



UNIVERSITY  
OF TAMPERE

This document has been downloaded from  
Tampub – The Institutional Repository of University of Tampere

The permanent address of the publication is <http://urn.fi/URN:NBN:fi:uta-201212121096>

Kustantajan versio

Tekijä(t):	Oksman, Tuula
Nimeke:	Mekaniikan kausaalisuus : Newtonin mekaniikka didaktisen fysiikan näkökulmasta
Teoksen nimi:	Järjen ja arjen ääniä : Tampereen normaalikoulu tutkii, kokeilee ja kehittää
Teoksen toimittaja(t):	Ahonen, Kaarina; Juutilainen, Tiina
Vuosi:	2012
Sivunumerot:	93-98
ISBN:	978-951-44-8706-4
Julkaisija:	Tampere University Press
Tieteenala:	Kasvatustieteet
Yksikkö:	Kasvatustieteiden yksikkö
Julkaisun tyyppi:	Artikkeli kokoomateoksessa
URN:	URN:NBN:fi:uta-201212121096

All material supplied via TamPub is protected by copyright and other intellectual property rights, and duplication or sale of all part of any of the repository collections is not permitted, except that material may be duplicated by you for your research use or educational purposes in electronic or print form. You must obtain permission for any other use. Electronic or print copies may not be offered, whether for sale or otherwise to anyone who is not an authorized user.

# MEKANIIKAN KAUSAALISUUS

## Newtonin mekaniikka didaktisen fysiikan näkökulmasta

*Tuula Oksman*

### Tiivistelmä

Tampereella on viriämässä yhteistyömuotoja normaalikoulun, opettajankoulutuslaitoksen ja teknillisen yliopiston kesken. Osana tätä yhteistyötä valmistelen mekaniikan kausaalisuutta käsittelevää lisen-siaattityötäni Tampereen teknilliseen yliopistoon. Työssäni tutkin, minkälaisia ongelmia lukio-opiskelijoilla ja korkeakouluopiskelijoilla on mekaniikan syy-seuraus -suhteen eli kausaalisuuden ymmärtämisessä. Yritän löytää uusia näkökulmia mekaniikan opetukseen tutkimalla muun muassa ennakkokäsitystestien paljastamia virhekäsityksiä sekä ongelmia, joita aiheutuu silloin, kun fysikaalinen todellisuus jää matemaattisten yhtälöiden taakse.

### Fysiikan metodi – kokeellisuus ja eksaktisuus

Luonnontieteillä ja varsinkin fysiikalla on ollut tärkeä maailmankuvaa rakentava merkitys. Maailmankuvaamme ovat muokanneet Koper-

nikuksen, Keplerin, Galilein ja Newtonin tutkimukset taivaankappaleiden liikkeistä, liikeilmiöistä ja ilmiöihin vaikuttavista tekijöistä. Tutkijat pääsivät uuden tiedon äärelle siirtyessään kaukoputkien ääreen ja laboratorioihin. Empiirisistä havainnoista etsittiin ja löydettiin invariansseja, ja käsitys todellisuudesta rakennettiin näiden havaintojen pohjalta. Juuri tämä on fysiikan metodi. Se tutkii kokeellisesti luonnonilmiöitä, ja koetulokset esitetään eksaktisti matemaattisessa muodossa.

Ajatus havainnoista tiedon perustana on lähtökohtana myös nykyisessä fysiikan opetuksessa. Opetussuunnitelmien asettamissa fysiikan opetuksen tavoitteissa on vahva pyrkimys kokeellisuuteen ja eksaktisuuteen. Perusasteella fysiikan opetuksen ydintehtävänä on syventää oppilaan tietämystä fysiikasta ja käsitystä fysikaalisen tiedon luonteesta sekä vahvistaa kokeellisen tiedonhankinnan taitoja. (Tampereen normaalikoulun opetussuunnitelma.) Lukion fysiikan syventävillä kursseilla tavoitteena on, että opiskelija tutustuu klassisen fysiikan osa-alueisiin ja tutkii luonnon ilmiöitä sekä mallintaa ja esittää niitä matemaattisten ja graafisten menetelmien avulla (Tampereen normaalikoulun opetussuunnitelma).

Fysiikka tieteenä on kokeellinen ja eksakti (Kurki-Suonio et al. 1998). Kaikilla fysiikan teorioilla on empiirinen pohja, ja fysikaalinen tieto on aina kokeellisesti perusteltua. Fysiikka on luonnontieteistä eksaktein: teorian tulee vastata havaintoja niin tarkasti kuin havainnot pystytään tekemään. Tämän eksaktisuuden vaatimuksen takia matematiikalla on tärkeä välinearvo fysiikassa.

## Newtonin mekaniikka – mekaaninen maailmankuva

Fysiikan osaa, joka tutkii liikkeitä ja niihin vaikuttavia tekijöitä, sanomme mekaniikaksi. Se on koko fysiikan lähtökohta. (Laurikainen 1973.) Newtonin mekaniikalle eli klassiselle fysiikalle on tunnusomaista mekaaninen maailmankuva ja kausaalisuus – syyilmiö aiheuttaa seurausilmiön.

Newtonin mekaniikka on ihmisen oman suuruusluokan ilmiöiden teoria, jolla on laaja pätevyysalue. Se ei kuitenkaan päde kaikissa olosuhteissa, vaan vastaan tulee niin kvanttimekaaninen kuin suhteellisuusteoreettinenkin raja. Newtonin mekaniikka on ainut fysiikan teoria, jota käsitellään koulukursseissa. Koulukursseissa perehdytään Newtonin peruslakeihin, jotka kuvaavat erilaisissa vuorovaikutuksissa ilmeneviä voimia. Nämä kolme tuttua peruslakia ovat jatkuvuuden laki, dynamiikan peruslaki sekä voiman ja vastavoiman laki. Vuorovaikutuksissa on aina kaksi kappaletta ja vuorovaikutus aiheuttaa kaksi yhtä suurta vastakkaissuuntaista voimaa, jotka muuttavat vuorovaikuttavien kappaleiden liikettä tai muotoa. Vuorovaikutus on siis syyilmiö, jonka suuruutta voidaan kuvata voimalla, ja kaikki liiketilan muutokset aiheutuvat vuorovaikutuksista. Liiketilan muutos tai kappaleen muodon muutos on seurausilmiö.

Klassisessa mekaniikassa käsitellään liikeilmiöitä matematiikan avulla. Tarkastelun pohjana on koordinaatisto, jonka avulla kappaleen paikka on määritelty paikkavektorin ( $\vec{r}$ ) avulla. Käsiteltävät kappaleet oletetaan pistemäisiksi, jolloin voidaan puhua massapistestä ja sen tarkasta paikasta tiettyä ajanhetkenä. Newtonin mekaniikan perustana on myös ajan absoluuttisuus eli aika on kaikille havainnoitsijoille sama. Kuvattaessa kappaleen liikettä tarvitaan käsitteitä nopeus ( $\vec{v}$ ) ja kiihtyvyys ( $\vec{a}$ ), jotka myös ovat ajan funktioita. (Laurikainen 1973.)

Jos liikkeessä tunnetaan paikkavektori ajan funktiona, niin nopeus ja kiihtyvyys voidaan määrittää matemaattisesti, sillä nopeus on paikkavektorin derivaatta ajan suhteen ja kiihtyvyys on nopeusvektorin

$$\vec{r} = \overline{r(t)}$$

$$\vec{v} = \overline{v(t)}$$

$$\vec{a} = \overline{a(t)}$$

derivaatta ajan suhteen. Massapisteen nopeus ja kiihtyvyys eivät siis ole toisistaan riippumattomia, vaan paikkavektori määrää ne yksikäsittei-

sesti. Kääntäen kiihtyvyyden avulla voidaan integroimalla määrittää nopeus ja edelleen massapisteen paikka. (Laurikainen 1973.)

Vuorovaikutus on syyilmiö, jota mitataan voimalla, ja kappaleen liiketilän muutos on sen seuraus. Newtonin liikeyhtälö ( $\sum \vec{F} = m\vec{a}$ ) tekee mahdolliseksi massapisteen liikkeen matemaattisen hallinnan, jos massapisteeseen vaikuttavat voimat tunnetaan. Tämä matematiikan eksaktisuus on Newtonin mekaniikan esittämän mekaanisen maailmankuvan perusta. Kaikki liikeilmiöt voidaan hallita laskennallisesti menneisyyteen tai tulevaisuuteen. (Laurikainen 1973.)

## Opetuksen haasteet

### Virheelliset ennakkokäsitykset

Opiskelijoilla olevia mielikuvia ja uskomuksia luonnonilmiöiden selityksistä kutsutaan ennakkokäsityksiksi, ja näitä ennakkokäsityksiä voidaan testata. Tutkimusten mukaan ennakkokäsitykset ovat kohtalaisen pysyviä ja usein ristiriidassa luonnontieteellisen tiedon kanssa. Monet ennakkokäsityksistä ovat samantapaisia kuin luonnontieteiden historiassa esiintyneet virhekäsitykset ovat olleet. (Lavonen et al.) Aristoteleen liikeopissa oli *”liikevoima”*, joka aiheutti kappaleille liikkeen, ja kun liikevoima lakkasi kappale pysähtyi. Tyypillinen mekaniikan kausaalisuuteen liittyvä virheellinen ennakkokäsitys on, että tasaisen liikkeen ylläpitämiseen tarvitaan aristoteelinen liikevoima. Ennakkokäsityksen mukaan myös jatkavuuden laki voi tuntua virheelliseltä, sillä liikeilmiöissä maan pinnalla kappaleet lopulta pysähtyvät. Opettajan on tiedettävä opiskelijoiden virheelliset ennakkokäsitykset ja saatava myös opiskelijat tietoisiksi niistä. Vasta tämän jälkeen opiskelijat voivat oppia pois virhekäsityksistä sekä rakentaa (konstruoida) uudet käsitteet ja mallit omakohtaisten havaintojen ja ajattelun pohjalta.

## Mekaniikan matemaattisuus

Mekaniikan opetuksessa laskennallisilla tehtävillä on keskeinen asema, sillä niiden avulla opetetaan käyttämään mekaniikan lakeja, malleja ja teoriaa ilmiön kuvaamisessa ja kvantitatiivisessa käsittelyssä. Jos fysikaalinen todellisuus jää matemaattisten yhtälöiden taakse, opetukselle asetetut keskeiset tavoitteet eivät toteudu. Fysiikan harjoitus-tehtävissä pelkkien kaavojen ja laskutoimitusten käyttö ns. *kaavatauti* hämärtää fysiikan empiiristä luonnetta. Kurki-Suonioiden (1889) mukaan opettajan tunnilla suorittamat laskuesimerkit ovat ”teorian demonstraatioita”, mutta opiskelijoille annettavat harjoitustehtävät vaativat opiskelijalta aktiivista työskentelyä, ja ne ovat ”teorian laboratorioharjoituksia”. Hyvässä laskutehtävän ratkaisussa ilmenee fysikaalisen tiedon luonne, ilmiöiden ja teorian välinen vastaavuus, käsitteiden empiiriset merkitykset sekä lait ja niiden pätevyysalueet. (Kurki-Suonio et al. 1998.)

Opetuksessa on tärkeää, että suureista käytetään niiden nimiä (ei pelkkiä tunnuksia) sekä korostetaan suureiden ja lakien merkityksiä ja pätevyysalueita. Näin vahvistetaan opiskelijoiden mielikuvia siitä, että merkitykset syntyvät ensin, ja merkitysten pukeminen symboliseen muotoon, käsitteiksi, suureiksi ja yhtälöiksi vasta myöhemmin. Opetuksen luonnollinen suunta on Kurki-Suonion mukaan konkreettisesta kohti abstraktia eli havainnoista kohti teoreettista mallia.

## Johtopäätökset

Mekaniikan kausaalisuutta käsittelevä tutkimukseni on alkuvaiheessa, ja tutkimusongelmat ja tutkimusmenetelmät ovat vasta hahmottumassa. Aihe on mielenkiintoinen, sillä mekaniikka ja kausaalisuus ovat hallitsevassa asemassa fysiikan opetuksessa. Ilmiöillä ja teorialla on vastaavuus, käsitteillä on empiiriset merkitykset sekä laeilla pätevyysalueet. Newtonin mekaniikan esittämä mekanistinen maailmankuva ei

kuitenkaan vastaa todellista kuvaa maailmasta (eikä fysiikasta tieteenä), sillä todellisuus on huomattavasti monimutkaisempi ja kaoottisempi. Silti Newtonin mekaniikan avulla on hyvä opettaa fysiikan metodia - kokeellisuutta ja eksaktisuutta sekä fysikaalisen tiedon luonnetta.☹

## Lähteet

*Tampereen normaalikoulun opetussuunnitelma.* [http://www.uta.fi/laitokset/norssi/perusopetuksen\\_ops/fysiikka.php](http://www.uta.fi/laitokset/norssi/perusopetuksen_ops/fysiikka.php) (7.2.2011). Tampereen normaalikoulu.

*Tampereen normaalikoulun opetussuunnitelma.* [http://www.uta.fi/laitokset/norssi/lukion\\_ops/fysiikka.php](http://www.uta.fi/laitokset/norssi/lukion_ops/fysiikka.php) (7.2.2011). Tampereen normaalikoulu.

**Kurki-Suonio, Kaarle & Kurki-Suonio, Riitta 1998.** Fysiikan merkitykset ja rakenteet. Limes ry.

**Kurki-Suonio, Kaarle & Kurki-Suonio, Riitta.** Ajatuksia didaktisesta fysiikasta. <http://didactical.physics.helsinki.fi/didfys/ajatuksia.htm> (4.3.2011)

**Laurikainen K. V., 1973.** Atomistiikan aatemaailma. Universitas-sarja. WSOY.

**Lavonen J., Meisalo V.** Oppilaiden ennakkokäsitykset. <http://www.edu.helsinki.fi/malu/kirjasto/ennakko/main.htm> (4.3.2011)