Matemaattisten Aineiden Aikakauskirja **46**, **1**/1982, 107-113. (Korjailtu versio.)

Prof. *KAARLE KURKI-SUONIO*
Vs. apul.prof. *SEPPO MANNINEN*

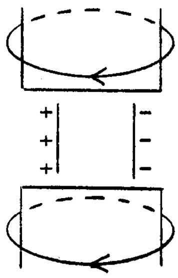
FYSIIKAN VALINTAKOE HELSINGIN YLIOPISTOSSA 16.6.1981

Tehtävät, ratkaisut, tulokset ja arvostelu

TEHTÄVÄT

1. Teräslanka, jonka poikkipinta-ala on 0,50 mm, on kiristetty pitkin paksua messinkitankoa ja kiinnitetty sen päihin. Lanka on jännityksetön lämpötilassa 300 K. Mikä on langan jännitys lämpötilassa 400 K? Teräksen pituuden lämpötilakerroin on $12\text{x}10^{-6}$ 1/K, messingin $20\text{X}10^{-6}$ 1/K. Teräksen kimmokerroin (kimmomoduli) on $20\text{x}10^{10}$ N/m^2.

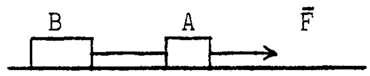
2. Sähkömagneetin napojen välissä on homogeeninen magneettikenttä, jonka magneettivuon tiheys on 0,30 T. Virran suunta sähkömagneetin käämissä on merkitty kuvaan. Napojen väliin sijoitetun kondensaattorin levyillä on kuvaan merkityllä tavalla varaus, joka aiheuttaa sähkökentän $2{,}4\text{x}10^4$ V/m. Levyjen väliin kohtisuorasti kuvan tasoa vastaan ammutaan elektronisuihku. a) Mitkä voimat vaikuttavat suihkun elektroniin? Ilmaise selvästi kenttien ja voimien suunnat sekä katsojasta poispäin että katsojaan päin suunnatun suihkun tapauksessa. b) Mikä on elektronien nopeus, jos suihku kulkee levyjen välissä suunnastaan poikkeamatta?



3. Sinimuotoinen aaltoliike etenee väliaineessa x-akselin positiiviseen suuntaan nopeudella 400 *m/s*. Väliaineen hiukkanen, jonka tasapainoasema on origossa, värähtelee amplitudilla 3,0 mm ja taajuudella 80 Hz. Valitulla 0-hetkellä sen poikkeama tasapainoasemasta on suurimmillaan poikkeaman positiivisessa suunnassa. a) Kirjoita lauseke, joka esittää origoon kuuluvan massapisteen rataa (poikkeamaa ajan funktiona). b) Mikä on hetkellä 0,04 s x-akselin pisteeseen 60 m kuuluvan hiukkasen poikkeama tasapainoasemastaan?

4. Loviisan ydinvoimalan yksikkö tuottaa sähköenergiaa huipputeholla 440 MW. Energia saadaan fissioaktiivisesta uraani-isotoopista ^{235}U. Kuinka paljon uraania kuluu vuorokaudessa yksikön toimiessa huipputeholla, kun sähköntuoton hyötysuhde on 30 % ja yhden ytimen fissiossa vapautuu noin 200 MeV energiaa? Isotoopin ^{235}U atomimassa on 235,1 u.

5. Kaksi kappaletta A ja B on yhdistetty kuvan mukaisesti köydellä. Kappaleiden massat ovat 2,9 kg (A) ja 3,0 kg (B), sekä niiden ja alustan väliset lepo- ja liikekitkakertoimet 0,30 ja 0,25. Kappaletta A vedetään kuvaan merkityllä vaakasuoralla voimalla ***F***. Selvitä kappaleiden mahdolliset liiketilat voiman eri arvoilla F ≥ 0 sekä kappaleisiin kussakin tilanteessa vaikuttavat voimat.



6. Selitä lyhyesti (noin kahdella lauseella) a) liikemäärän säilymislaki, b) miten kaasut, nesteet ja kiinteät aineet poikkeavat toisistaan, c) interferenssi, d) aalto-hiukkas-dualismi, e) induktanssi, f) hajoamisvakio.

Avogadron vakio $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}

atomimassayksikkö 1 u = $1{,}660 \times 10^{-27}$ kg

alkeisvaraus $e = 1{,}602 \times 10^{-19}$ As

Matemaattisten Aineiden Aikakauskirja **46**, **1**/1982, 107-113. (Korjailtu versio.)

RATKAISUT

Tehtävä 1. Olkoon L_0 teräslangan ja messinkisauvan pituus lämpötilassa T_0 = 300 K. Pituuden lämpötilakertoimen määritelmän mukaan 100 K:n lämpötilan nousu suurentaa pituuksia määrillä

$$\Delta L_\mathrm{t} = \alpha_\mathrm{t} L_0 \Delta T = (12\cdot 10^{6}\ 1/\mathrm{K})\cdot(100\ \mathrm{K})\cdot L_0 = 12\cdot 10^{-4} L_0$$

$$\Delta L_\mathrm{m} = \alpha_\mathrm{m} L_0 \Delta T = (20\cdot 10^{6}\ 1/\mathrm{K})\cdot(100\ \mathrm{K})\cdot L_0 = 20\cdot 10^{-4} L_0$$

Koska $\Delta L_\mathrm{m} > \Delta L_\mathrm{t}$, teräslankaan syntyy jännitys, jonka aiheuttaa sen lisävenymä $\Delta L = \Delta L_\mathrm{m} - \Delta L_\mathrm{t}$. Edellyttäen, että venymä on kimmoinen, jännitysvoima voidaan laskea Hooken lain avulla

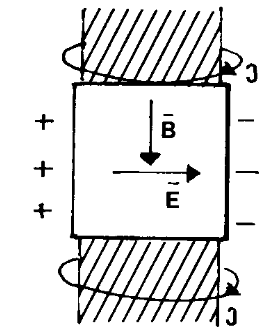
$$F = E\frac{A\Delta L}{L_\mathrm{t}}.$$

missä E on teräksen kimmokerroin , A teräslangan poikki pinta-ala ja L_t, sen pituus 400 K:ssa jännittämättömänä. Saadaan

$$F = \frac{(20\cdot 10^{10}\ \mathrm{N/m^2})\cdot(0{,}50\cdot 10^{-6}\ \mathrm{m^2})\cdot 10^{-4} L_0}{(1+12\cdot 10^{-4})L_0} \approx 80\ \mathrm{N}\,.$$

Ratkaisu perustuu oletukseen, etteivät lämpötilakertoimet ja kimmokerroin riipu lämpötilasta.

Tehtävä 2. Sähkö- ja magneettikenttien suunnat määräytyvät kondensaattorilevyjen varausten ja virran kulkusuunnan perusteella oheisen kuvan mukaisesti.



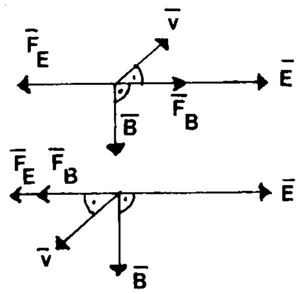
a) Elektronin varaus on $-e$, joten siihen vaikuttavat

sähköinen voima $\boldsymbol{F}_E = -e\boldsymbol{E}$

ja magneettinen voima $\boldsymbol{F}_B = -e\boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B}$,

jonka suunta voidaan päätellä oikeakätisyyssäännön (ruuvisäännön) avulla.

Jos elektronisuihku etenee katsojasta poispäin, vaikuttaa $\boldsymbol{F}_E$ vasemmalle ja $\boldsymbol{F}_B$ oikealle (ks. kuva). Jos elektronisuihkun suunta vaihdetaan vastakkaiseksi, muuttuu $\boldsymbol{F}_B$ vastakkaiseksi (ks. kuva). mutta $\boldsymbol{F}_E$ pysyy samana.



b) a-kohdan perusteella tilanne on mahdollinen vain, jos $\boldsymbol{F}_E$ ja $\boldsymbol{F}_B$ ovat vastakkaissuuntaiset eli elektroni liikkuu katsojasta poispäin. Voimat kumoavat tällöin toisensa ehdolla $eE = evB$, josta seuraa elektronin nopeudeksi

$$v = \frac{E}{B} = \frac{2{,}4\cdot 10^4\ \mathrm{V/m}}{0{,}3\ \mathrm{Vs/m^2}} = 8{,}0\cdot 10^4\ \mathrm{m/s}.$$

Tehtävä 3. a) Sinimuotoisessa aaltoliikkeessä väliaineen jokainen hiukkanen on harmonisessa värähdysliikkeessä, jonka rataa (poikkeamaa tasapainoasemasta) esittää yleisesti lauseke

$$y = A\sin(2\pi f t + \varphi)\,,$$

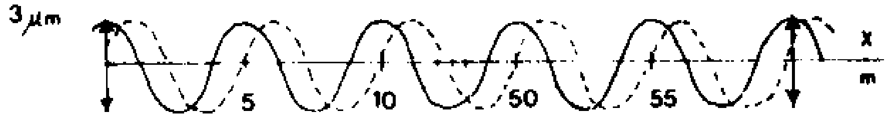
missä A, f ja φ ovat aallon amplitudi, taajuus ja nollahetken vaihe. Alkuehdon mukaan origossa olevalle hiukkaselle on 0-hetkellä $y = A$ eli

$$A = A\sin\varphi = A \quad \Rightarrow \quad \varphi = \pi/2\ (+\,\mathrm{n}\pi)\,.$$

Sen rataa esittää siis lauseke

$y = A\sin(2\pi f t + \pi/2) = \underline{A\cos 2\pi f t = (3{,}0\ \mu\mathrm{m})\cdot\cos[2\pi(80\ \mathrm{Hz})t]}$

b) Pisteessä x oleva hiukkanen värähtelee vaihe-eron $\delta = (x/\lambda)\cdot 2\pi$ verran origossa olevan jäljessä, missä λ on aallonpituus. Etenemisnopeuden (vaihenopeuden) määritelmän mukaan on



$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{400\ \text{m/s}}{80\ \text{1/s}} = 5{,}0\ \text{m}.$$

Origosta 60 m:n etäisyydellä olevan pisteen vaihe-ero on siis $12\cdot 2\pi$, eli se värähtelee samassa vaiheessa origossa olevan pisteen kanssa (matkaero tasan 12 aallonpituutta). Sen rataa esittää siis sama lauseke y = $\underline{A\cos 2\pi f t}$, josta sen poikkeamaksi tasapainoasemasta hetkellä 0,04 s saadaan

$$y(0{,}04\text{s}) = \underline{(3{,}0\ \mu\text{m})\cdot\cos(160\pi/\text{s}\cdot 0{,}04\ \text{s})} \approx \underline{0{,}93\ \mu\text{m}}\ .$$

Tehtävä 4. Teholla P toimiva voimala tuottaa aikana Δt energian $P\Delta t$. Yhden ^{235}U-atomin fissiossa vapautuvasta energiasta W saadaan keskimäärin hyödyksi määrä ηW, missä η on hyötysuhde. Täydellä teholla toimiminen vaatii siten vuorokaudessa kaikkiaan n hajoamista,

$$N = \frac{P\Delta t}{\eta W} = \frac{(440\ \text{MW})\cdot(24\cdot 60^2\cdot \text{s})}{0{,}30\cdot(200\ \text{MeV})\cdot(1{,}60\cdot 10^{-19}\ \text{J/eV})} \approx 3{,}96\cdot 10^{24}\ .$$

Vuorokaudessa käytetyn ^{235}U:n ainemäärä on siis

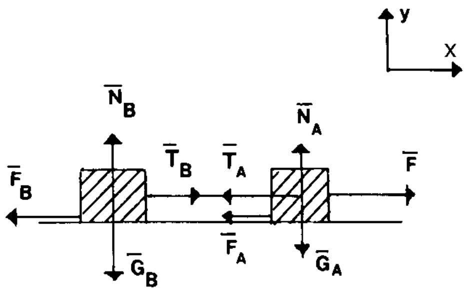
$$n = \frac{N}{N_A} = \frac{3{,}96\cdot 10^{24}}{6{,}02\cdot 10^{23}\ \text{1/mol}} \approx 6{,}58\ \text{mol}$$

$$\text{ja massa } m = nA = (6{,}58\ \text{mol})\cdot(235{,}1\ \text{g/mol}) \approx 1{,}55\ \text{kg}\ .$$

Huom. Tämä on uraanin ^{235}U kulutus. Polttoainetangot sisältävät myös luonnossa yleisempää isotooppia ^{238}U, jossa ei osallistu fissioketjureaktioon.

Tehtävä 5. Kappaleisiin vaikuttavat voimat:

kappale	A	B
aktiivinen vetävä voima	$\boldsymbol{F}$	
langan jännitysvoima	$\boldsymbol{T}_A$	$\boldsymbol{T}_B$
alustan kitka	$\boldsymbol{F}_A$	$\boldsymbol{F}_B$
paino	$\boldsymbol{G}_A = m_A\boldsymbol{g}$	$\boldsymbol{G}_B = m_B\boldsymbol{g}$
alustan tukivoima	$\boldsymbol{N}_A$	$\boldsymbol{N}_B$



Köyden jännitysvoima T merkitsee, että köyden jokaisen osan ja koko köyden päihin vaikuttaa kaksi yhtä suurta vastakkaissuuntaista voimaa $\boldsymbol{T}$ ja $-\boldsymbol{T}$. Tämä pätee myös kiihtyvässä liikkeessä, kun köysi on niin kevyt, ettei sen omalla massalla ole merkitystä. Siten köysi kappaleisiin yhtä suurilla vastakkaissuuntaisilla voimilla $\boldsymbol{T}_A = -\boldsymbol{T}$ ja $\boldsymbol{T}_B = \boldsymbol{T}$, jotka ovat langan päihin vaikuttavien, lankaa jännittävien kosketusvoimien vastavoimat. Tämä ajatus voidaan oikaista ajattelemalla, että lanka välittää kappaleiden välisen vuorovaikutuksen, jolloin relaatio $\boldsymbol{T}_B = -\boldsymbol{T}_A = \boldsymbol{T}$ seuraa suoraan voiman ja vastavoiman laista (Newton III). Jännitysvoima ei voi olla negatiivinen, $T \geq 0$.

Kitkalle käytetään yksinkertaista kitkakerroinmallia. Kappaleiden liikkuessa niitä jarruttavat sen mukaan liukukitkavoimat $F_A = \mu N_A$ ja $F_B = \mu N_B$. Kun kappaleet ovat levossa, kitka on lepokitkaa, joka pitää kappaleet paikoillaan. Kitkavoimia rajoittavat niiden itseisarvojen ylärajat, mallin mukaan, $|F_A| \leq \mu_0 N_A$ ja $|F_B| \leq \mu_0 N_B$.

Liike: Dynamiikan peruslaista $m\boldsymbol{a} = \boldsymbol{F}$ (Newton II) saadaan kappaleiden liikeyhtälöt: .

$$\text{A:}\quad m_A\boldsymbol{a}_A = \boldsymbol{F} + \boldsymbol{T}_A + \boldsymbol{F}_A + \boldsymbol{G}_A + \boldsymbol{N}_A$$

$$\text{B:}\quad m_B\boldsymbol{a}_B = \boldsymbol{T}_B + \boldsymbol{F}_B + \boldsymbol{G}_B + \boldsymbol{N}_N$$

Kuvan xy-koordinaatistossa voimilla on komponenttiesitykset

$$\boldsymbol{F} = (F, 0),\ \boldsymbol{T}_A = (-T, 0),\ \boldsymbol{F}_A = (-F_A, 0),\ \boldsymbol{G}_A = (0, -m_A g),\ \boldsymbol{N}_A = (0, N_A),$$

$$\boldsymbol{T}_B = (T, 0),\ \boldsymbol{F}_B = (-F_B, 0),\ \boldsymbol{G}_B = (0, -m_B g),\ \boldsymbol{N}_B = (0, N_B).$$

Komponenteissa käytetyt tunnukset edustavat ei-negatiivisia skalaariarvoja, jolloin etumerkit ilmaisevat komponenttien suunnan. (Tämä koskee myös kitkavoimia, koska tilanteen perusteella liike vasemmalle on suljettu pois. Ks. kuitenkin huomautusta lopussa.)

Jos kappaleet liikkuvat, ne liikkuvat yhdessä x-akselin suuntaisesti, joten $\boldsymbol{a}_B = \boldsymbol{a}_A = \boldsymbol{a} = (a, 0)$.

Liikeyhtälöiden komponentit ovat siten

$$x: \quad m_A a = F - T - F_A, \qquad m_B a = T - F_B$$

$$y: \quad 0 = N_A - m_A g, \qquad 0 = N_B - m_B g$$

Pysty- eli y-komponenteista voidaan ratkaista tukivoimat:

$$N_A = m_A g = (2{,}0\ \text{kg})\cdot(9{,}8\ \text{m/s}^2) = \underline{19{,}6\ \text{N}}$$

$$N_B = m_B g = (3{,}0\ \text{kg})\cdot(9{,}8\ \text{m/s}^2) = \underline{29{,}4\ \text{N}},$$

jotka eivät riipu kappaleiden liikkeestä.

Jos kappaleet pysyvät paikoillaan, on $a = 0$ ja kitkavoimilla on ylärajat:

$$F_A \le \mu_0 N_A = \mu_0 m_A g = 0{,}30\cdot 19{,}6\ \text{N} = \underline{5{,}9\ \text{N}} \quad \text{ja}$$

$$F_B \le \mu_0 N_B = \mu_0 m_B g = 0{,}30\cdot 29{,}4\ \text{N} = \underline{8{,}8\ \text{N}}.$$

Liikeyhtälöiden x-komponenteista seuraa tällä perusteella muita voimia rajoittavat ehdot kappaleiden pysymiselle levossa

$$T = F_B \le \underline{8{,}8\ \text{N}} \quad \text{ja}$$

$$F = F_A + T = F_A + F_B \le \mu_0(m_A + m_B)g = (5{,}9 + 8{,}8)\ \text{N} = \underline{14{,}7\ \text{N}},$$

Rajatapauksessa kaikki yhtäläisyysmerkit pätevät yhtaikaa.

Jos vetovoima F ylittää tämän ylärajan, $F > \underline{14{,}7\ \text{N}}$, kappaleet lähtevät yhdessä liikkeelle.

Kappaleiden liikkuessa kitkavoimat tunnetaan,

$$F_A = \mu N_A = \mu m_A g = 0{,}25\cdot 19{,}6\ \text{N} = \underline{4{,}9\ \text{N}}$$

$$F_B = \mu_0 N_B = \mu m_B g = 0{,}25\cdot 29{,}4\ \text{N} = \underline{7{,}4\ \text{N}},$$

ja liikeyhtälöiden x-komponentit saadaan muotoon

$$m_A a = F - T - \mu m_A g, \qquad m_B a = T - \mu m_B g.$$

laskemalla nämä puolittain yhteen saadaan koko systeemin liikeyhtälön x-komponentti

$$(m_A + m_B)a = F - \mu(m_A + m_B).$$

Tämä olisi voitu kirjoittaa myös suoraan, koska vain ulkoiset voimat, tässä tapauksessa vetovoima F ja kokonaiskitkavoima $\mu(m_A+m_B) = \underline{(4{,}9 + 7{,}4) = 12{,}3\ \text{N}}$, vaikuttavat koko systeemin liikkeeseen. Sen mukaan on $a > 0$, kun $F > 12{,}3$ N, $a = 0$, kun $F = 12{,}3$ N ja $a < 0$, kun $F < 12{,}3$ N, eli systeemin liike on kiihtyvää, tasaista tai hidastuvaa sen mukaan, onko vetovoima suurempi, yhtä suuri vai pienempi kuin kokonaiskitkavoima.

Kappaleiden liikeyhtälöiden x-komponenteista nähdään jännitysvoimaa rajoittavan ehdon $T \ge 0$ merkitys. Niistä saadaan

$$T = m_B(a + \mu g) \ge 0 \;\Rightarrow\; a \ge -\mu g \approx -0{,}25\cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2 \approx \underline{-2{,}5\ \text{m/s}^2}$$

$$T = F - m_A(a + \mu g) \ge 0 \;\Rightarrow\; F \ge m_A(a + \mu g) \ge 0.$$

Näin ollen liikkeen hidastuvuus ei voi olla suurempi kuin 2,5 m/ s^2. Muuten köysi löystyy. Tämä suurin hidastuvuus toteutuu, kun $F = 0$, eli systeemiä lakataan vetämästä. (Tulos on tietenkin ilmeinen. On kuitenkin hyvä nähdä, miten se seuraa liikeyhtälöistä.)

Huomautus: Kappaleiden liikeyhtälöiden x-komponenttien avulla voidaan myös tarkastella sen itsestään selvältä tuntuneen oletuksen oikeutusta, että tilanteessa vain liike oikealle on mahdollinen. Jos systeemi onkin liikkeessä vasemmalle, kitkavoimat vaihtavat etumerkkiä ja jännitysvoiman ei-negatiivisuudesta seuraavat ehdot on kirjoitettava muotoon

$$T = m_B(a - \mu g) \geq 0 \;\; => \;\; a \geq \mu g \approx 0{,}25 \cdot 9{,}81 \text{ m/s}^2 \approx \underline{2{,}5 \text{ m/s}^2}$$
$$T = F - m_A(a - \mu g) \geq 0 \;\; => \;\; F \geq m_A(a - \mu g) \geq 0.$$

Tehtävän tilanteen mukainen liike, jossa kappaleet liikkuvat yhdessä jännittyneen köyden kytkeminä, on mahdollinen myös vasempaan. Liike on silloin tietysti hidastuvaa ($v < 0$, $a > 0$), ja sen hidastuvuuden, joka nyt on sama kuin kiihtyvyys, on oltava riittävän suuri, $a \geq 2{,}5$ m/s^2. Tällainen tilanne voidaan tietenkin toteuttaa vain sten, että systeemi ensin saatetaan vasemmalle suuntautuvaan liikkeeseen vetämällä kappaletta B ja sitä sitten aletaan jarruttaa kappaleeseen A vaikuttavalla voimalla F. Alarajaksi riittää $F = 0$ eli, että kappaleet jätetään pelkän kitkan hidastettaviksi.

Tämän tapauksen tarkastelua ei arvostelussa edellytetty, kuten ei kiihtyvyyden alarajan määrittämistäkään.

Tehtävä 6. a) Jos systeemiin vaikuttavien ulkoisten voimien summa on nolla, on sen liikemäärä säilyy eli $\sum_{i=1}^{N} m_i \boldsymbol{v_i}$ = vakio, missä m_i ja $\boldsymbol{vi}$ ovat systeemin i:nnen hiukkasen massa ja nopeus.

b) *Kiinteän aineen* rakenneosaset (atomit tai molekyylit) ovat järjestäytyneet säännölliseksi kiderakenteeksi. jota pitävät koossa osasten väliset sidosvoimat.

Lämpötilan noustessa yli aineelle ominaisen sulamispisteen osasten kasvava lämpöliike murtaa kiteisen rakenteen ja osaset pääsevät liikkumaan toistensa lomitse, aine on tällöin *nestettä*.

Kaasumainen olomuoto syntyy lämpötilan ylittäessä kiehumispisteen. jolloin osaset joutuvat niin kauas toisistaan, että törmäyksiä lukuun ottamatta niiden väliset voima vaikutukset ovat vähäisiä.

Makroskooppiselta kannalta katsottuna perusominaisuuksiksi voidaan todeta esim. seuraavat:

Kiinteässä aineessa sisäiset vuorovaikutukset vastustavat osasten kaikkia liikkeitä toistensa suhteen. => Kiinteä kappale pyrkii säilyttämään muotonsa.

Nesteessä sisäiset vuorovaikutukset vastustavat sekä aineen puristusta että sen laajenemista mutta eivät osasten liikettä toistensa ohi. => Neste pyrkii säilyttämään tilavuutensa mutta virtaa, ja paine leviää siinä.

Kaasun sisäiset vuorovaikutukset vastustavat vain puristumista => kaasu pyrkii laajenemaan.

(Vastaukselta edellytettiin keskeisiä asioita jommaltakummalta näkökannalta).

c) Interferenssi on kahden tai useamman aallon yhdistyminen. Samantaajuisten aaltojen interferenssissä aallot vahvistavat toisiaan alueissa, joissa niiden aiheuttamat värähtelyt ovat (lähes) samassa vaiheessa, ja heikentävät toisiaan, kun värähtelyt ovat (likimäärin) vastakkaisissa vaiheissa. Täten interferenssi merkitsee aaltojen energian uudelleen jakautumista.

d) Luonnon kaikilla perusosasilla (sähkömagneettinen säteily, elektronit, protonit, jne) on sekä hiukkasmallin että aaltomallin avulla selittyviä ominaisuuksia. Samoja perusosasia kuvaavien aaltojen ja hiukkasten välillä on voimassa de Broglien relaatiot $p = h/\lambda$ ja $E = hf$, missä p ja E ovat hiukkasten liikemäärä ja energia, λ ja f aaltojen aallonpituus ja taajuus ja h Planckin vakio, joka on yleinen luonnonvakio.

e) Vaihtovirtapiirissä olevaan käämiin indusoituu sähkömotorinen voima, joka on verrannollinen virran muuttumisnopeuteen ($E = -L\mathrm{d}I/\mathrm{d}t$). Verrannollisuuskerrointa L, joka riippuu käämin muodosta ja kierrosten lukumäärästä sanotaan käämin induktanssiksi.

f) Radioaktiivisessa näytteessä tapahtuvien ydinhajoamisten hajoamisnopeus on verrannollinen hajoavien ydinten lukumäärään. eli näytteen aktiivisten ydinten lukumäärän N muuttumisnopeus on $\mathrm{d}N/\mathrm{d}t = -\lambda N$. Verrannollisuuskerrointa λ sanotaan hajoamisvakioksi. Se on kullekin aktiiviselle ydinlajille ominainen vakio. Tästä seuraa, että ydinten lukumäärä noudattaa anan t funktiona eksponentiaalista hajoamislakia $N = N_0 e^{-\lambda t}$, missä N_0 on niiden lukumäärä alkuhetkellä $t = 0$.

Tulokset ja arvostelu

Helsingin yliopistoon pääsee varsin helposti opiskelemaan matematiikkaa, fysiikkaa tai kemiaa. Päällekkäishaku aiheuttaa sen, että hyväksytyistä vain n. 35 % aloittaa opiskelun. Suurin osa pyrkijöistä on hyväksyttävä, jotta osaston opiskelijakiintiö saataisiin täytetyksi (ks. taulukko 1).

Pyrkijöiden määrä oli v. 1981 huomattavasti pienempi kuin v. 1980. Hyväksymisprosentti muodostui vastaavasti suuremmaksi ja valintarajat alenivat.

Taulukko 1

vuosi	1977	1978	1979	1980	1981
pyrkijät	2098	2451	2447	2532	1978
hyväksytyt	1672	1603	1628	1573	1581
% pyrkijöistä	79,7	65,4	66,5	62,1	79,9
opiskelun aloittaneet	605	556	572	464	553*
% hyväksytyistä	36,2	34,7	35,1	29,5	35,0
Opiskelijakiintiöt:					
matematiikka	200	200	200	185	185
fysiikka	145	145	145	135	135
kemia	185	185	185	170	170
tietojenkäsittelyoppi	70	70	70	60	60
Valintarajat/280					
matematiikka			216	228	192
fysiikka			216	252	224
kemia			216	236	216
tietojenkäsittelyoppi			256	276	276

* 17.9.1981 mennessä

Fysiikan valintakokeeseen osallistui 589 pyrkijää, mikä on 144 vähemmän kuin edellisenä vuonna. Keskiarvo oli 14,6/36 eli selvästi vuoden 1980 keskiarvoa (18,4/36) alhaisempi. Suurimpana syynä tähän olivat erityisen heikosti selvitetyt tehtävät 2 ja 3, joihin liittyvä aihepiiri jää koulu opetuksessa ilmeisen vähälle huomiolle. Vaikeitahan nämä tehtävät eivät olleet, pikemminkin päinvastoin.

Oheisessa taulukossa 2 on esitetty tehtävien pistejakautumat prosentteina. Viimeinen sarake ilmaisee vaikeusasteen, joka on tehtävän pistemäärien keskiarvo/maksimipistemäärä.

Taulukko 2

	pisteet							
tehtävä	0	1	2	3	4	5	6	v.a.
1	30,1	9,0	6,6	14,5	9,6	1,2	29,0	0,47
2	53,0	16,3	7,8	6,0	1,8	9,0	6,1	0,23
3	43,4	15,7	16,3	9,0	4,8	2,4	8,4	0,26
4	15,7	6,6	6,6	11,4	20,5	12,0	27,2	0,60
5	18,1	7,8	12,0	29,5	16,9	10,8	4,9	0,45

6	11,4	12,0	26,5	21,0	19,9	8,4	0,8	0,50

(Arvostelupisteet muunnettiin valintakokeen ainepisteiksi kaikissa kolmessa kokeessa (fysiikka, kemia, matematiikka) siten, että keskiarvoksi saatiin (6,0 ± 0,1)/10)

Ensimmäisessä tehtävässä metallin lämpölaajeneminen hallittiin kohtuullisen hyvin (täysiä nollia kuitenkin 30 %), yllättävän moni jätti kuitenkin messingin pitenemisen kokonaan huomiotta laskien langan jännityksen pelkästään teräksen pitenemisen avulla. Hooken laki oli usealle tuntematon, erilaisia kombinaatioita tehtävään liittyvistä suureista yritettiin ja saadun tuloksen perään kirjoitettiin N(ewton) ilman suurempia murheita. Muunnokset $\mathrm{mm}^2 \rightarrow \mathrm{m}^2$ olivat joillekin ylivoimaisia.

Toisen, periaatteessa helpon, tehtävän nollajoukko (53 %) tyrmistytti tehtävien laatijat. Sähkö- ja magneettikenttien suunnat ja varauksiin kohdistuvat voimavaikutukset näissä kentissä näyttivät tuottavan ylipääsemättömiä vaikeuksia. Nekin harvat, jotka nämä perustiedot vielä tunsivat, sortuivat pitämään elektronia positiivisena varauksena. Puutteellisiin tietoihin liittyi tavallisesti vähintään yhtä puutteellinen ja epäselvä kuva. Graafisessa esitystaidossa yleensäkin on paljon parantamisen varaa. Kuvanhan pitäisi täydentää ja tukea tekstiä, monissa papereissa asia oli valitettavasti päinvastoin: Kuva ja teksti olivat ristiriidassa keskenään.

Liikkeellelähtö tuotti vaikeuksia myös tehtävässä 3. Lukuisille vastaajille ainoa mielikuva sinimuotoisesta aaltoliikkeestä näytti olevan harmonisen värähtelyn tulkinta ympyräliikkeen projektiona. Vaikka alkuehto $y = A$ kun $t = 0$ oli selvästi annettu, $\sin\omega t$ -tyyppinen ratkaisu oli verraten yleinen. Hiukkasen liikettä pystysuunnassa käsiteltiin myös tasaisena liikkeenä (nopeutena aallon etenemisnopeus), tasaisesti kiihtyvänä liikkeenä ($v_y = At$, A = amplitudi!) ja harmonisena liikkeenä $mv^2/2 + kx^2/2 = kA^2/2$, v =aallon nopeus(!) ja $k = m\omega^2$).

Neljännen tehtävän tulos oli selvästi paras. Useimmin esiintyneet virheet olivat väärä muunnos eV → J ja hyötysuhteen väärä tulkinta: $NW = \eta P\Delta t$, jonka mukaan uraanista saatu energia olisi 30 % ydinvoimalan tuotosta! Tulokseksi saadut vuorokautisen uraaninkulutuksen massat vaihtelivat välillä 10^{-20} kg – 10^{45} kg, joista jälkimmäinen merkitsisi $2\cdot 10^{15}$ maapallon suuruisen massan ($6\cdot 10^{24}$ kg) kulumista joka sekunti.

Mekaniikan perusasioihin liittyvän viidennen tehtävän ratkaisuista kävi ilmi huolimaton esimerkin lukeminen. Kappaleisiin vaikuttavista voimista puuttuivat useimmiten alustan tukivoimat ja köyden kappaleisiin kohdistamat voimat. Hyvin yleinen vastaus oli sellainen, jossa rajoituttiin vain . tapauksiin $F = \mu_0(m_A+m_B)g$ ja $F = \mu(m_A+m_B)g$. Väärinkäsitys $\mu_{0A} = \mu_A = 0{,}30$ ja $\mu_{0b} = \mu_B = 0{,}25$ esiintyi monissa papereissa. Voihan tehtävän näinkin tulkiten tietysti käsitellä, mutta näin erehtyneet sortuivat poikkeuksetta myös virheellisyyksiin tehtävän jatkokäsittelyssä.

Kuudennen tehtävän pistejakautuma oli verraten tasainen, täydet pisteet saaneiden joukko muodosti poikkeuksen. Vuoteen 1980 verrattuna tämän yleiskysymyksen kokonaistulos oli parempi (1981 v.a. = 0,50, 1980 v.a. = 0,40). *Liikemäärän säilymislain* rajoitukset jäivät enemmistöltä huomiotta, ja laki esitettiin monasti turhan yksinkertaistetussa muodossa $m_1v_1 + m_2v_2 = m_1u_1 + m_2u_2$. Newton II:n seuraus "jos $a = 0$, on v = vakio" esiintyi myös vastauksena. Aineen *olomuotojen* kuvailu tuotti odotetusti kirjavia vastauksia, joista olennaisten seikkojen löytäminen oli joskus vaikeaa. Tiheyden pieneneminen järjestyksessä kiinteä aine – neste kaasu ei pidä paikkaansa edes samaa ainetta (esim. vesi) tarkasteltaessa saati sitten yleisesti. *Interferenssi* liitettiin tavallisesti erikoistapauksiin, joko täysin samassa tai täysin eri vaiheissa oleviin aaltoihin. Useimmat tiesivät kuitenkin, mistä on kysymys. *Aalto-hiukkasdualismista* unohtui valtaosalta toinen osapuoli, aallot tai hiukkaset. Suure *"induktanssi"* sotkeutui helposti ilmiöön "induktio", kondensaattori oli usein se komponentti, jossa ko. ilmiö tapahtui. *Hajoamisvakio* liitettiin lähes poikkeuksetta oikeaan ilmiöön (muutama vastaaja hajotti valoa spektriksi tai fotoneiksi), mutta tarkempi määrittely jäi usein antamatta.

Vuoden 1982 valinnat:

Valintojen perusteet ovat pysyneet olennaisesti samoina vuodesta 1974 alkaen (ks. MAA 38 (1974) 25–7). Kullekin hakijalle annetaan ainepisteet a ylioppilaskirjoitusten ja/tai valintakokeen perusteella ja yleispisteet y ylioppilaskirjoitusten perusteella. Valituksi voi tulla joko pelkkien ainepisteiden tai summan a + y perusteella.

Vuoden 1982 valinnoissa lasketaan pisteet seuraavasti:

1) Ainepisteet a:

Valintakokeiden kustakin kokeesta voi saada enintään 10 pistettä. Jos hakija on osallistunut kaikkiin kolmeen kokeeseen, jätetään alin pistemäärä huomioon ottamatta. Ainepisteiden summa on siis enintään 20 pistettä.

Matematiikan valintakokeen voi korvata ylioppilastutkinnon matematiikan kokeella. Arvosanasta laudatur annetaan 10 pistettä, arvosanasta magna cum laude approbatur 8, arvosanasta cum laude approbatur 6, arvosanasta lubenter approbatur 4 ja arvosanasta approbatur 2 pistettä. Jos hakija osallistuu myös matematiikan valintakokeeseen, parempi pistemäärä otetaan huomioon.

Vastaavasti fysiikan ja kemian valintakokeen voi korvata vuonna 1973 tai sen jälkeen suoritetun ylioppilastutkinnon reaalikokeen fysiikan ja kemian tehtävien vastauksilla. Näiden tehtävien vastauksista saatu pistemäärä jaetaan kahdella ja tuloksesta vähennetään käsiteltyjen tehtävien lukumäärä. Täten annetaan kuitenkin enintään 10 pistettä. Tämä korvaava pistemäärä voidaan kuitenkin lukea ainepisteisiin vain yhdessä matematiikan ainepisteiden kanssa.

2) Yleispisteet y:

Ylioppilastutkinnossa saavutetuista pakollisten kokeiden ja parhaan ylimääräisen kokeen arvosanoista annetaan pisteitä siten, että arvosanasta laudatur annetaan 3 pistettä, arvosanasta magna cum laude approbatur 2,5 pistettä, arvosanasta cum laude approbatur 2 pistettä, arvosanasta lubenter approbatur 1,5 pistettä ja arvosanasta approbatur 1 piste.

Ainepisteiden laskutapa on pysynyt samana vuodesta 1974 alkaen. Yleispisteiden laskutapaa on vuotta 1982 varten muutettu siten, ettei useita ylimääräisiä kokeita kirjoittamalla enää voi lähes automaattisesti koota maksimipisteitä. Vuonna 1979 luovuttiin erillisestä ainepistein valittavien kiintiöstä, joka johti "kahden jonon järjestelmään". Nyt hakijan vertausluvuksi asetetaan suurempi luvuista 8(y + a) ja 14a ja opiskeluoikeus myönnetään vertauslukujen osoittamassa järjestyksessä.