

# Fysiikan valintakoe Helsingin yliopistossa v.1987

*Sisko Eskola, Björn Fant,  
Kaarle Kurki-Suonio ja Riitta Kurki-Suonio*  
Helsingin yliopiston fysiikan laitos

Matemaattisten aineiden koulutusohjelmiin pyrki v. 1987 kaikkiaan 2088 opiskelijaa, heistä 413 ensisijaisesti fysiikkaan. Vastaavat luvut vuosina 1982, 1983, 1984, 1985 ja 1986 olivat 379/2006, 278/1760, 286/2065, 320/2112 ja 358/2121. Fysiikan suosio näyttää siis kasvavan tasaisesti vuoden 1983 minimin jälkeen.

Fysiikan valintakokeeseen osallistui 370 pyrkijää. Valintojen pisterajat olivat (suluissa viime vuoden rajat): fysiikassa 192/280 (200), kemiassa 176 (200), matematiikassa 176 (200) ja tietojenkäsittelyopissa 245 (264). Hakijoista hyväksyttiin kaikkiaan 1624, joista 359 sai opinto-oikeuden fysikaalisten tieteiden koulutusohjelmassa.

Kokeen keskiarvo oli 17,2/36, kun se aikaisempina vuosina on ollut 12,5 (1982), 12,9 (1983), 12,3 (1984), 15,2 (1985) ja 12,7 (1986), ja arvosanat noudattivat hyvin normaalijakauman muotoa.

Fysiikan luonnetta reaaliaineena korostettiin nyt enemmän kuin aikaisemmin. Tehtävistä puolet oli nk. esseetyyppejä. Muistakin tehtävistä suoriutui varsin vähäisellä laskutaidolla, yksi niistä oli käsiteltävä kokonaan ja yksi osittain graafisesti. Erityistä huomiota kiinnitettiin nytkin peruskäsitteiden ja -lakien osaamiseen ja sovellustaitoon.

Vastoin odotuksia juuri esseekysymykset (2, 3, 6) muodostuivat kompastuskiviksi. Niiden keskiarvot ovat selvästi huonommat, vaikka hyvinkin vähäiset tiedot palkittiin pisteillä. Kuten tehtävien pistejakaumatkin (ks. taulukko) osoittavat, verraten monet jättivät kokonaan vastaamatta joihinkin niistä. Niitä ei selvästikään ollut odotettu. Vaikka esseekysymyksiin annettiin muutama oikein hyvä vastaus, päävaikutelmaksi jää tottumattomuus fysikaalisesta aiheesta kirjoittamiseen ja epätietoisuus tai epävarmuus siitä, mitkä seikat ovat olennaisia. Kun kolmen muun tehtävän käsittelykin enimmäkseen keskittyi paljaaksi riisuttuun laskentaan viittaamatta tehtävien fysikaalisiin perusteisiin, näyttää siltä, että fysiikan opetus yhäkin korostaa laskemista luonnontieteen kustannuksella.

Kokeen kohtalaisen hyvä tulos oli mahdollinen vain siten, että - raskain sydämin - taas kerran fysikaalisuuden puutteita katsottiin sormien läpi ja pisteitä annettiin hyväuskoisesti pelkistä kaavoistakin.

## TAULUKKO. Tehtävien prosenttiset arvosanjakaumat ja keskiarvot.

| No/p | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | <p>  |
|------|----|----|----|----|----|----|----|------|
| 1    | 8  | 2  | 7  | 15 | 25 | 13 | 29 | 4,02 |
| 2    | 21 | 15 | 20 | 24 | 11 | 6  | 3  | 2,19 |
| 3    | 45 | 9  | 10 | 15 | 11 | 5  | 5  | 1,70 |
| 4    | 24 | 7  | 11 | 8  | 10 | 8  | 32 | 3,21 |
| 5    | 11 | 9  | 11 | 4  | 4  | 9  | 51 | 4,10 |
| 6    | 42 | 9  | 8  | 12 | 13 | 9  | 7  | 2,00 |

## Tehtävät

1. Auto tulee suoran alkuun nopeudella 8 m/s. Kolmen sekunnin kuluttua kuljettaja alkaa kiihdyttää autoa kiihtyvyydellä  $2 \text{ m/s}^2$ . Kiihdytettyään neljä sekuntia kuljettaja huomaa tietä ylittävän sorsapoikueen ja alkaa jarruttaa. Auton hidastuvuus jarrutettaessa on  $6 \text{ m/s}^2$ . Esitä **graafisesti** akselistossa, jossa yksi ruudunleveys vastaa aikaväliä 1 s, nopeusväliä 2 m/s ja kiihtyvyydellä 1  $\text{m/s}^2$  a) auton kiihtyvyys ajan funktiona ja b) auton nopeus ajan funktiona. c) Määritä **kuvaajien perusteella** jarrutuksen kesto-aika ja matka, jonka auto ehtii kulkea suoralla kaikkiaan.

2. Hiukkasten (tai kappaleiden) väliset vuorovaikutukset. Miten vuorovaikutukset selitetään?
3. Mitä on beetahajoaminen? Miten se selitetään ja mihin kokeellisiin havaintoihin ja tietoihin selitys perustuu?
4. Kuperan linssin polttoväli on 30 mm. Mihin 12 mm korkea esine on sijoitettava, jotta siitä syntyisi a) valekuva, jonka korkeus on 24 mm, b) todellinen kuva, jonka korkeus on 18 mm? Piirrä esineen ja kuvien paikat sekä säteiden kulku tehtäväpaperille mittakaavassa 1:1. Merkitse myös polttopisteet näkyviin.
5. Auton akun lähdejännite on 12 V ja lataus 80 Ah. Puolukkaretkellä pysäköidyn auton valot unohtuvat palamaan. Kuinka kauan poimijat voivat viipyä retkellään ilman, että joutuvat työntämään autoa? Akkua kuormittavat lähivalot (2 kpl à 12 V, 55 W), seisontavalot (2 kpl à 12 V, 4 W), perävalot (2 kpl à 12 V, 21 W), rekisterikilven valo (12 V, 10 W) sekä mittarivalot (12 V, yhteensä 3 W).
6. Sähkömagneettisen induktion sovellukset energian tuotannossa.

## Tehtävien käsittely ja arvostelu

**Tehtävä 1.** Tehtävä on tyypillinen kinematiikan perusteella, jossa tunnetun kiihtyvyyden perusteella on määritettävä nopeus ja edelleen kuljettu matka.

Liikkeessä on kolme vaihetta: (1) tasainen, (2) tasaisesti kiihtyvä, (3) tasaisesti hidastuva liike, jonka jälkeen auto tietenkin (4) jää paikalleen. Kiihtyvyyden kuvaaja koostuu siten neljästä  $t$ -akselin suuntaisesta osasta, joista vain kolmannen vaiheen päättymishetkeä ei ole annettu, katso kuva 1.

Myös nopeuden kuvaaja muodostuu suorista osista. Kiihtyvyydet määräävät osien kulmakertoimet. Kuvaaja voidaan tällä perusteella suoraan piirtää  $(t, v)$ -koordinaatistoon alkamalla tunnetusta alunopeudesta. Kohta, jossa nopeuden kuvaaja kohtaa  $t$ -akselin, ilmaisee nyt auton pysähtymishetken. Siitä alkaen sekä kiihtyvyys että nopeus ovat nollia.

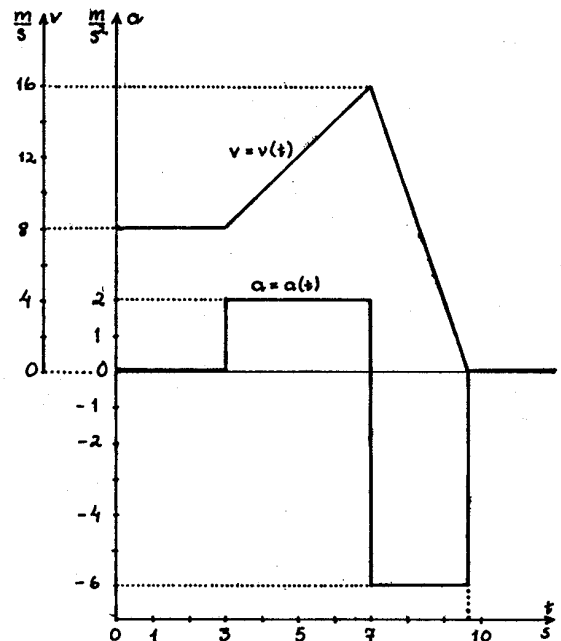
Kuvat piirretään allekkain tai samaan koordinaatistoon. Tehtävässä on annettu koordinaattiakselien yksiköt. Nopeuden kuvaajasta nähdään jarrutuksen kesto aika, noin 2,7 s.

Auton suoralla kulkema matka on nopeuden kuvaajan ja koordinaattiakselien rajoittama fysikaalinen pinta-ala eli 93,3 m. Se voidaan määrittää joko laskemalla ruudut ja kertomalla ruutujen lukumäärä yhden ruudun fysikaalisella pinta-alalla, tai jakamalla pinta-ala suorakaiteen ja kolmion muotoisiin osiin ja laskemalla osien pinta-alat yhteen.

Läheskään kaikki pyrkijät eivät olleet koulussa riittävästi harjaantuneet käyttämään graafista esitystä. Kuvaajien piirtämisessä tapahtui monenlaisia kömmähdyksiä. Monelle oli ongelmallisinta kiihtyvyyden kuvaaminen kolmen ensimmäisen sekunnin aikana.

Graafisen kuvaajan tulkitseminen on vaikeampaa kuin sen piirtäminen. Sen vuoksi monet turvautuivat algebran ja laskivat vastaukset c-kohdan kysymyksiin yrittämättäkään ajatella, miten ne saadaan kuvaajista. Laskemisesta sakotettiin, koska vastaukset oli pyydetty määrittämään kuvaajien perusteella.

Hyvin yleinen, lähes kaikilla esiintyvä virhe oli jarrutusvaihetta kuvaavien suorien jatkaminen pysähtymishetken ohi. Tämä osoittaa, ettei ole ajateltu esitettävää tilannetta, vaan on toimittu mekaanisesti.



**Tehtävä 2.** Pyrkijöiden edellytettiin tuntevan neljä perusvuorovaikutusta, gravitaatio, sähkömagneettinen, heikko ja vahva vuorovaikutus, sekä vuorovaikutusten kaksi selitysmekanismia, kenttä ja kantajahiukkaset. Täysin pistein palkittiin vastaukset, joissa kukin niistä oli riittävästi luonnehdittu esittämällä, millaisten hiukkasten tai kappaleiden välillä se vaikuttaa, millainen kantama sillä on, millaisia prosesseja se aiheuttaa, miten voimakas se on muihin vuorovaikutuksiin verrattuna, ja millaisia ovat ainakin tärkeimmät kantajahiukkaset, gravitoni, fotoni, W-bosoni ja gluoni.

Useissa vastauksissa nämä vuorovaikutukset oli luonnehdittu varsin hyvin. Tutuin oli selvästi gravitaatio. Se osattiin ehkä tavallistakin paremmin näin Isaac Newtonin pääteoksen, Principian, juhluvuoden kunniaksi. Vuorovaikutusten selittäminen sen sijaan oli monelle tuntematon asia. Pelkästä vuorovaikutusten luettelosta hyvitetiin 1 piste. Joillekin vastaajille tehtävä toi mieleen ainoastaan voiman ja vastavoiman lain, joka on klassisen mekaniikan yleinen vuorovaikutuksia koskeva laki.

Hyvältä vastaukselta olisi lukion oppimäärän perusteella voinut odottaa vähän laajempaa ja yleisempää näkemyksellistä otetta. Olisi voitu käsitellä erikseen makroskooppista ja atomaarista näkökulmaa, jolloin makrotasolla olisi ollut erotettava etäis- ja kosketusvuorovaikutukset. Vuorovaikutusta olisi voitu tarkastella sekä yleisesti että lajeiksi luokitellen, kiinnittäen huomiota siihen, mitä vuorovaikutus ja vuorovaikutuksen eri lajit merkitsevät ilmiöinä, miten niitä tutkitaan, millä suureilla niitä voidaan kuvata, mitä lakeja ne noudattavat ja miten fysiikan kehitys on muokannut teoreettisia käsityksiä niistä. Olisi sopinut käsitellä myös niiden merkitystä luonnossa ja sovelluksissa, erityisesti eriasteisia aineellisia systeemejä koossapitävinä ja niiden dynamiikkaa hallitsevina voimina sekä energian lähteinä luonnossa ja tekniikassa.

Pyrkimystä tällaiseen otteeseen oli kuitenkin nähtävissä tuskin lainkaan.

**Tehtävä 3.** Pyrkijöiden odotettiin tuntevan  $\beta^-$ - ja  $\beta^+$ -hajoaminen, niiden mahdollinen esiintyminen luonnossa sekä niiden selitykset ydinten hajoamisreaktioina, joissa nuklidin järjestysluku muuttuu, ja heikon vuorovaikutuksen aiheuttamina hiukkasreaktioina, joissa syntyy tai joihin osallistuu neutriino tai antineutriino. Beetaaktiivisuutta ja nuklidien muuttumista koskevien perushavaintojen lisäksi piti tuntea myös, ainakin tärkein "neutriinohypoteesin" kokeellinen peruste, beetasäteilyn jatkuva energiajakauma.

Aiheen käsittelyn taso ja laajuus on hyvin erilainen eri oppikirjoissa. Sen tähden hyvinkin suppeita ja vain perusedelajiin keskittyviä vastauksia pidettiin täyden veroisina. Hämmästyttävän monet jättivät kuitenkin kokonaan vastaamatta tähän tehtävään. Lisäksi annetuissa vastauksissa esiintyi runsaasti vääriä käsityksiä aivan ensimmäisistä ydinfysiikan peruskäsitteistä. Esimerkiksi sekoitettiin keskenään nuklidin massa- ja järjestysluku, beeta- ja alfahajoaminen tai  $\beta^+$ - ja  $\beta^-$ -hajoaminen. Neutriinon ja antineutriinon unohtaminen oli myös yleistä. Toisaalta tehtävään annettiin myös jokunen ilahduttavan hyvä vastaus, jonka oppikirjoja täydentävä esitys osoitti aitoa fysiikan harrastusta.

**Tehtävä 4.** Tämä on geometrisen optiikan perustehtävä. Siinä on tunnettava kuvan muodostumista ohuessa linssissä esittävät peruslait:

(1) Gaussin kuvausyhtälö  $a^{-1} + b^{-1} = f^{-1}$  ja

(2) viivasuurennuksen laki  $k = |b| : |a|$ ,

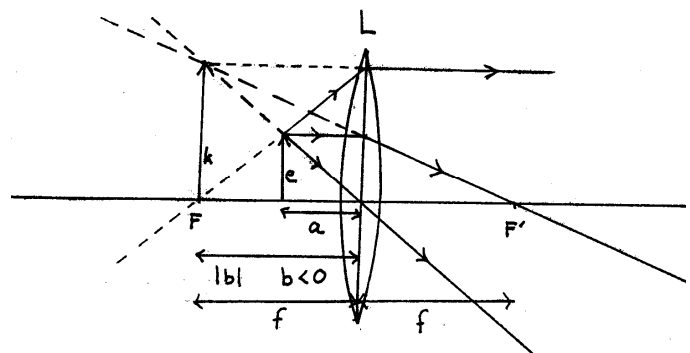
joissa  $a$  ja  $b$  ovat esineen ja kuvan etäisyydet linssistä,  $k$  ja  $e$  kuvan ja esineen korkeudet ja  $f$  linssin polttoväli. Lisäksi on ymmärrettävä, että valekuvan etäisyys on negatiivinen. Piirtämisosassa on tunnettava pääakselin suuntaisen, linssin keskipisteen kautta kulkevan ja polttopisteen kautta kulkevan säteen kulku.

a) Viivasuurennuksen lain perusteella on

$$|b| = \frac{k}{e}|a| = \frac{24 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} \cdot |a| = 2|a|.$$

Koska esine on todellinen ja kuva valekuva, on tässä  $a > 0$  ja  $b < 0$ . Tällöin on siis  $b = -2a$ . Sijoittamalla tämä tulos sekä tunnettu polttoväli kuvausyhtälöön saadaan

$$\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} = \frac{1}{30 \text{ mm}},$$



,josta  $a = 15 \text{ mm}$  ja  $b = -2a = -30 \text{ mm}$ .

Esine on siis sijoitettava linssin eteen 15 mm:n eli puolen polttovälin päähän linssistä, jolloin sen valekuva on polttopisteessä samalla puolella linssiä, kuva 2.

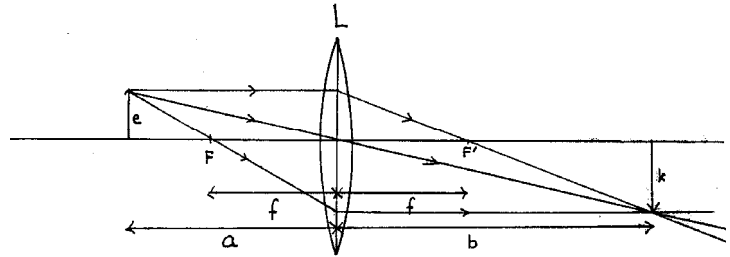
b) Koska sekä kuva että esine ovat nyt todellisia, seuraa viivasuurennuksen laista yhtälö

$$b = \frac{18 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} \cdot a = \frac{3a}{2} .$$

Sijoittamalla tämä kuvausyhtälöön saadaan

$$\frac{1}{a} + \frac{2}{3a} = \frac{1}{30 \text{ mm}} ,$$

josta  $a = 50 \text{ mm}$  ja  $b = 3a/2 = 75 \text{ mm}$ .



Esine on siis sijoitettava linssin eteen 50 mm:n päähän linssistä, jolloin todellinen kuva syntyy 75 mm:n päähän linssin vastakkaiselle puolelle, kuva 3.

Arvostelussa kummankin kohdan oikeasta suorituksesta annettiin 3 p siten, että kuvan osuus oli 1 p ja muun käsittelyn 2 p. Tavallisimpia virheitä olivat etäisyyksien väärät etumerkit sekä esineen ja kuvan korkeuksien käyttäminen niiden etäisyyksinä. Monelle oli myös epäselvää, mikä yhteys on säteiden tai niiden jatkeiden leikkaamisella kuviossa ja sillä, onko syntyvä kuva todellinen vai valekuva.

**Tehtävä 5.** Tehtävä on tasavirtapiirien tehontuottoa ja -kulutusta koskeva perusprobleema. Siinä on

(1) tunnettava tehon kulutusta koskeva Joulen laki  $P = UI$ , missä  $U$  on vastuksen napojen välinen jännite ja  $I$  sen läpi kulkeva virta,

(2) tiedettävä, että akun lataus  $Q$  ilmaisee siitä käytettäessä saatavan kokonaisenergian  $W = QU$  ja varauksen ja virran välisen yhteyden  $Q = It$  perusteella samalla akun kestoajan  $t$ , kun siitä otetaan virta  $I$  ja

(3) ymmärrettävä, että komponentit, joiden ilmoitettu käyttöjännite on yhtä suuri kuin käytettävän virtalähteen napajännite, ovat käytännössä aina rinnan kytkettyinä lähteen napoihin ja että ne tällöin myös kuluttavat niiden ilmoitetut käyttötehot, jolloin koko piirin tehonkulutus on suoraan näiden summa.

Auton valot kuluttavat siis kaikkiaan tehon

$$P = \sum P_i = (2 \cdot 55 + 2 \cdot 4 + 2 \cdot 21 + 10 + 3) \text{ W} = 173 \text{ W} .$$

Joulen lain perusteella piiri ottaa akusta virran

$$I = P/U = (173 \text{ W})/(12 \text{ V}) = 14,4 \text{ A} ,$$

jolloin akku tyhjenee ajassa  $t = Q/I = (80 \text{ Ah})/(14,4 \text{ A}) = 4,2 \text{ h}$ .

Poimijat voivat siis viipyä retkellään enintään noin 4 tuntia.

Tavallisen auton akun sisäinen resistanssi on hyvin pieni. Se alkaa suureta vasta, kun akku on lähes tyhjä. Virta pienenee (valot himmenevät) sen tähden nopeasti aivan käyttöajan lopussa, eikä akun kestoaikea siitä pitene. Sitä paitsi akusta on vielä saatava energia käynnistykseen, joten 4 h on varmasti todellinen yläraja.

Arvostelussa annettiin pisteitä oikein lasketusta kokonaistehosta ja -virrasta. Laskennallisesti tehtävä oli hyvin helppo. Kun fysikaalisten perusteiden puuttumista katsottiin läpi sormien, pisteet muodostuivat keskimäärin varsin korkeiksi.

Yleisin virhe oli sotkeutuminen kaavoihin yritettäessä laskea liian monimutkaisella tavalla, esimerkiksi resistanssien kautta.

**Tehtävä 6.** Tässä edellytettiin, että

- (1) ilmiö tunnetaan eli että kuvataan tärkeimmät tilanteet, joissa virtapiiriin syntyy induktiovirta tai -jännite,
- (2) tiedetään, minkä suureiden avulla ilmiötä kuvataan kvantitatiivisesti, sekä lait, joita ilmiö noudattaa, erityisesti Faradayn ja Henryn laki (induktiolaki) ja
- (3) tunnetaan energian tuotannon kannalta tärkeimmät ilmiön sovellukset, erityisesti sähkögeneraattori ja muuntaja, osataan selittää niiden toimintaperiaate induktiolakiin nojautuen sekä pääasialliset käyttötavat.

Täydet pisteet annettiin suppeastakin esityksestä, jos se oli fysikaalisesti selkeä, looginen ja antoi hyvän kokonaiskuvan. Pyörrevirtojen ja itseinduktion mainitsemista pidettiin myönteisenä, vaikka niitä ei täysin pisteisiin vaadittukaan, samoin Lenzin lain käsittelyä, joka ei kuitenkaan korvannut induktiolain puuttumista.

Keskimäärin ilmiön tuntemus oli yllättävän huono siihen nähden, miten keskeinen merkitys sillä on jokapäiväiseen elämään vaikuttavassa tekniikassa.