

Kaarle Kurki-Suonio:

LUKION FYSIIKAN LAAJAN OPPIMÄÄRÄN KEVENTÄMINEN

Kurssimuotoisen lukion oppimääräsuunnitelma on nyt ollut voimassa kolme vuotta. Se on käyty yhteen kertaan läpi, ja se on tuottanut ensimmäiset ylioppilaansa. On vielä varhaista tehdä lopullisia päätelmiä sen toimimisesta kokonaisuutena. Vakavia oireita on kuitenkin näkyvissä, päällimmäisenä fysiikan lukijoiden romahdusmainen väheneminen.

Opettajien mielialoja kartoittavan selvityksen mukaan monet pitävät laajan fysiikan kursseja liian laajoina ja raskaina [1,2]. Oppilaat arvelevat fysiikan vaikeuden johtuvan ensi sijassa uusien käsitteiden lukuisuudesta [3].

Ongelmat ovat nostaneet pintaan yksiääniseltä kuulostavan kevennysvaatimuksen. Lääninkouluttajat laativat huhtikuussa kokouksessaan Heinolan kurssikeskuksessa ylitarkastaja Hannu Kuitusen pyynnöstä huolellisesti valmistellun ylikurssisuosituksen, ja pian sen jälkeen Oulun MAOL-kerho palaveroi oman vastaavan kannanottonsa.

Kevennyspaine heijastaa varmasti opetustyössä kohdattuja ongelmia. Jotta kevennys vaikuttaisi, toimenpiteiden tulisi kohdistua ongelmien todellisiin syihin. Niitä on muuallakin kuin oppimääräsuunnitelmassa, kuten Taisto Virtasen kommentitkin selvästi osoittavat [1]. Mahdollisuudet parantaa tilannetta voivat selvitä vain, jos näistä syistä keskustellaan ja niitä analysoidaan.

Yhtenä pääsyllisenä oppimääräsuunnitelmaan sain ilon keskustella näistä asioista MAOLin hallituksen koolle kutsumassa työryhmässä. Työryhmä hyväksyi muistion, jossa eriteltiin kevennyksen yleisiä ongelmia ja mahdollisuuksia, sekä siihen perustuvan kevennysesityksen, jossa myös lääninkouluttajien ja oululaisten suositukset oli pyritty ottamaan huomioon. Sittenmin kouluhallituksen tiloissa pidetty neuvottelu päättyi tältä pohjalta osanottajia ilmeisestikin suurin piirtein tyydyttävään esitykseen.

Tässä kirjoituksessa tarkastellaan mainitun muistion näkökohtia. Lopuksi esittelen muistiinpanojeni mukaisesti neuvottelujen tulokseksi saadun kevennysesityksen.

Oppikirja ja oppimääräsuunnitelma

Moitteet on kohdistettu oppimääräsuunnitelmiin. Molemmat yksilöidyt esitykset käsittelevät kuitenkin pääasiassa yleisimmin käytettyä oppikirjaa. Ylikurssiksi ehdotetaan jopa asioita, joita oppimääräsuunnitelma ei edes mainitse.

Käsitys, jonka mukaan oppikirja voi käytännössä toimia oppimääräsuunnitelmana, on vanhentunut. Nykyaikaisen oppikirjan on tarjottava mahdollisuus eriyttämiseen. Harrastuneimmat oppilaat jäävät heitteille, ellei oppikirja anna heille mahdollisuuksia, opettajan opettaessa perusoppilainesta perusoppilasainekselle.

Oppikirjan on säästettävä opettajaa syventävän ja täydentävän lisämateriaalin kokoamiselta. Sen tulee tarjota kaikki tarpeellinen syventävä materiaali ja ottaa tällöin lisäksi huomioon harrastuksiltaan ja ajatustavoiltaan eri tavoin suuntautuneet opettajat ja oppilaat.

Yksikään nykyisistä kirjasarjoista ei varmasti sisällä mitään sellaista, mitä ei ainakin muutama opettaja olisi aikaisemminkin käyttänyt opetuksessaan, eivätkä sarjat yhteensäkään kata kaikkien lukion fysiikan opettajien kaikkia bravuureita.

Eriyttävän opetuksen vaatimus johtaa välttämättä oppikirjan "viuhkarakenteeseen". Alettuja syventämisen tasoja ei saa jättää kesken, vaan motivaation säilyttämiseksi kutakin tasoa on rakennettava johdonmukaisesti koko oppimäärän loppuun saakka. Tästä seuraa, että syventävän aineksen osuus oppikirjassa kasvaa loppua kohden.

Nykyaikaisen oppikirjan on oltava opetuksen maksimiperiaate. Oppimääräsuunnitelma ilmaisee opetuksen minimiperiaatteen. Sen tehtävänä on todeta käsiteltävät pääasiat ja niiden opetuksen alin välttämätön tavoitetaso.

Opettajan vapaus ja vastuu

Tämä oppimääräsuunnitelman ja oppikirjan suhde jättää opettajalle paljon vastuuta opetuksen suunnittelusta. Se tekee välttämättömäksi oppimääräsuunnitelman käyttämisen primaariohjeena, perusteellisen paneutumisen oppikirjan kokonaisuuteen ja niiden mukaisen perusoppiainessuunnitelman laatimisen.

Nykyinen oppimääräsuunnitelma tarjoaa varsin vapaat tulkinnan mahdollisuudet. Itse asiassa *vahvistettua suunnitelmaa ovat vain oppimäärien tavoitteet ja kurssien keskeiset sisällöt*, tiivistelmät, jotka laadittiin alunperin yleisötiedotteeksi. (Tämä on tosin jätetty sanomatta kouluhallituksen julkaisemassa sinisessä vihossa.) Sen tähden lähes minkä tahansa keventämisen pitäisi olla mahdollista ja olisikin ilman herranpelkoa, jota opettajat tuntevat ylioppilastutkintolautakuntaa kohtaan.

Sinisen vihon kurssikohtaiset tavoitteet, oppisisällöt ja toteutusohjeet ovat varsinaisesti vain suosituksia. Käytännössä ne kuitenkin muodostavat ainoan mahdollisen periaatteiston, johon sekä opettaja että YTL voivat nojautua.

On ilmeistä, että raskauden kokemuksen yhtenä perussyynä on juuri *ylioppilastutkinto*, pelko, että YTL nojaa perusvaatimuksensa maksimiin eli oppikirjoihin eikä minimiin eli oppimääräsuunnitelmaan. Tämä antaa myös rationaalisen selityksen muuten sekä opettajan että oppilaan etujen vastaiselle oppikirjojen surkastamisvaatimukselle.

Tähän ongelmaan liittyy ratkeamattomia piirteitä, jotka on syytä tiedostaa. Jos halutaan, että harrastuneisuus ja kyky merkitsevät jotakin, myös ylioppilastutkinnon on annettava mahdollisuus niiden osoittamiseen. Tällöin on kohtuuton vaatimus, että määritellyn minimitalon pitäisi antaa mahdollisuus kaikkien kysymysten täydelliseen käsittelyyn. Ylioppilastutkinnon poistaminen ei poistaisi ongelmaa, ellei samalla luovuttaisi myös muista korkeakoulutuksen oppilasvalinnoista. Tällöinkin valinta käytännössä vain siirtyisi myöhempään vaiheeseen. Niin kauan kuin oppilaiden erilaisuutta pidetään positiivisena arvona ja siihen perustuvan eriytymistä tavoiteltavana, oppimiskilpa jatkuu ja opettajat katsovat velvollisuudekseen punnertaa oppilaansa korkeammalle tavoitetasolle kuin aika ja kyvyt edellyttävät. Vaihtoehtona on vain eriytymisen kieltäminen, joka olisi varmin tapa tuhota kiinnostus fysiikkaan niiltäkin, joilla sitä nyt on.

Nykyisessä järjestelmässä opettajien ja ylioppilastutkintolautakunnan välinen yhteisymmärrys oppimistavoitteista ja niiden eriytysviuhkan laajuudesta on monin verroin tärkeämpi tavoite kuin asioita luetteleva "selvä ylikurssiohje". Tätä varten ei riitä oppimääräsuunnitelman perusasioiden luettelo, vaan tarvitaan myös yhteisesti hyväksytty ja ymmärretty ohje kunkin asian minimisaavutustasosta ja mahdollisista eriasteisista syventämisen tasoista.

Fysiikan asiat

Selvin yhteinen piirre oppimäärään kohdistuvissa kannanotoissa on valitus, että asioita on paljon. Oppilaiden painottama uusien käsitteiden paljous tarkoittanee samaa kyselyn laatijoiden hienommalla kielellä. Oulun kerhon lähetekirjelmässäkin todetaan kohtuuttomaksi, että joka tunnilla tulee jokin uusi asia.

Tämä kritiikki on ongelmallisempaa kuin aluksi näyttää. Ei ole lainkaan selvää, miten fysiikan oppimäärä jakautuu "asioihin". Onko esimerkiksi dynamiikan peruslaki eri asia joka kerran, kun sitä sovelletaan uudessa yhteydessä, erilaisiin systeemeihin, voimiin ja liiketiloihin? Onko se uusi asia tarkasteltaessa hiukkasta, kappaletta, suoraviivaista liikettä, käyräviivaista liikettä, tasapainoa, tasaista, tasaisesti kiihtyvää, tasaisesti hidastuvaa tai yleisempää ympyräliikettä, heiluria, harmonista värähtelijää, liukukitkaa, lepokitkaa tai kitkatonta tilannetta, tukivoimia, väliaineen vastusta ja nostetta, kappaletta vaakasuoralla alustalla, kaltevalla tasolla tai pallon pinnalla, painovoimakentässä, sähkökentässä ja magneettikentässä? Onko se eri asia, kun kenttä on homogeeninen tai pallosymmetrinen tai yleisempää muotoa? Onko se eri asia, jos voima on vakio, muuttuu ajan funktiona, paikan funktiona tai riippuu nopeudesta?

Voidaan myös ajatella, että jokainen lause sisältää yhden asian. Jos kaikki oppitunnilla sanotut 25 lausetta ilmaisevat saman asian, tunti on epäilemättä yksitoikkoinen, ja jos seuraavankin tunnin jokainen lause toistaa edellisen tunnin ainoata asiaa, kyllästyminen on lähellä. Opetuksellaan opettaja itse määrittelee sanan "asia" merkityksen. Mitä selvemmin opetus keskittyy pääperiaatteisiin, sitä harvemmilta käsiteltävät asiat näyttävät. Kokonaisuudet kuitenkin koostuvat osista, ja mitä vähemmän osia yhdistävät periaatteet tulevat esiin, sitä useammilta asiat ja käsitteet näyttävät. Yhden opetuksessa korostuvat ASIAT, toinen opettaa asioita ja kolmas *asioita*. Kun oppilaat eivät edes huomaa kokonaisuuksien hahmottamisen ongelmaa, vaan korostavat käsitteiden paljoutta, he oikeastaan todistavat, että juuri kokonaisuuden tajuaminen on ollut heidän pääongelmansa.

Fysiikan oppimääräsuunnitelma poikkeaa muiden oppiaineiden suunnitelmista fysiikan kiinteän strukturaalisuuden vuoksi. Fysiikan asiat ovat ensisijaisesti peruslakeja ja yleisiä periaatteita, jotka yhdistävät kaikkea tietoa. Detaljeilla ei ole itseisarvoa. Niiden ottaminen tai jättäminen on suurelta osin didaktinen kysymys ja opettajan valittavissa sen perusteella, miten hyvin hän katsoo niiden palvelevan pääasioiden opettamista. Tällä tavoin varsinaisia asioita kurseissa on hyvin vähän, enintään noin viisi, ja tällöinkin myöhemmät kurssit käsittelevät paljolti samoja asioita kuin aikaisemmat. Esimerkiksi neljäs kurssi on suurimmaksi osaksi mekaniikan peruslakien ja energiaperiaatteen kertaus hieman erilaisessa yhteydessä, ja mekaniikan energiaperiaate kulkee yhtenä asiana yhä uudelleen toistuen ja vähitellen syventyen toisen kurssin vakiovoiman tapauksesta vaikeaan sähköpotentiaalin käsitteeseen saakka viidennen kurssin lopussa.

Kurssin raskaus ja detaljiasioiden lukumäärä eivät myöskään ole verrannolliset. Fysiikan peruslakien hahmottamat kokonaisuudet ovat opiskelun täysiä elektronikuoria. Vajaina ne ovat raskaita, energieettisesti epäedullisia. Pari elektronia, pari asiaa lisää, ja kuori täyttyy. Tiedon palaset asettuvat kohdalleen ja oppiminen kevenee. Vai ajattelemmeko, että 7, 8 ja 9 ovat vaikeita numeroita? Kevennetään laskuoppia ja poistetaan ne opetuksesta.

Oppimääräsuunnitelman perusajatuksen mukaan asioita ovat otsikot. Kuhunkin otsikkoon liitetty ohjeellinen tuntimäärä ilmaisee suunnitelman laatineen työryhmän käsityksen siitä, miten laajasti ja millä tavoitetasolla tämä asia kuuluu kaikille yhteiseen perusoppimäärään. Näiden tuntimäärien summa kaikissa kurseissa on 30! Tämä on suunnitelman keskeinen periaate¹

Tavoitetasot

Oppimääräsuunnitelmaa sovellettaessa vaikein kysymys on ilmeisesti asiakohtaisten tavoitetasojen järkevä kiinnittäminen. Selvimpiä siihen viittaavia ohjeita ovat määritellyt laskennalliset perusprobleemat ja niiden hallinta. Kevennyksesitysten yhteydessä käytetty terminologia, kuten "kevyesti", "perusteellisesti" ei ole sen informatiivisempaa kuin ohjeelliset tuntimäärät oppimääräsuunnitelmassa. Kun esimerkiksi kevennyssuosituksena esitetään "lämpöopin II pääsääntö lyhyesti ja kansantajuisesti", sanotaan tuskin sen enempää kuin oppimääräsuunnitelmassa, jossa todetaan "lämpöopin II pääsääntö, kaksi tuntia + sovelluksia neljä tuntia".

Tuntimäärien mahdollistamien saavutustasojen lähempi määrittely ei voi onnistua ilman keskustelua opettajien kokemuksista. Tämän keskustelun virittämässä ja sen tulosten yhtenäistämässä lääninkouluttajat ovat vastuunalaisessa ja arvokkaassa avainasemassa.

Lääninkouluttaja Jukka O. Mattilan mukaan [4]: "Suomalainen fysiikan opettaja on velvollisuudentuntoinen ja tunnontarkka. Hän on tottunut tietynlaiseen perusteellisuuteen, jota laskennallinen valmius edellyttää. Mielestäni tätä ominaisuutta olisi käytettävä hyväksi pikemminkin kuin yritettävä muuttaa opettajia ottamaan asiat kevyemmin. On tärkeä pitää mielessä, että vain ani harvat lehtorit opettavat pelkästään fysiikkaa."

Tämä viittaa eräisiin perusongelmiin. Todellakin useimmat fysiikan opettajat ovat ensisijaisesti matematiikan opettajia. Matematiikalla on vahva asema koulussa. Fysiikkaa ei mielletä tärkeäksi, ja sen ainoaksi selvästi hahmottuvaksi tavoitteeksi jää laskennallinen valmius. "Kevyemmin" merkitsee arvetonta ja epämääräistä. Uskon kuitenkin, että velvollisuudentuntoinen ja tunnontarkka fysiikan opettaja on valmis myös sellaiseen ajatuksen perusteellisuuteen, jota fysiikan opettaminen ja ymmärtäminen tarvittaessa ilman laskentaa edellyttää.

Fysiikan opetuksen tavoitetasoja voidaan kiinnittää fysikaalisen tiedon hierarkkisten kehitystasojen mukaisesti:

- Ensimmäisenä on ilmiöiden tunnistamisen ja luokittelun taso.
- Toisen tason tavoitteena on mittaaminen, ilmiöiden ja objektien ominaisuuksien kuvaaminen mitattavilla suureilla.
- Kolmas taso on ilmiökohtaisten kokeellisten lakien taso, jossa opitaan ilmiön noudattamien lakien kvantitatiivista esittämistä ja tällaisten esitysten konkreettista tulkintaa.

¹ Tähän yhteyteen kuuluu vastine Jukka O. Mattilan ivailuun (MAA 4/1984, s. 329): Siteeraat lausumaani, jonka sisältö on täysin kohtuullinen ja luonnollinen. Sen ajatusta et ole oivaltanut. Selvennän. Mielestäni lääninkouluttajan tehtäviin kuuluu opastaa opettajia tulkitsemaan oppimääräsuunnitelmaa ja löytämään yhtenäisesti tavoitetasot, jotka suunnitelman ohjeet tekevät mahdollisiksi. Hatun voit pitää päässä.

– Neljäs ja ylin taso on peruslakien, ilmiöiden ja lakien teoreettisen ymmärtämisen taso. Tälle tasolle kuuluu ilmiöiden selittäminen teoriaan perustuvilla matemaattisilla malleilla ja näihin nojautuvien ennusteiden laskenta.

Laskennallinen valmius sellaisenaan ei kiinnitä mitään fysiikan tavoitetasoa. Eri tavoitetasojen probleemat edellyttävät eri yhteyksissä erilaista matemaattista valmiutta. Tietyissä määrin sitä tarvitaan jo toisella tasolla suureita määriteltäessä. Tavallisesti laskennallisella hallinnalla kuitenkin ajatellaan ylintä tasoa, jolle pyrkiminen moninkertaistaa opettamiseen tarvittavan ajan.

Teoreettisen opetuksen kokeminen irralliseksi saattaa johtua siitä, ettei kolmatta tavoitetasoa ole hahmotettu, sille ei ole osattu pyrkiä, vaan on yritetty suoraa hyppäystä ylimmälle tasolle. Totuttautuminen ilmiöiden laskennalliseen esittämiseen on kuitenkin välttämätön välivaihe. Tämän tason vaatimia matemaattisia menetelmiä ovat ennen muuta graafinen esitys ja analyttinen geometria. Oppimisen strategian kannalta ne ovat kertaluokkaa tärkeämpiä kuin ylimmällä tasolla vallitsevat abstraktit algebralliset menetelmät. Ne ovat konkreettista ja havainnollista matematiikkaa, joka jo sellaisenaan antaa paljon realistisemmän kuvan fysiikalisen tiedon merkityksestä kuin abstrakti algebrallinen laskenta. Samasta syystä vektorilaskenta on fysiikan opetukselle monin verroin tärkeämpää kuin differentiaali- ja integraalilaskenta.

Käsittääkseni kolmanteen tavoitetasoon pitäisi kiinnittää erityistä huomiota jo peruskoulun yläasteella ylimpänä mahdollisena tavoitetasona. Siellä pitäisi sopivissa kohdissa tietoisesti pyrkiä suureen yksittäisten arvojen mittaamisen ohi yksinkertaisten lakien kvantitatiiviseen havaitsemiseen ja niiden graafiseen esittämiseen.

Lukion ensimmäisellä luokalla tulisi käsitteiden luonnetta voida havainnollistaa graafisesti. Esim. ns. graafinen derivointi ja integrointi ovat abstraktien algebrallisten menetelmien konkreettisia havainnollistuksia. Ne helpottavat asioiden ymmärtämistä, eivät vaikeuta. Ne tekevät tarpeettomaksi monia algebrallisia tarkasteluita vaiheessa, jossa oppilaan ajattelu on vielä perin konkreettisella tasolla.

Asioiden valintaperusteet

Kevennyksiä harkittaessa on tärkeätä pitää silmällä perusteita, joilla asiat on otettu oppimääräsuunnitelmaan. Tärkeyden kriteereiksi on määritelty asioiden yleisyys, yleispätevyys ja käytännöllisyys. Kaksi ensimmäistä korostavat fysiikan eri alueita yhdistävien peruslakien ja -periaatteiden merkitystä. Kolmas painottaa sitä, että näiden yhteys luonnon todellisuuteen ja niiden sovellettavuus on tuotava esille.

Tiedon käytännöllinen merkitys on välttämätön näkökohta myös oppilaan motivaation kannalta. Geometrinen optiikka, suuri osa virtapiiritekniikkaa, elektroniikka ja äänioppi ovat verrattain irrallisia oppimäärän osia, joiden liittäminen fysiikan tietokokonaisuuteen on lukion tasolla vaikeata. Ne ovat oppimääräsuunnitelmassa sen tähden, että niillä on tärkeä käytännöllinen merkitys ihmisen jokapäiväisessä elinympäristössä.

Motivaation kannalta on välttämätöntä – vaikkakaan ei riittävää – että oppilas alusta lähtien ymmärtää fysiikan käsittelevän todellisuutta, todellisia jokapäiväisiä ilmiöitä, kappaleita, laitteita ja systeemejä.

Tästä seuraa eräitä ongelmia, joita ei saa sivuuttaa kevyesti:

1. *Maailma on kolmiulotteinen.* Liike on ensimmäinen käsiteltävä fysiikalinen ilmiö. Liikeopin rajoittaminen yksiulotteiseen käsittelyyn irrottaa oppilaan heti aluksi todellisuudesta. Uskoa fysiikan relevanssiin on tämän jälkeen vaikeaa palauttaa. Liikkeen käyräviivaisuus ja liikesuureiden vektoriluonne kuuluvat niin olennaisella tavalla liikeilmiöiden luonteeseen, että ne on ehdottomasti liitettävä käsittelyyn alusta alkaen. Jos oppilaan matemaattinen valmius ei heti riitä, siihen on satsattava. Vektorien yhteenlasku ja komponenttiesitys eivät ole liian vaikeita opetettaviksi fysiikan yhteydessä. (Kun peruskoulun matematiikasta vektorit poistettiin, keskeisenä perusteluna oli, että tarvittava vektorilaskenta voidaan oppia fysiikan yhteydessä.)

2. *Kappaleet ovat kolmiulotteisia.* Vasta jäykän kappaleen mekaniikka tekee mekaniikan käyttökelpoisuudesta uskottavan. Pyörimisliike on niin olennainen osa kappaleiden käyttäytymistä ja koneiden toimintaa, ettei sitä ole mahdollista sivuuttaa.

3. *Vaihtovirrat ovat käytännössä yleisin virran muoto.* Niiden kovin puutteellinen käsittely on sen tähden ongelmallista. Samalla esimerkiksi kondensaattorin käyttö vaihtovirtapiirissä on vain esiaste sen toiminnan ymmärtämiselle elektronisissa piireissä. Kieltämättä vaihtovirtoihin liittyy laskennallisia vaikeuksia, mutta jotain perin outoa on siinä, että jälleen konkretisoivaa, havainnollistavaa ja ymmärtämistä helpottavaa matemaattista esitystä, osoitinkaaviota, vastaan protestoidaan niin voimakkaasti, ettei sitä saisi ehdottaa edes syventäviin tarkasteluihin [4].

Kevennysmahdollisuudet

A. Yleisiä periaatteita

Nykyisen oppimääräsuunnitelman sallimat kevennykset on otettava vakavasti, eikä pidä pyrkiä nostamaan minimitavoitetasoa kohti oppikirjojen syvennystasoa.

Oppimääräsuunnitelman kunkin otsikon yhteydessä mainittu tuntimäärä on syytä ottaa perusohjeeksi ja kiinnittää asiakohtaiset perustavoitetasot niiden mukaisesti.

Erityisesti laskennallisen valmiuden vaatimusta on karsittava ja keskityttävä siihen vain niissä kohdin, missä se on erityisen tärkeää kokonaisuuden kannalta. Tällöinkin on pysyttävä yksinkertaisissa perusprobleemeissa, joissa ei kohdata laskennallisia vaikeuksia.

Useimmat laskennalliset ns. todistukset (fysiikassahan ei mitään todisteta matemaattisesti) ja lausekkeiden laskennalliset johdot voidaan jättää pois perusoppiaineuksesta, vaikka niiden tuloksia käytettäisiinkin hyväksi.

Peruslakien sovellukset voidaan rajoittaa vähimpään, minkä avulla lain luonne, ilmeneminen luonnossa ja käyttökelpoisuus saadaan esille.

Tavoitetason ylittävä aines jätetään eriyttäväksi täydentäväksi tai syventäväksi materiaaliksi, mutta ei ole syytä puhua ylikurssista.

Seuraavissa kurssikohtaisissa tarkasteluissa "kevyesti" tarkoittaa asiasta riippuen joko selvää tinkimistä laskennallisista valmiuksista tai nopeaa läpiluentaa, joka jättää aiheesta yleiskuvan. "Syventäväksi" merkitsee, ettei asiaa tarvitse käsitellä kaikille yhteisellä perustasolla.

B. Oppimääräsuunnitelman kurssikohtaisia tarkasteluja

1. kurssi Mekaniikan maailmankuva

Kurssin pääasia on dynamiikan perusprobleema ts. Newtonin II ja III laki sekä voimien yhdistäminen. Niiden oppimisesta riippuu koko myöhempi fysiikan oppiminen. Kaikki, mikä ei suoranaisesti tähtää niiden hallintaan, voidaan käsitellä kevyesti.

Luku (1.2) "Fysikaaliset suureet ja niillä laskeminen" sisältää tärkeitä yleisiä perusasioita. Niiden käsittely voidaan kuitenkin lähes kokonaan myöhentää ja hajauttaa kohtiin, joissa niitä tarvitaan.

Etenemisliikkeen kinematiikassa liikkeen suhteellisuus on irrallinen asia. Vaikka se maailmankuvan kannalta on tärkeä, siihen ei varsinaisesti nojauduta. Impulssiperiaatetta tarvitaan myöhemmin paineen atomaarisen alkuperän ymmärtämiseksi. Tähän liittyvä laskenta ei ole välttämätöntä. Sen sijaan liikemäärän säilymlaki yleisenä peruslakina on tärkeä. Lisäksi sen käyttö törmäysten käsittelyssä on tarpeellinen, sillä siitä alkaa punainen lanka, jonka toisessa päässä ovat 7. kurssin kaikki atomaariset, ydin- ja hiukkasprosessit.

Kevyesti:

- yleiskatsaus
- perusvuorovaikutukset
- impulssiperiaate
- klassisen mekaniikan pätevyysalue

Myöhennettävissä:

- fysikaaliset suureet ja niillä laskeminen sopiviin kohtiin
- liikkeen suhteellisuus 8. kurssiin

2. kurssi Energia ja lämpö

Kurssin pääasiat ovat mekaniikan energiaperiaate, jossa vakiovoiman ja homogeenisen kentän käsittely kiinnittävät laskennallisen tavoitetason, tilanyhtälön käsite sekä lämpöopin I ja II pääsääntö.

Yleinen energian säilymlaki toistuu ja syvenee oppimäärässä jatkuvasti ilman erityispänttämistä. Se on tyyppillinen asia, johon syventyminen kuuluu 8. kurssiin.

Faasidiagrammit ovat tilanyhtälön graafisia havainnollistuksia. Niitä on hyvä käyttää siinä määrin kuin ne konkretisoivat ja helpottavat asian ymmärtämistä. Itsenäistä uutta ja vaikeaa asiaa niistä ei pidä kehretä.

Ideaalikaasun tilanyhtälön atomaarinen "johto" ei ole kaikille välttämätön, mutta paineen ja läppätilan atomaarinen alkuperä tulisi kuitenkin tuoda esiin ensimmäisenä esimerkkinä aineen ominaisuuksien nykyaikaisesta selitystavasta.

Luvussa (2.3) "Lämpäenergia" vain energian säilymiseen perustuva yksinkertainen laskenta on välttämätöntä, muilta osin luvun käsittely voi jäädä kvalitatiiviseksi.

Kevyesti:

- energian säilymlaki (2.1.3)
- faasidiagrammit
- kineettinen kaasuteoria
- II pääsäännön sovellukset

Syventäväksi:

- ideaalikaasun tilanyhtälön atomaarinen "johto"

3. kurssi Aaltoliike

Kurssin fysikaalinen sisältö keskittyy aaltoliikkeen käsitteeseen, sen kuvaamiseen taajuuden ja aallonpituuden avulla (tavoitetaso 2) sekä tärkeimpiin aaltoliikkeiden käyttäytymisen lakeihin, jotka koskevat interferenssiä, diffraktiota ja taittumista (taso 3). Laskenta voidaan rajoittaa harmoniseen liikkeeseen, aallon peruskäsitteiden välisiin relaatioihin, taittumislain yksinkertaisiin sovelluksiin, hilayhtälön ja Gaussin kuvausyhtälön käyttöön.

Kevyesti:

- spektri (3.1.5)
- ääni
- valonnopeuden mittaaminen
- prismat
- interferenssi kalvoissa
- polarisaatio rajapinnassa
- kuvausvirheet

Syventäväksi:

- pulssit
- Youngin koe
- Gaussin kuvausyhtälöiden johto

4. kurssi Makromekaniikka

Kurssi on mekaniikan motivaation kannalta keskeisen tärkeä. Siitä on vaikeata löytää täysin poistettavia kohtia. Se on suurimmaksi osaksi ensimmäisen ja toisen kurssin mekaniikan peruslakien ja periaatteiden kertausta, ja sen raskaus riippuu ratkaisevasti eri kohdissa tavoitellusta laskennallisen valmiuden tasosta. Pyöriminen on uusi näkökulma, mutta sen käsittelyä voidaan keventää nojautumalla vahvasti etenemisliikkeen analogiaan ja jättämällä kaikki laskennalliset "todistukset" syventäviksi tarkasteluiksi. Hitausmomentin laskeminen kappaleen massan ja muodon perusteella voi hyvin jäädä vain harrastuneille ja suure voidaan jättää yhteisessä käsittelyssä pyörimishitautta kuvaavaksi vakioksi, jonka arvo voidaan määrittää kokeellisesti.

Liikkeen jako etenemiseen ja pyörimiseen on olennainen osa liikkeen jakautumista vapausasteisiin. Sitä ei pitäisi kokonaan sivuuttaa. Tästä syystä pyörimisen energiaperiaatekaan ei ole irrallinen asia. Erityisesti liike-energia on siinä tärkeä. Momentin tekemää työtä ei samalla tavoin tarvita myöhemmin edes syventävässä aineksessa.

Potentiaalienergia gravitaatiokentässä on tärkeä. Sen lausekkeen johtamisella ei ole mitään merkitystä tässä yhteydessä, mutta sen käyttö erilaisena potentiaalienergian lausekkeena yksinkertaisissa energiaperiaatteen sovelluksissa on olennainen välivaihe tähdättäessä sähköopin jännitteen käsitteen ymmärtämiseen. Sen poistaminen katkaisisi tärkeän punaisen langan.

Kevyesti:

- pyörimisen laskennallinen käsittely
- liikkeen jako etenemiseen ja pyörimiseen

Syventäväksi:

- normaalikiiktyvyyden lausekkeen johto
- hitausmomenttien laskenta massan ja muodon perusteella
- momentin tekemä työ
- vierimisen kvantitatiivinen käsittely

5. kurssi Sähkö ja magnetismi

Kurssi on tiivis kokonaisuus. Sen perusasiat ovat sähköisen ja magneettisen vuorovaikutuksen lait, kentän ja potentiaalin käsitteet, Ohmin laki, sähkömotorinen voima ja jännitehäviö. Pistevarauksen kenttä painovoimakentän analogiana on tärkeä. Sen potentiaalin käsittely on täsmälleen samanlainen, mutta on tärkeä välivaihe siirryttäessä jännitteen käsitteeseen. Magneetikenttien laskentaa voidaan keventää vahingotta. Samalla pitää kuitenkin muistaa, että koko sähkötekniikan kehitys alkoi sähkövirran magneettisista vaikutuksista. Aineen sähkömagneettisten ominaisuuksien käsittely ts. permittiivisyys, permeabiliteetti ja resistiivisyys on ainoa sellainen osa, joka tässä yhteydessä voidaan ajatella voimakkaasti kevennettäväksi. Aineen ominaisuuksien atomaarista perustaa on kuitenkin tarkoitus käsitellä yhtenäisesti 8. kurssissa.

Kevyesti:

- magneetikentän laskeminen
- aineen sähkömagneettiset ominaisuudet

Syventäväksi:

- permittiivisyys
- permeabiliteetti
- resistiivisyys

6. kurssi Sähködynamiikka ja elektroniikka

Tässä kurssissa on yksi ainoa peruslaki, induktiolaki. Muu on tekniikkaa ja suuressa määrin opettajan valittavissa. Vaihtovirtapiiriin laskennallisen käsittelyn tapaa ja laajuutta varioimalla kurssin raskautta voidaan säädellä. Röntgensäteily (jarrutussäteily) on tarkoituksenmukaista mainita tässä yhteydessä. Myös röntgendiffraktio voidaan jättää kvalitatiiviseksi, vaikka se onkin aineen tutkimuksen perusmenetelmä. Tällöin sen paikka oppimäärässä on samantekevä. Elektroniikka jää lukiossa välttämättä lähes täysin irralliseksi. Sen fysiikan ymmärtämiselle ei ole edellytyksiä lukiossa, eikä siihen ole syytä liittää mitään kaikille yhteistä "kaavasulkeista".

Kevyesti:

- vaihtovirtapiiriin laskennallinen käsittely
- röntgensäteily ja röntgendiffraktio
- sähköön kulku kaasussa

Syventäväksi:

- Braggin laki
- elektroniputket
- elektroniikan laskenta
- loogiset piirit
- muut komponentit (6.3.2)
- sovellukset (6.3.3)

7. kurssi Atomi- ja ydinfysiikka

Pois jätettäviä otsikoita ei ole. Ritzin yhdistelyperiaate ja Franckin ja Hertzin koe ovat kaikkein keskeisintä kokeellista materiaalia. Ne ovat sen tähden oppimääräsuunnitelmassa, vaikka edellinen on opetuksen kannalta vain mainintakysymys ja jälkimmäinenkin voidaan supistaa hyvin kvalitatiiviseksi. Muuten ohjeelliset tuntimäärät ovat varsin hyvä kevennysohje.

Kevyesti:

- yleinen dualismi
- Ritzin yhdistelyperiaate
- Franckin ja Hertzin koe

8. kurssi Fysiikan kokonaiskuva

Tämä kurssi poikkeaa luonteeltaan edellisistä. Opettajalla on siinä suuret mahdollisuudet toteuttaa omaa näkemystään ja valita sen mukaisia painotuksia. Sen raskautta ei ole valitettu, eikä siihen ole tehty kevennysesityksiä. Se on kylläkin toteutettu vasta ensimmäisen kerran, joten opettajien käsitykset siitä eivät liene vielä lopullisesti muotoutuneet.

Kurssi on lukion kasvatustavoitteiden kannalta hyvin tärkeä. Sen tarkoituksena on jäsentää, syventää ja täsmentää oppimäärän tietoja, osoittaa fysiikkaa yhdistävät yleiset periaatteet, hahmottaa sillä tavoin fysiikkaa tietorakenteeltaan ja menetelmältään yhtenäiseksi kokonaisuudeksi ja auttaa niin oppilaita maailmankuvan rakentamisessa ja tieteellisen ajattelutavan kehittämisessä.

Mitä paremmin kurssi tehtävässään onnistuu, sitä tehokkaammin se keventää lukion fysiikan laajan oppimäärän tietojen taakkaa.

Viitteet:

[1] "Mielipiteitä lukion uusien oppimäärien laajuudesta", MAA 4/1983, 369-377.

[2] Jukka O. Mattila, MAA 4/1984, 325-332.

[3] Markku Wilkman: "Missä ovat lukiofysiikan vaikeudet oppilaan näkökulmasta katsottuna?" Ainedidaktiikan seminaariesitelmä, ohjaaja Matti Erätuuli, Helsingin yliopisto, Opettajankoulutuslaitos (1985).

[4] Jukka O. Mattila, private discussion.