

Fysiikan merkitys yleissivistykselle¹

Kaarle Kurki-Suonio
Fysiikan laitos
Helsingin yliopisto

Valmisteilla olevan lukionuudistuksen vuoksi keskustelu yleissivistyksestä on nyt ajankohtainen, sillä lukio ymmärretään keskiasteen koulutuksessa ammattikoulujen yleissivistäväksi vaihtoehdoksi. Yleissivistykselle voidaan tuskin esittää selvää ja tyhjentävää määritelmää, josta kaikki olisivat yksimieliset. Useita sen luonnetta koskevia periaatteita voidaan kuitenkin pitää ilmeisinä ja yleisesti hyväksyttävänä. Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan vuonna 1977 julkistetussa mietinnässä esitetyt lukion tavoitteita voidaan myös pitää eräänlaisena sopimuksena siitä, mitä yleissivistyksellä nykyisin ymmärretään.

Yleissivistykseen kuuluu tietty *tiedollinen perusta*. Tällöin ensiksikin *jäsentynyt kokonaiskuva* on runsasta detaljitietoa tärkeämpi, vaikka detaljitieto onkin välttämätöntä kokonaiskuvan rakennusmateriaalia. Tämä antaa ilmeisen korostuksen tiedon *yleisyydelle ja yleispätevyydelle* ja painottaa yleisten rakenteellisten periaatteiden ja menetelmien sekä syy–seuraus-suhteiden merkitystä. Toiseksi erityinen arvo on annettava sellaiselle tiedolle, joka auttaa ihmistä tuntemaan ja ymmärtämään elinympäristöään, *omaa asemaansa ja suhdettaan ympäristöönsä*. Ympäristö on tällöin ymmärrettävä kokonaisvaltaisesti, ihmisen elämän, historian ja sivistyksen kaikki eri näkökulmat käsittävänä. Yleissivistyneen ihmisen ei pitäisi joutua ymmälle, tuntea avuttomuutta tai pelkoa siitä syystä, että hänen ympäristössään jatkuvasti kohtaamansa ilmiöt tai asiat ovat hänelle outoja ja arvoituksellisia, syiltään ja seurauksiltaan hämäriä. Kolmantena tiedon tärkeyden arvosteluperiaatteena voidaan pitää sen *käytännöllistä sovellettavuutta*.

Tietämyksen kokonaiskentässä luonnontieteellisellä tiedolla on tärkeä asema. Luonto ilmiöineen on hyvin konkreettinen puoli ihmisen elinympäristöä. Ihminen on luonnon osa. Ihmisen koko elämä ja olosuhteet ovat luonnosta ja sen ilmiöistä ratkaisevasti riippuvat.

Fysiikka on monella tavoin *perusluonnontiede*. Se tarkastelee kaikkien luonnonobjektien ja -ilmiöiden yhteisiä perusrakenteita ja -ilmiöitä. Kaikki tunnettu havaittava luonto muodostuu mekaanisilta, sähköisiltä, magneettisilta ja muilta ominaisuuksiltaan määräytyistä hiukkasista, joiden välillä vallitsevat tietyt vuorovaikutukset. Liikettä, voimien vaikutuksia, painovoimaa, sähkön ja magnetismin ilmiöitä, valon ja muiden säteilyn lajien käyttäytymistä, lämpöä, painetta ja niiden vaikutuksia, aineen rakennetta ja eri olomuotoja koskevat *fysikaaliset lainalaisuudet* vallitsevat samalla tavoin kaikkialla luonnossa. *Fysikaalinen tieto* on kaiken luonnontieteen perustietoa, se koskee yhtä hyvin elotonta kuin elollista luontoa, atomeja, pölyhiukkasia, kiviä, mikrobeja, ihmisiä, koneita, rakennuksia, taivaankappaleita, aurinkokuntia ja galakseja. Samoja fysiikan *peruskäsitteitä* ja samoja fysiikan *mittausmenetelmiä* tarvitaan kaikessa luonnontieteiden ja niiden sovellutusten tutkimuksessa.

Fysikaalisen tiedon pääosa keskittyy tiettyihin harvoin *perusperiaatteisiin* ja fysikaalisiin *teorioihin*, jotka ovat ainutlaatuisia, jäsentyneitä tietorakenteita. Ne ovat sekä yleispätevintä että täsmällisintä luontoa koskevaa tietoa, mitä ihmisen sivistys on tuottanut. Ihminen vallitsee luontoa niiden avulla siinä mielessä, että ne tarjoavat mahdollisuuden ilmiöiden kulun ennustamiseen tietyissä varsin hyvin tunnetuissa rajoissa ja ennalta nähtävällä tarkkuudella. Tämä ilmenee erityisesti siinä, että on mahdollista suunnitella ja rakentaa koneita ja järjestelmiä, jotka toimivat halutulla tavalla.

Luonteensa vuoksi fysiikan peruslait ovat olennainen osa *nykyaikaista maailmankuvaa*. Esimerkiksi koulufysiikassa opitaan, että $F = ma$ eli että tunnettu voima aiheuttaa tietylle massalle tietyn kiihtyvyyden tämän lain mukaisesti. On monella tavalla hyödyllistä osata soveltaa tätä lakia erilaisiin probleemeihin, kuten heittoliikkeen käsittelyyn, taivaankappaleiden ratojen laskemiseen, erilaisten koneiden toiminnan tarkasteluun, lujuslaskelmiin, nesteiden ja kaasun virtaukseen tai vaikkapa urheilusuorituksen tutkimiseen. Yleissivistyksen kannalta kaikki tällainen on kuitenkin detaljitietoa sen rinnalla, että tämä Newtonin ilmaisema yhteys voiman ja sen aiheuttaman liikkeen välillä on niin yleinen ja kaikkea koskeva, että se muodostaa kokonaisen maailmankuvan perustan. Siihen sisältyy äärimmäisen yksinkertaisessa laskennallisessa asussa ajatus, että fysikaalinen systeemi, jonka rakenneosat tunnetaan, käyttäytyy tunnetusta alkutilasta lähtien täysin määrättyllä ja ennalta laskettavalla tavalla. Nykyaikaisen yleissivistyksen kannalta on kuitenkin yhtä tärkeää tietää myös nykyaikaisen fysiikan tämän maailmankuvan pätevyydelle tietämät rajat.

¹ Virkaanastujaisesityelmä Helsingin yliopistossa 2.11.1977.

Vielä yleisempiä lakeja ovat *suuret säilymislait*, jotka ilmaisevat energian, liikemäärän, liikemäärämomentin (eli etenemis- ja pyörimisliikkeen määrän), varauksen ja tietyntyyppisten alkeishiukkasten säilymisen kaikissa tunnetuissa ilmiöissä. Erityisesti energian säilymislaki sekä järjestyneen ja järjestymättömän energian välistä suhdetta käsittelevä ns. lämpöopin toinen pääsääntö muodostavat yhdessä laajojen, energian, ravinnon ja kaiken teollisen tuotannon sekä niiden aiheuttamien jäte- ja ympäristöongelmien yleisen käsitteellisen ytimen. Ne määrittelevät varsin selvässä muodossa ihmiskunnan toiminnan mahdollisuudet ja rajat näissä kysymyksissä.

Aurinkokeskisen maailmankuvan läpimurtoa pidetään yhä ratkaisevana edistysaskeleena tieteen historiassa. Uudemmissa fysiikan tuloksissa on useita, jotka vaikuttavat maailmankatsomuksemme perusteisiin ainakin yhtä syvästi. *Ajan ja etäisyyden* suhteellisuus avaa kokonaan uuden näkökulman ihmisen asemaan maailmankaikkeudessa. *Heisenbergin epätarkkuusperiaate* edustaa tunnetuimpana esimerkkinä uuden fysiikan tietoa atomimaailman ilmiöiden havaittavuuden rajoista tai rajallisista mahdollisuuksistamme käsitellä näitä ilmiöitä tuntemiemme käsitteiden avulla. Nämä edelleen johtavat välttämättä uusiin käsityksiin fysikaalisen todellisuuden ja sitä vallitsevien luonnonlakien luonteesta.

Aineen ja energian samuus, aineen perushiukkasten ns. dualistinen *aalto-hiukkasluonne* ja samanlaatuisten hiukkasten *täydellinen epäyksilöllisyys* tai erottamattomuus toisistaan merkitsevät vallankumousta käsityksissämme olemassaolomme aineellisesta perustasta. Nämä toteamukset eivät ole pelkkää filosofis-käsitteellistä pohdintaa, vaan kaikilla niillä on mitä selvimmät konkreettiset seuraukset. Ydinenergian tapauksessa suhteelliset energian muutokset ovat niin suuria, että ne selvästi ilmenevät ydinten massoissa. Vain elektronien dualistisen luonteen perusteella ymmärrämme, miten elektronit voivat yhdessä positiivisesti varautuneiden ydinten kanssa muodostaa atomin kaltaisia pysyviä rakenteita. Elektronien erottamattomuus puolestaan on niin syvästi niiden olemukseen kuuluvaa, että se ratkaisee ne periaatteet, joiden mukaan elektronit ryhtyvät erilaatuisten atomien elektroniverhoiksi ja sitovat atomeja yhteen molekyyleiksi ja jotka säätelevät aineen sähköisiä ominaisuuksia. Siten aineen ominaisuuksien koko suunnaton rikkaus on seurausta elektronien epäyksilöllisyydestä.

Kaiken tämän yleisyyden rinnalla fysikaalinen perustieto on käytännössä välttämätöntä, jotta ihminen voisi sopeutua jatkuvasti muuttuvan elinympäristön vaatimuksiin, oppia käyttämään sen suomia mahdollisuuksia, ratkaisemaan vastaantulevia jokapäiväisiä ongelmia ja torjumaan teknisyyden aiheuttamia vaaran mahdollisuuksia.

Yleissivistyksessä ei kuitenkaan ole kysymys pelkästään – eikä edes ensisijaisesti – tiedosta, vaan ihmisen *koko persoonallisuudesta*. Lukion opetussuunnitelmatoimikunnan esittämistä perustavoitteista ilmenee hyvin, että tärkeintä yleissivistyksessä ja sen kehittämiseksi ovat ajattelun, toiminnan, ilmaisun, viestinnän ja itsensä kehittämisen *monipuoliset valmiudet*. Ainakin äidinkielen, vieraiden kielten, taideaineiden, liikunnan ja matematiikan merkitys opetusohjelmassa perustuu ilmeisellä tavalla näihin tavoitteisiin.

Puhtaammin tiedollinenkin opetus palvelee näitä päämääriä. Se merkitsee joka tapauksessa välttämättömän aineiston antamista kehittyvien valmiuksien harjoittamiseen ja soveltamiseen. Valitsemalla opetettava tieto sopivasti voidaan myös suoraan edesauttaa näitä tavoitteita. Erityisesti alussa todetut kolme tiedon tärkeyden arvosteluperiaatetta (kokonaiskuvan hahmottaminen, ihmisen ja ympäristön välisen suhteen jäsentäminen ja käytännön sovellettavuus) saavat juuri tästä varsinaisen perustelunsa.

Fysiikka käsitetään perinteisesti tietovaltaiseksi aineeksi. Erityisesti se on joskus nähty lähes pelkästään tekniikan perustietona. Puhtaasti tiedollisenakin aineena sen merkitys on ainutlaatuinen. Kuitenkin se palvelee samalla hyvin suoraan yleissivistyksen perusvalmiuksien kehittämistä. Fysiikan tarjoamaa mahdollisuutta *reaaliajattelun kehittämiseen* ei minkään muun aineen opetus voi korvata. Fysiikka on malli sille, miten todellisuus ja siinä vaikuttavat tekijät on otettava huomioon. Tulostensa kokeellisen luonteen ja erityisesti niiden täsmällisyyden vuoksi fysiikka osoittaa ainutlaatuisen selvästi, miten väärät käsitykset, puutteelliset perusteet, virheellinen ja huolimaton ajattelu armottomasti paljastuvat, kun niiden mukaan tehtyjä johtopäätöksiä sovelletaan käytäntöön. Fysiikka opettaa, että *luonnon hallinta merkitsee ensi sijassa sopeutumista luonnonlakeihin* ja toimimista niiden mukaan. Luonnon todellisuutta ei voi pakottaa seuraamaan ennakkokäsityksiä tai keksittyjä teorioita, elleivät ne ole todellisuutta vastaavia. Fysiikka opettaa hyvin kouraantuntuvasti, miten johtopäätökset on perustettava tosiasioihin ja ratkaisut niiden kohteena olevien asioiden todelliseen luonteeseen – muuten tulokset ja seuraukset ovat aivan erilaisia kuin on tarkoitettu.

Nykykaiseen maailmankuvaan kuuluvat fysiikan tulokset, joista eräisiin edellä viittasin, palvelevat myös asennekasvatusta osoittaessaan, miten todellisuus paljastaa ajatteluun kätkeytyjä sidonnaisuuksia ja pakottaa tarkistamaan selviltäkin tuntuvia käsityksiä. Näiden tulosten historia osoittaa samalla, miten lujasti viisainkin ihminen on muodostamiinsa käsityksiin sidottu, sillä hitaasti ja vaikeasti ovat kiistattomiinkin tosiasioihin perustuvat tulokset saavuttaneet hyväksymistä ja ymmärtämystä tutkijoiden itsensäkin keskuudessa.

Lukion opetussuunnitelmatoimikunta toteaa mietinnässään fysiikan välttämättömyyden muiden luonnontieteiden opetukselle ja sen merkityksen lukion tavoitteiden kannalta. Kuitenkin se esittää fysiikan jättämistä pelkästään valinnaiseksi aineeksi. Tämä on mietinnän ilmiselvä virhe ja sen sisäinen ristiriita. Ilman kaikille annettavaa fysiikan perusteiden opetusta eivät mietinnässä esitetyt hyvät, luonnontieteiden opetuksen yhdentämistä koskevat periaatteet voi toteutua, eikä lukiolle asetettujen tavoitteiden saavuttamiselle ole edellytyksiä.

Summary

The significance of physics for the general culture

The physical knowledge has a unique position in the human culture as the most systematic, exact and universal basic knowledge. Physics is not only the basis of all natural sciences and their applications, which penetrate through all our cultural environment, but it offers a basic scientific method and as basic way of realistic thinking. The results of modern physics mean a revolution in our picture of the world and in our comprehension of the nature of the reality. A modern general education is not possible without a basic course in physics.