kiitettävissä pyrkimyksissä fysiikan kansantajuistamiseen tosin heitetään valitettavan usein tätä samaa maailmankuvallista häränpylyä.