

FYSIIKAN KRIISEISTÄ

DOS. KAARLE KURKI-SUONIO

Otteita Limeksen esitelmätilaisuudessa 27. 2. 64 pidetyistä esitelmistä.

Kriisi (kreik. *krisis* = ratkaisu), kään- teentekevä muutos, vaarallinen taitekohta; taudin käänne; rahapula, talouspula. (Otavan iso tietosanakirja. Osa 4 s. 1482).

Kehittyvässä tieteessä tapahtuu jatkuvasti pienempiä ja suurempia muutoksia. Olisi suorastaan loukkaus fyysikkoo kohtaan väit- tää, ettei hän olisi tälläkin hetkellä kriisin polttopisteessä vieläpä luultavasti syypää siihen. Onhan luonnonlaki, että jokainen uusi polvi uskoo näkevänsä kaiken parem- min ja uudessa valossa. Jos kuitenkin rajoit- tumme edistysaskeliin, jotka ovat merkin- neet maailman käsityksen ja ajatustavan mullistusta, emme tapaa historiasta kovin monta fysiikan kriisiä.

Länsimaisen fysiikan ensimmäisestä ja kohtalokkaimmasta kriisistä on jo kulunut yli 2000 vuotta. Se oli osa suuresta maail- manpoliittisesta kriisistä: jota Rooman valta- kunnan synty merkitsi. Se huipentui *Arkhi- medeen* väkivaltaiseen kuolemaan ja aiheutti fysiikan täydellisen sammumisen paljon yli tuhannen vuoden ajaksi. Voimme vain ar- vailla, mihin rauhallinen kehitys olisi voinut johtaa, ottaen huomioon, että mm. diffe- rentiaali- ja integraalilaskenta näyttää olleen aivan *Arkhimedeen* käden ulottuvilla ja tie- täen mitä se, kun se vihdoinkin noin 1900 vuot-

ta myöhemmin pääsi kehittymään, merkitsi luonnontieteelle.

Toinen fysiikan kriisi antoi odottaa itse- ään; ei fysiikkaa, ei fysiikan kriisejä. Kun luonnontiede alkoi versoa keskiajan skolas- tiikan laihassa maaperässä, se onnettomuu- dekseen turvautui Aristoteleen perintöön ohi *Arkhimedeen* ja sai lisäksi oman värityksen- sä katolisen kirkon virallisista uskomuksista. Selitettiin, että luonnonilmiöt pohjimmiltaan johtuivat jumalallisen säätämysten mukai- sesta *luonnollisesta hierarkiasta*. Kaikki spontaanit tapahtumat olivat vain ilmausta luonnon pyrkimyksestä asettaa kaikki arvo- järjestyksensä mukaiseen asemaan ja tilaan. Taivaalliset objektit noudattivat omia korke- ampia lakejaan. Kun geometrinen kuvioiden hierarkiassa oli ylimpänä ympyrä, oli luon- nollista määritellä tähtitieteen perusproblee- maksi: mistä tasaisista ympyräliikkeistä tai- vaankappaleiden liikkeet muodostuvat? Tär- kein tutkimusväline oli *ajatus*, jolle luonnon *kvalitatiivisen tarkastelun* katsottiin antavan täysin riittävän todellisuuspohjan. Eipä kumma, jos kahden leiviskän kivi putosikin siihen aikaan kaksi kertaa niin nopeasti kuin yhden leiviskän.

Jo varhaisesta skolastiikasta lähtien esiin- tyy myös epäileviä huomautuksia vallitsevis- ta käsityksistä kuin kriisin siemeninä. Kirkko teki voitavansa kaikkien itujen kitkemiseksi ja onnistui siinä jokseenkin täydellisesti aina

Galilein, Kopernikuksen ja Keplerin päiviin asti, jolloin kriisi vastustamattomasti puhkesi.

Tavallisesti annetaan Galileille kunnia tapahtuneesta ajatustavan muutoksesta suhteessa luonnon havaitsemiseen. Alettiin ymmärtää, että oli mahdollista *kvantitatiivisen havainnon* avulla tarkistaa, tapahtuivatko ilmiöt niinkuin niiden oli ajateltu tapahtuvan. Toinen tärkeä askel oli *matematiikan arvonnousu* tiennäyttäjäksi uusiin tuloksiin. Tämä on hyvin ilmeistä Galilein tutkimuksissa, mutta varsinkin Keplerin lait osoittivat matematiikan tyrmäävän todistusvoiman.

Tiedämme hyvin, minkälainen oli uusien ajatusten tai pikemminkin niiden tuottamien tulosten ja löytöjen vastaanotto. Jos kirkko määräsi, ettei Jupiterilla ollut kuita, niiden näkeminen merkitsi vain, että loukattiin pahoin jumalallista järjestystä, jota suurten taivaankappaleiden luku seitsemän symbolisoi. Kriisin edistyminen oli hidasta. Uusia ajatustapoja ei omaksuttu yleisesti, varsinkin kun kirkko huolehti tieteen jälkipolven kasvattamisesta. Oikeastaan vasta puoli vuosisataa myöhemmin *Newton* uusilla tuloksillaan ratkaisevasti sinetöi kriisin. Kun Galilein ja Keplerin tulokset koskivat yksinomaan sitä, *miten* liikkeet maan päällä ja avaruudessa tapahtuivat, päättyivät Newtonin matemaattiset päätelmät niin yksinkertaisiin yhteisiin peruslakeihin, että voitiin sanoa hänen selittäneen, *miksi* liikkeet tapahtuivat siten.

Klassillisessa fysiikassa tuli Newtonin jälkeen kyllä useita suurmiehiä, mutta he eivät olleet vallankumouksellisia, vaan heidän suuruutensa oli, että he kulkivat käänteestä avautunutta tietä suoraan kehittämällä klassillisen fysiikan vähitellen lähes täydellisyteen.

Näin jälkikäteen näemme, kuinka 1800-luku alkoi valmistella uutta kriisiä. Atomistiset teoriat saavuttivat suurta menestystä, mutta kohtasivat silloin tällöin joitakin kiu-

sallisen kovia pähkinöitä. Ensin todettiin kaasujen ominaislämpötilojen olevan sovitamattomassa ristiriidassa teorian kanssa. Sitten jouduttiin pulaan ns. mustan kappaleen säteilyn kanssa, ja vähitellen vuosisadan jo vaihtuessa uuteen kertyivät kaikki jo klassillisen kuuluisuuden saavuttaneet ongelmat: valosähköinen ilmiö, Comptonsironta, Rutherfordin koe, spektroskopian todisteet atomin rakenteesta jne. Näiden vuoksi jouduttiin atomifysiikassa tekemään kummallisia, jopa ristiriitaisiakin hypoteeseja. Toisaalta valon nopeuden mittaukset johtivat mahdottomiin tuloksiin. Näin ajaututtiin lopulta umpikujaan, kriisi oli alkanut.

Päättynyttä rauhallisen kehityksen kautta voidaan kutsua *mekaanisen mallin aikakaudeksi*. Sen ajatustapaa luonnehtii osuvasti lordi Kelvin: «Jos voin muodostaa ilmiölle mekaanisen mallin, voin sen ymmärtää, ellen, en voi ymmärtää sitä». Kriisi syntyi, kun kaikkia havaittuja ilmiöitä ei pystytty tässä hengessä ymmärtämään; kun ei enää voitukaan seurata ilmiöiden yksityiskohtaista tapahtumista muodostettujen konkreettisten mallien avulla.

Kvantitatiivinen luonnonilmiöiden mittaaminen oli Galilein ansiosta noussut ehdottoman auktoriteetin asemaan, ja oli erittäin hämmäntävää, kun auktoriteetti nyt näytti puhuvan ristiin. Siitä näytti tulleen diktaattori, jonka oikkuja fyysikkoparat epätoivoisesti yrittivät toteuttaa. Niinpä suurelle auktoriteetille itselleen tehtiin perusteellinen tutkimus, tohtoreina *Einstein, Planck, Bohr, Heisenberg, Schrödinger, Dirac, Jordan, Pauli*, jne. Diagnoosi osoitti, että konkreettinen mekaanisen mallin tasolla tapahtuva ymmärtäminen oli liikaa vaadittu ja oli pakko korvata abstraktisemmalla ymmärtämisellä *matemaattisen mallin* tasolla. Kysymyksessä oli siis *ymmärtämisen kriisi*. Jälleen käänne merkitsi samalla matematiikan arvonnousua. Tällä kertaa oli tuloksena suhteellisuusteori-

an ja kvanttimekaniikan syntyminen.

Mitä lähemmäksi nykyhetkeä tullaan, sitä vaikeammaksi käy tilanteen seuraaminen. Tämä ei ole pelkästään perspektiivin puutetta, vaan johtuu suureksi osaksi myös *käänteestä* (siis kriisistä), joka pari vuosikymmentä sitten alkoi tapahtua *yleisessä suhtautumisessa fysiikkaan* ja josta aiheutuu, että 99 % kaikista maailman fyysikoista elää tällä hetkellä. Tämän pitäisi merkitä huimaavaa edistymistä, mutta sen lisäksi se ainakin merkitsee *tieteellisen kommunikaation kriisiä*, ts. suunnattomia määriä yhä spesiaalisempia ja vaikeammin luettavia julkaisuja, joiden seasta on toivotonta yrittää etsiä kehityksen yleistä linjaa.

Nykyisestä tutkimuksesta on suurin osa kriisitöntä fysiikkaa, kahdessa edellisessä kriisissä syntyneiden ajatustapojen soveltamista. Toisaalta ovat lähimmän kriisin jälkimainingit vielä selvästi havaittavissa. Yhä keskustellaan siitä, miten kvanttimekaniikan ja suhteellisuusteorian pohjimmaiset periaatteet on ymmärrettävä. Samalla on kuitenkin alkanut näkyä myös viitteitä käänteiden jälkeisen suoran päättymisestä. Monet vakuuttavat esimerkiksi kenttien kvanttiteorian joutuneen divergenssivaikeuksiensa vuoksi peruuttamattomasti umpikujan. Myös on ainakin alkeishiukkastutkimuksessa johdettu probleemoihin, joihin eivät tähänastiset teoriat pysty käymään käsiksi. Mikä laki määrää alkeishiukkasten olemassaolosta ja antaa niille niiden havaitut ominaisuudet? Vielä ei

ole selvinnyt, tarvitaanko ehkä jälleen ajatustavan täydellinen mullistus, vai selvitääkö edellisen kriisin luomassa hengessä eteenpäin.

Toinen kysymys sitten on, olemmeko henkisesti valmiit ottamaan vastaan uuden ajatustavan. Aikaisemmat kaksi kertaa eivät todellakaan ole rohkaisevia. Olemme kyllä valmiit ylemmydentuntoisesti halveksimaan entisaikojen ahdasmielisyyttä ja kykenemättömyyttä hyväksyä päivänselviä todisteita. Kuitenkin tulee aina olemaan verrattomasti helpompaa sivuuttaa harvat vastakkaiset havainnot kuin luopua omaksutusta maailmankuvasta, joka on osoittautunut hyödylliseksi ja järkeväksi. Kyllä Ptolemaioksen systeemi, vaikka olikin mutkikas, antoi vielä Keplerin aikana taivaankappaleiden liikkeitä lähes havaintotarkkuuden rajoissa, Tyko Brahen mittaukset edellyttivät vain pienenpieniä korjauksia. Oliko siis mitään syytä luopua uuden ja tuntemattoman hyväksi siitä mikä hyvin hallittiin. Ei järkevä 1900-lukukaan ottanut fanfaarein vastaan uusia ajatuksia. Selvästi tämä kuultaa Planckin katkeransävyyisistä sanoista: «Hyvin harvoin tärkeä tieteellinen uudistus raivaa tiensä voittamalla vähitellen puolelleen ja vakuuttamalla vastustajansa, harvoin sattuu että Saulista tulee Paavali. Mitä tapahtuu, on että vastustajat aikanaan yksi kerrallaan kuolevat pois ja että kasvava sukupolvi alusta lähtien tutustuu uusiin ajatuksiin.» Onneksi ei vanhoillisella ajatustavalla ollut enää käytettä-

vissä samaa valtaa ja yhtä tehokkaita voimakeinoja kuin edellisellä kerralla. Tosin siitä ei paljon puuttunutkaan siellä, missä vallitsevana uskontona oli dialektinen materialismi, jonka pyhiä käsityksiä nyt loukattiin. Ihmisellä on taipumus kieltää sellaisten tosiasiain ja havaintojen merkitys, jotka eivät ole sopusoinnussa hänen vakaumuksensa kanssa. Mikä siis lienee se uskonto, jonka vuoro on ensi kerralla asettua vastahankaan?

On myös otettava huomioon se mahdollisuus, ettei nyt niin ankarasti pohdittuja probleemoja pystyttäisikään ratkaisemaan. Siinäpä kriisi. Sen ei välttämättä tarvitse merkitä älyllisen kapasiteetin puutetta. Alkeishiukkasten syvimät kysymykset nimitäin edellyttävät kokeelliselta tutkimukselta yhä korkeampia energioita, ja kun laitteistot alkavat vähitellen lähestyä ihmiskunnan taloudellisten mahdollisuuksien rajoja, uhkaa *talouskriisi* ja sitä välttämättä seuraava *kriisi yleisen mielipiteen suhtautumisessa* fysiikkaan, joilla saattaisi olla sama vaikutus.

Loppujenlopuksi, lähimmänkin tulevaisuuden ennustaminen on vain arvailua. Teemmepä nykytilanteesta miten terävän analyysin tahansa, vasta aika näyttää, minkä kriisin poikasta haudomme nykyajan fysiikan suuressa munassa, vai onko se peräti tyhjä.