

KAARLE KURKI-SUONIO

## MIKSI JA MITEN FYSIIKKA PITÄÄ OPETTAA LUKIOSSA<sup>1</sup>

### 1. Lähtökohdat

Vallitsevan suunnitteluideologian mukaan koulutuksen tulisi perustua hierarkkiseen tavoitejärjestelmään. Poliittisen yhteiskuntasuunnittelun asettamista yleisistä koulutustavoitteista pitäisi johtaa asteittain yhä spesifisempiä tavoitteita ja ketjun päässä lopulta yksityisen opetustapahtuman toteutus. Vaikka johtamisesta puhumisen onkin tässä yhteydessä looginen harha, pääajatus on oikea. Harkinnanvaraisten ratkaisujen ja valintojen takana on joka tapauksessa aina jokin yleisempi motiivitausta ja arvojärjestelmä. Mitä täsmällisemmin ja tyhjentävämmin näin muodostuvista perusteista voidaan julki sopia, sitä paremmat ovat mahdollisuudet päästä yksimielisyyteen myös harkinnan tuloksesta.

Fysiikalle kuuluvasta asemasta voidaan mielekkäästi keskustella vain, jos on olemassa yhteisesti hyväksytyjä periaatteita, jotka lausuvat yleisesti lukion tehtävän. Tällöin tietenkin kuuluisi tarkastella rinnakkain kaikkien oppiaineiden, sisältöjen ja metodien tarjoamia mahdollisuuksia, ennen kuin voitaisiin muodostaa selvä kuva fysiikan ominaisesta osuudesta yleisessä tavoitespektrissä ja sen tärkeydestä. Tässä yhteydessä näkökulmaa on kuitenkin pakko rajoittaa pelkästään fysiikan merkitystä korostaviin keskeisimpiin näkökohtiin. Niiden paino jää kunkin itse harkittavaksi ja verrattavaksi muiden aineiden kasvatuspotentiaaliin. Tarkoituksena on kuitenkin saattaa lukija vakuuttuneeksi siitä, että fysiikan opettaminen lukiossa on erinomaisen arvokas ja vastuullinen tehtävä ja että tehdään vakava suunnitteluvirhe, ellei kaikkia lukion oppilaita saateta sen jalostavan vaikutuksen piiriin.

### 2. Fysiikan asema inhimillisessä kulttuurissa

Perinteisesti on varsin hyvin ymmärretty fysiikan merkitys tekniikan perustieteenä. Fysiikan opetus onkin yleensä saanut sille kuuluvan aseman ammatillisen koulutuksen eri aloilla. Sen sijaan on aivan liian vähän, jos lainkaan, kiinnitetty huomiota fysiikan asemaan yleisinhimillisen kulttuurin erottamattomana osana ja perustekijänä ja eräänä sen suurenmoisimpia saavutuksia. Tämä on merkinnyt yleisessä tietoisuudessa toisaalta fysiikan irtautumista juuristaan ja taustastaan, toisaalta kulttuurin kokonaiskuvan jäämistä torsoksi. Vastaavasti on fysiikan ja yleensä luonnontieteiden asema yleissivistävässä koulutuksessa jäänyt heikoksi.

Huomion kiintyminen teknisen kehityksen aiheuttamiin ongelmiin sekä luonnontieteellisen tiedon käyttöön väkivallan tehokkaana välineenä on edelleen ollut omiaan luomaan fysikaaliseen tietoon sinänsä kohdistuvaa pelkoa, jota yleinen fysiikan tuntemattomuus on ruokkinut. Olennaisesti tällaisista aineksista on rakentunut usein esiintyvä skitsofreeninen kulttuurikäsitelmä, jossa luonnontieteellinen ja humanistinen kulttuuri ovat nykyajan *Ahriman* ja *Ahuramazda* jatkuvassa taistelussa ja sovitamattomassa ristiriidassa. Ja niin humanististen valon puolustajat ovat linnoittautuneet asemiin turvatakseen kansakunnan luonnontieteellisen tiedon lohikäärmeeltä.

Fysiikka on inhimillisen kulttuurin tuotteena ja osana monessa suhteessa ainutlaatuinen. Sen tutkimuskohteina ovat luonnon objektien ja systeemien yleinen perusrakenne, kaikkien luonnonilmiöiden yhteiset perusilmiöt sekä niitä hallitsevat yleiset luonnonlait ja syy-seuraus -suhteet. Fysikaalinen tieto on siten *koko luonnon kattavaa, yleispätevintä ja perustavinta tietoa. Se muodostaa kaikkien luonnontieteiden ja niiden sovellusten yhteisen tiedollisen ja käsitteellisen perustan.*

Toiseksi, fysiikassa on *tiedon objektiivisuuden kriteerit* voitu kehittää pitemmälle ja täsmällisempään muotoon kuin millään muulla inhimillisen tiedon alueella. Fysikaalinen tieto on reaalitytietoa, jonka ratkaiseva kriteeri on aina havainto. Se edustaa kvantitatiivista tietoa, mikä merkitsee, että tiedon perustana olevaan havaintoon kuuluu sovittuihin standardimenetelmiin ja -yksiköihin perustuva mittaus. Tämän lisäksi vaatimus, jonka mukaan mittausten pitää tuloksineen olla toistettavissa missä, milloin ja kenen toimesta tahansa, ainakin periaatteessa, merkitsee tiedon objektiivisuuden korkeinta astetta, riippumattomuutta yhteiskuntajärjestelmästä, poliittisista näkemyksistä, uskonnosta, mielipiteistä ja asenteista. Fysiikan metodin voima on juuri tässä. Fysikaalisen tiedon historia antaa erinomaisia esimerkkejä sen ennakkokäsityksiä murtavasta voimasta. Tosin se on paljolti myös inhimillisten ennakkoluulojen traagista historiaa, mutta ehkä juuri sellaisena mielenkiintoisinta ja opettavinta. Mahdollisuus seurata tällaisia kriteerejä on tehnyt

<sup>1</sup> MAOL:n syyspäivillä 14.11.1976 pidetty esitelmä.

fysiikasta *metodisen perustieteen*. Siinä toteutuu eräs tieteellisen metodin perustyyppi, jonka olennaisia piirteitä nykyisin pyritään soveltamaan monien eri tieteenalojen tutkimuksessa.

Kolmanneksi, tiedon kvantitatiivisuus on tehnyt fysiikassa mahdolliseksi luonteeltaan ainutlaatuisen teorianmuodostuksen, jossa teoreettiset käsitteet ja niiden väliset matemaattiset relaatiot muodostavat luonnonilmiöille *kvantitatiivisia ennusteita antavia malleja*. Tämä on ollut perusedellytyksenä nykyisin selvänä pidetylle mahdollisuudelle ennustaa luonnon tapahtumia, toisinaan ohjata niitä toivottuun suuntaan sekä suunnitella halutulla tavalla toimivia koneita.

Neljänneksi, mittauksen asettaminen teorian hyvyyden perimmäiseksi kriteeriksi on johtanut siihen, että fysiikka ainoana inhimillisen tiedon alueena voi tarjota esimerkkejä *valmiista teorioista*, reaalityodellisuuden kvantitatiivisista malleista, joiden pätevyysalueet tunnetaan. Niinpä esimerkiksi klassisen mekaniikan rajat suuriin nopeuksiin ja energioihin sekä pieniin hiukkasiin päin hallitaan, ja mekaniikan ennusteiden varmuusaste on tällä perusteella hyvin tunnettu.

Fysiikka siis kuuluu tietämyksensä ja metodinsa puolesta keskeisimpiin perustieteisiin. Mutta ennen kaikkea fysikaalisen tiedon ominaislaatu tekee fysiikasta ainutlaatuisen osan inhimillistä kulttuuria. On ilmeistä, ettei lukiossa ole mahdollista antaa kovin tarkkaa ja kvantitatiivista kuvaa näin pitkälle kehittyneestä tieteenalasta, mutta on ainakin yhtä selvää, että sen sivuuttaminen kokonaan jättäisi suunnattoman aukon oppilaan yleiseen humanistiseen sivistykseen. Lukion fysiikan opetuksen suunnittelu vaatii ankaraa valintaa, ja on välttämätöntä tarkastella fysiikan merkitystä yksityiskohtaisemmin lukion tehtävän kannalta.

### 3. Fysiikan tietämys yleissivistyksessä

Lukion edellytetään antavan oppilaalle *yleissivistyksen keskeinen perustieto*.

*Luonnontieteellinen tietämys ja maailmankuva* on nykyaikaisen tiedollisen yleissivistyksen olennainen osa. Sen perusteella ihminen voi oppia tuntemaan itsensä ja elinympäristönsä, ymmärtää itsessään ja ympäristössään esiintyviä yleisiä lainalaisuuksia ja syy--seuraus -suhteita, tiedostamaan oman asemansa suhteessa ympäröivään todellisuuteen sekä näkemään mahdollisuudet vaikuttaa itseensä ja ympäristönsä. Ilman fysiikkaa, joka tarkastelee kaikkien luonnonilmiöiden yhteisiä perusteita, ei yhtenäisen kokonaiskuvan muodostaminen luonnosta ole mahdollista. Siksi *yleinen fysiikan tuntemus on luonnontieteellisen tietämyksen ja maailmankuvan ehdoton perusedellytys*.

Ihmiskunnan nykyiset elinolosuhteet ja yksilöin elinympäristö on kauttaaltaan tekniikan läpitunkema. Jokapäiväisessä elämässä ihminen käyttää jatkuvasti suunnatonta määrää erilaisia teknisiä laitteita ja tekniikan tuotteita. Yksilöin ei ole mahdollista oppia tuntemaan yksityiskohtaisesti kaikkien niiden toimintaa, perusominaisuuksia tai valmistusta, mutta fysiikka opettaa ne yleiset luonnon periaatteet, joihin nämä perustuvat, ja helpottaa siten ratkaisevasti yksityiskohtien ymmärtämistä. *Fysikaalinen perustieto on siten välttämätöntä, jotta yksilöi voisi sopeutua jatkuvasti muuttuvan teknisen elinympäristönsä vaatimuksiin ja oppia käyttämään hyväkseen sen suomia mahdollisuuksia*.

Ihmiskunnan tämän hetken suurissa ongelmissa on keskeisesti kysymys ihmisen ja luonnon välisestä vuorovaikutuksesta. Ihmisen toimenpiteet esimerkiksi energian ja ravinnon tuottamiseksi ja muu luonnon hyväksikäyttö ovat johtaneet moniin ennalta aavistamattomiin seurauksiin, jopa katastrofeihin. On herätty näkemään ihmisen vastuu, joka vaatii arvioimaan uudelleen elintason kehittämisen pyrkimystä, energian tarvetta ja monien inhimillisten tavoitteiden mieltä ja oikeutusta. Samanaikaisesti halutaan demokratian periaatteiden mukaisesti vetää kaikki mukaan osallistumaan ja vaikuttamaan kehittämissuunnitelmiin ja päätöksentekoon. Fysikaalinen tieto luonnonilmiöiden yleisistä lainalaisuuksista, esimerkiksi energian eri muotoja, niiden muuttumista toisikseen ja niiden vaikutuksia koskeva perustieto, on kuitenkin edellytys ihmisen luontoon kohdistuvien vaikutusmahdollisuuksien ymmärtämiselle. *Eikä ilman sitä ole mahdollista järkevästi osallistua tekniikan vastuuntuntoiseen hyväksikäyttöön tähtääviin pyrkimyksiin*.

Luonnontieteet ovat erityisesti sovellutustensa kautta vaikuttaneet ihmiskunnan historiaan erittäin voimakkaasti. Yhteiskunta, jolta puuttuisi esimerkiksi sähkömagneettisten ilmiöiden peruslakien hallinta, olisi niin ratkaisevasti nykyisestä poikkeava, että sitä on lähes mahdotonta edes kuvitella. Ei turhaan puhuta tieteellisteknisestä vallankumouksesta. Luonnontieteellisen tutkimuksen tulokset ovat tämän päivän kansallisessa ja kansainvälisessä politiikassa kaikkialla läsnä oleva ja vaikuttava taustatekijä. Yleinen fysikaalinen tietämys, joka on kaiken luonnontieteen ja tekniikan yhteinen perusta, *lisää siten olennaisesti edellytyksiä ymmärtää historian kehityksessä sekä nyky-yhteiskunnassa ja -politiikassa vaikuttavia tekijöitä*.

*Nykyaikaisen fysiikan kehitys on ratkaisevasti vaikuttanut käsitykseen ihmisen asemasta, mahdollisuuksista ja rajoituksista, ja tiedon merkityksestä sekä yleensä koko inhimilliseen ajatteluun*. Nykyaikaisen kulttuurikeskustelun välttämättömään taustaan kuuluu tietoisuus ajan suhteellisuudesta, massan ja energian ekvivalenssista, aineen rakenteesta, perusobjektien dualistisesta olemuksesta, epätarkkuusperiaatteesta ja luonnonlakien todennäköisyysluonteesta. Fysiikattoman lukio-opetuksen

uhriksi mahdollisesti jäävä suomalainen joutuu siinä auttamattomasti mitään ymmärtämättömän syrjästä kuulijan asemaan.

#### 4. Realiajattelu ja asennekasvatus

Koulutuksen tavoitteista käydyssä keskustelussa on vallinnut varsin suuri yksimielisyys siitä, että lukion kuten peruskoulunkin tulisi erityisesti luoda edellytyksiä *kypsan, tasapainoisen ja omaleimaisen persoonallisuuden kehittymiselle sekä avaralle, myönteiselle ja rakentavalle asenteenmuodostukselle.*

Tasapainoisen persoonallisuuden tärkeänä edellytyksenä on *sisäinen turvallisuus ja vapaus, joka voi perustua itsensä ja elinympäristönsä tuntemiseen ja ymmärtämiseen.* Tässä suhteessa luonnontieteellisellä tiedolla sinänsä on tärkeä merkitys. Sen ansiosta elämässä kohdattavat ilmiöt, tapahtumat tai välineet ovat osa tuttua luonnonjärjestelmää, ymmärrettäviä ja hallittavia eivätkä odottamattomia, hämmentäviä tai mystistä pelkoa herättäviä.

Toisena tärkeänä persoonallisuuden kehityksen tekijänä voidaan pitää *henkistä varmuutta ja rohkeutta, joka perustuu tietoisuuteen omien ajattelutapojen ja toiminnan perusteiden oikeutuksesta.* Tässä suhteessa fysiikan metodiin ja fysikaalisen tiedon keskeisiin edistysaskeliin tutustuminen voi merkitä paljon. *Fysiikan metodi on selvin mahdollinen objektiivisen tiedonhankinnan ja kriittisen ajattelun malli.* Fysiikan opetus voi tarjota varsin konkreetteja ja omakohtaisesti koettavia esimerkkejä siitä, miten käsityksille ja toimintasuunnitelmille etsitään reaalisia perusteita ja miten reaaliperusteet pakottavat joskus orientoitumaan kokonaan uudelleen ja muuttamaan hyvinkin varmoina ja selvinä pidettyjä ennakkokäsityksiä.

Fysiikka tarjoaa näin kasvatukselle konkreetteja keinoja kehittää *reaaliajattelua*, jossa matematiikan opettama looginen ajattelu kytketään realiteetteihin. Yleisesti realiajattelun luonteeseen kuuluu kyky ottaa ajattelussa huomioon realiteetit, arvostella saatua informaatiota realiteettien perusteella, analysoida uusia tilanteita ja erottaa niissä olennaiset reaaliset tekijät ja soveltaa yleisiä periaatteita ja teorioita käytäntöön samalla kriittisesti tarkaten niiden pätevyyttä realiteettien valossa. Kaikki nämä piirteet ilmenevät fysiikassa tavalla, joka havainnollistaa niiden merkitystä yleisinä ajatustapojen oikeutusta osoittavina piirteinä.

Realiajattelun kehittäminen tai siihen liittyvät persoonallisuuden kehityksen mahdollisuudet eivät tietenkään ole kasvatustavoitteina pelkkiä itseisarvoja, vaan ne ovat samalla tärkeitä *edellytyksiä yksilöin toiminta- ja vaikutusmahdollisuuksien kehittämiseksi* ja kaikelle sivistys- ja yhteiskuntaelämään osallistumiselle.

Luonnontieteellisen tiedon luonteen ja rajoitusten oivaltaminen fysiikan tarjoamien esimerkkien avulla saattaa myös antaa sysäyksen toivotun suuntaiselle asenteenmuodostukselle. Objektiivinen todellisuuteen nojautuminen johtaa fysiikassa oman ajattelun rajoitusten ja sidonnaisuuksien tiedostamiseen. Tämä voi luoda yleisempääkin valmiutta tarkkailla omia ennakkoluuloja ja -asenteita, ja se auttaa ymmärtämään välttämättömyyden muuttaa käsityksiä realiteettien perusteella. Tästä syystä *fysiikan opetus voi parantaa edellytyksiä suvaita ja ymmärtää erilaisia ajattelu- ja katsantotapoja* ja edesauttaa sellaisen asennepohjan muodostumista, jolle keskinäinen ymmärtämys, suvaitsevaisuus, ystävyys, kunnioitus sekä henkinen ja aineellinen tasa-arvo ja oikeudenmukaisuus perustuvat.

#### 5. Korkeakoulukelpoisuus

Yleissivistyksen, persoonallisuuden kehityksen ja asennepohjan luomisen yleisluontoisten kasvatustavoitteiden rinnalla on lukion "ammattillisena tavoitteena" *yleinen korkeakoulukelpoisuus.* Nämä kaksi tavoitekategoriaa eivät ole riippumattomat, vaan korkeakoulukelpoisuuteen kuuluu epäilemättä olennaisena osana edellisen tavoiteryhmän korostama yleinen kypsyys.

Korkeakouluopinnot edellyttävät tiettyjä perusvalmiuksia. Alasta riippumatta näihin kuuluu *tieteellisen metodin ja ajattelutavan alustava tuntemus.* Fysiikka tarjoaa tälle selvimmän ja helpoimman lähtökohdan, koska se eksakteimpänä reaalitieteenä tarjoaa täydellisimmän esimerkin tieteellisen metodin toiminnasta, mahdollisuuksista ja rajoituksista.

Perusluonnontieteenä fysiikalla on erityinen merkitys korkeakoulukelpoisuudelle luonnontieteellisillä aloilla, joihin kuuluvat fysiikka itse, kemia ja biologia lähitieteineen sekä nykyisin yhä enenevässä määrin myös psykologia, luonnontieteitä soveltavilla, joita ovat kaikki tekniset, lääketieteelliset ja maatalous-metsätieteelliset alat, sekä matemaattisilla aloilla.

Näiden alojen opiskelu edellyttää perustakseen huomattavasti enemmän fysiikkaa kuin vähimmän kvalitatiivisen kokonaiskuvan, jonka voidaan ajatella riittävän yleissivistyksen tarpeisiin. Tarvitaan *laskennallinen valmius kaikilla keskeisillä fysiikan osa-alueilla*, joita ovat ainakin mekaniikka, sähkö- ja magnetismioppi, aineen olomuotojen mekaniikka ja termodynamiikka, aaltoliikeoppi ja optiikka, atomi- ja ydinfysiikka sekä kvanttimekaniikan ja suhteellisuusteorian perusteet. On osattava käsitellä kvantitatiivisesti niiden tyypillisiä perusprobleemoja.

Tämä vaatimus merkitsee fysikaaliseen metodiin keskeisenä kuuluvan *malliajattelun perusteiden aktiivista omaksumista*, joka on pitkää kypsymistä vaativa oppimisprosessi. Ellei lukio voi sitä tarjota, voidaan korkeakoulukelpoisuus mainituilla aloilla saavuttaa vain pitkän ja työlään täydennysopiskelun avulla ennen korkeakouluun pyrkimistä.

Matematiikan opinnoissa fysiikalla on ensiarvoinen välinearvo. Se tarjoaa selvimmän ja monipuolisimman esimerkin matematiikan käytöstä sovellutuksissa. Siten matemaattisten alojen korkeakoulukelpoisuus edellyttää luonteeltaan samanlaatuista lukion fysiikan opetusta kuin luonnontieteelliset alat.

Yleinen korkeakoulukelpoisuus jää todellakin pelkäksi fraasiksi, jos lukio jättää epäkeloiseksi näin suurelle osalle mahdollisia korkeakouluopintoja.

## 6. Käytännön näkökohtia

Fysiikalle kuuluvaa asemaa lukiossa on edellä tarkasteltu vain fysiikasta itsestään käsin. Käytännön opetussuunnitelmia on harkittava, sekä sisällän että ajoituksen kannalta, myös *muiden oppiaineiden tarpeet* huomioonottaen. Kaikki luonnontieteet nojautuvat fysikaaliseen perustietoon, käyttävät fysiikan kehittämää peruskäsitteistöä ja mittausten menetelmiä ja edellyttävät fysiikan opetusta lukiossa. Fysikaalisella tiedolla voidaan myös paljonkin hyödyttää mm. liikunnan ja taideaineiden opetusta. Liikunnan mahdollisuudethan perustuvat täysin mekaniikan lakeihin. Taideaineissa puolestaan esimerkiksi valon, värien ja äänen fysiikan, akustiikan, akustisten ja optisten välineiden ja materiaalien fysikaalisten ominaisuuksien tuntemus olisi omiaan syventämään varsinaista alalta opittavaa tietoa ja alan keinojen ja välineiden ymmärtämystä. Kytkenät historiaan ja yhteiskuntaoppiin sekä myös filosofiaan ja uskonnon opetukseen ovat ilmeiset fysiikan yleisen kulttuurimerkityksen kannalta.

Toinen käytännössä huomioonotettava tekijä on *peruskoulussa annettu fysiikan opetus*. Sen ansiosta oppilaalla on lukioon tullessaan jo jonkin verran fysiikan pohjatietoa. Hän tuntee perusyksiköt, yksinkertaiset perussuureet ja -mittaukset. Hän on tutustunut joihinkin yksinkertaisiin perusilmiöihin, niitä luonnehtiviin suureisiin, niiden helposti nähtäviin säännönmukaisuuksiin, niiden ilmenemiseen luonnossa ja joihinkin sovellutuksiin. Kaikki tämä on tärkeitä perusmateriaalia, jonka tunteminen helpottaa lukiossa suoritettavaa käsitteellistä täsmennystä, yleistystä ja kokonaiskuvan rakentamista. Sen sijaan on ilmeistä, ettei peruskoulun fysiikka yksinään täytä mitään edellä esitettyjä lukion fysiikalle luonnostaan lankeavia tehtäviä, joissa kokonaiskäsitteiden muodostamisella on keskeinen sija, vaan parhaimmillaankin sillä on edellytyksiä vain fragmentaarisen perusmateriaalin alustavaan kokoamiseen niitä varten. Lukion muiden aineiden fysiikan tarpeesta se tyydyttää vain vähäisen osan.

Fysiikan opetuksella lukiossa on siten oma itsenäinen tehtävänsä, jota lukion kokonaistehtävää ajatellen ei mikään muu opetus voi korvata.

## 7. Fysiikan oppimääriä koskevia johtopäätöksiä

Edellä esitettyjen näkökohtien valossa lukion fysiikan opetuksen *tavoitteisto* hahmottuu kaksijakoiseksi.

Ensimmäinen tehtäväryhmä muotoutuu lukion yleissivistävän ja yleisen kasvatuksellisen tehtävän pohjalta. Sen yleisenä sisältönä on *nykyaikaisen luonnontieteellisen tietämyksen, ajattelutavan ja vastuullisen asennoitumisen tiedollisen, käsitteellisen ja metodisen perustan luominen*. Tämä merkitsee, että fysiikan kokonaiskuvan muodostamiselle on annettava pääpaino. On opetettava tuntemaan fysikaalinen peruskäsitteistö, luonnon objektien ja systeemien perusrakenne, fysikaaliset perusilmiöt, yleiset fysikaaliset luonnonlait ja syy--seuraus -suhteet, fysiikan keskeisten teoriain pääperiaatteet ja niiden pätevyysalueet, keskeiset mittausten menetelmät ja mittaustulosten käsittelytavat, keskeisten käytännön sovellutusten fysikaaliset periaatteet sekä kokeellisen tiedon, teorian, ennusteiden ja sovellutusten keskinäinen suhde fysiikan metodissa. Erityisesti on tärkeitä pyrkiä ymmärtämään ihmisen asema fysikaalisen todellisuuden osana, fysikaalisten luonnonlakien ihmiselle tarjoamat vaikutusmahdollisuudet ja niiden rajoitukset sekä fysikaalisten luonnonlakien hyväksikäytöstä aiheutuvat vaikutukset luontoon.

Toinen tehtäväryhmä lähtee korkeakoulukelpoisuuden tavoitteesta ja sisältää *laskennallisen valmiuden kehittämisen fysiikan perusprobleemien hallintaan*.

On ilmeistä, ettei niin laajaa fysiikan opetusta kuin molemmat tavoiteryhmät yhdessä edellyttävät voida mahdollistaa lukion kaikille yhteiseen opetusohjelmaan. Tällöin ei kuitenkaan pitäisi tinkiä siitä, että mahdollisuus yleiseen korkeakoulukelpoisuuteen, johon molemmat tavoiteryhmät kuuluvat, annetaan sijoittamalla lukioon koko tavoitteiston tavoitteluun riittävä valinnainen fysiikan oppimäärä. Tällöin pelkästään ensimmäiseen tavoiteryhmään keskittyvä suppeampi fysiikan opetus kuitenkin tulisi antaa kaikille muille.

Fysikaalisen tietämyksen luonne kulttuurimme ylivoimaisesti *laaja-alaisimpana kvantitatiivisen tiedon yhtenäisenä rakennelmana* merkitsee, että *fysiikka oppiaineena on perusrungoltaan varsin hyvin määritetty kokonaisuus*. Sen sisältä keskittyy varsin harvoin yleisiin peruskäsitteisiin,

periaatteisiin ja luonnonlakeihin. Kummankin oppimäärän on ensisijassa sisällettävä tämä sama kokonaisuus. Ne eroavat siten luonteeltaan vain tavoitteena olevan hallinnan laadun ja asteen puolesta. Pitkän oppimäärän tulee pyrkiä kvantitatiivisemmalle perusprobleemien laskennallisen hallinnan tasolle, kun suppeammalle riittää kvalitatiivisen ymmärtämisen taso. Tämä merkitsee, ettei jälkimmäistä voi mielekkäästi suunnitella edellisen osaksi, vaan *oppimäärien on todella oltava erillisiä*.

Tässä yhteydessä ei voida enää lähemmin tarkastella oppisisältöjen valintaa koskevia johtopäätöksiä. On kuitenkin tärkeä havaita, että lyhyen oppimäärän tavoitetaso edellyttää laskentatyöskentelyn voimakasta karsimista opetuksesta. Yleisen fysikaalisen tietoisuuden opetukselle jää näin aikaa paremman kattavuuden saavuttamiseksi kvalitatiivisemmalla tasolla.

Lukion yleisten kasvatustavoitteiden perustalta nouseva yleissivistävä ja kokonaisnäkemysiin pyrkivä fysiikan opetus, jolle tässä esitetyt näkökohdat antavat voimakkaan korostuksen, olisi Suomen lukion fysiikan opetusta ajatellen paljolti uudentyypinen tehtävä. Se vaatii uudenlaista asennoitumista sekä oppimääräsuunnitelmien laatijalta, oppimateriaalin tekijältä että opettajalta itseltään. Jos sellaista päätettäisiin lähteä toteuttamaan, saataisiin jo valmisteluvaiheessa nopeasti käytännön konkreetti osoitus siitä, onko puheella fysiikan opiskelun reaaliajattelua ja rakentavaa asennoitumista edistävästä vaikutuksesta katetta.