



Kasvaako kappaleen massa, kun se liikkuu?

Jukka Maalampi



Martti Pekkanen puuttui kirjoituksessaan (*Tieteessä tapahtuu* 1/2002) minun aiemmin Leena Tähtisen ja Jim Al-Khalilin kirjoja koskeneessa arvostelussa esittämään toteamukseen, että liikemassan käsite pitäisi viimeinkin heittää historian roskakoriin. Hän väitti, että joko minä tai Albert Einstein on tässä asiassa väärässä – tarkoittaen ehkä, että nimenomaan minä. On ilmeisestikin paikallaan selittää vähän tarkemmin, mistä on kysymys ja miksi liikemassan käsitettä ei minun mielestäni ole syytä käyttää.



Massa on aineellisen kappaleen ominaisuus, joka klassisen fysiikan mukaan kuvaa toisaalta kappaleen hitautta eli siitä, miten kappale vastustaa kiihdyttämistään ja toisaalta siitä, miten painovoima vaikuttaa siihen. Einsteinin suhteellisuusteorian mukaan näissä kahdessa massan puolessa on kyse yhdestä ja samasta asiasta. Tämä massa, jota kutsutaan myös lepomassaksi, kuvaa kappaletta itseään, sen luonnetta, eikä sen arvo riipu siitä, onko kappale levossa vai liikkuuko se ja millä nopeudella. Se on invariantti, havaitisijasta riippumaton, ominaisuus samaan tapaan kuin esimerkiksi sähkövaraus. Kun tieteellisessä kirjallisuudessa puhutaan massasta, tarkoitetaan nimenomaan lepomassaa.



Albert Einsteinin kuuluisa kaava $E=mc^2$ koski alun perin lepomassan (m) ja energian (E) välistä yhteyttä (c on valonnopeus). Lepomassa on siis eräs energian muoto. Kun elektroni ja sen antihiloikkanen positroni joutuvat kosketuksiinsa toistensa kanssa, ne annihiloituvat eli muuttuvat puhtaaksi energiaksi, massattomiksi fotoneiksi. Syntyvän energian määrä on Einsteinin kaavan mukainen, kun massana on elektronin ja positronin massojen summa. Auringossa massaa muuttuu muuksi energiaksi neljä miljoonaa tonnia sekunnissa.



Myöhemmin Einsteinin energiayhtälö yleistettiin liikkeessä olevan kappaleen tapaukseen. Massaenergian lisäksi kappaleella on silloin liike-energiaa. Einsteinin kaava voitiin kuitenkin säilyttää muodollisesti alkuperäisessä muodossaan korvaamalla massa m uudella suureella M , jolle annettiin nimi liikemassa. (Matemaattisesti $M = m/(1-v^2/c^2)^{1/2}$, missä v on kappaleen nopeus havaitisijan suhteen ja c on valonnopeus.) Tämän uuden käsitteen otti ensimmäisenä käyttöön tietävästi kemisti Gilbert Lewis.



Massa on energiaa, mutta energia ei ole pelkkää massaa. Liikemassa sisältää kappaleen sisäistä luonnetta kuvaavan lepomassan lisäksi liikkeestä aiheutuvan liike-energian. Liike-energia luonnollisesti kasvaa, kun kappaleen nopeus kasvaa, ja sen vuoksi myös suure M kasvaa lähestyen ääretöntä, kun nopeus lähestyy valonnopeutta. Massalle m ei tapahdu mitään; liike ei vaikuta siihen millään tavalla.



Toisin kuin lepomassa, liikemassa ei ole absoluuttinen kappaletta luonnehtiva ominaisuus, vaan sen suuruus riippuu mittajaajan nopeudesta kappaleen suhteen. Kaksi eri nopeudella liikkuvaa mittajaa saavat liikemassalle eri arvon. Jos mittajaa kulkee kappaleen mukana, ei M muutu ollenkaan, vaikka kappaleen ja mittajaajan nopeus kasvaisivat esim. maanpinnan suhteen kuinka paljon tahansa. Pelkäänpä, että tämä oleellinen asia, liikemassan suhteellisuus, on jäänyt Martti Pekkasen pohdintoissa vaille huomiota.

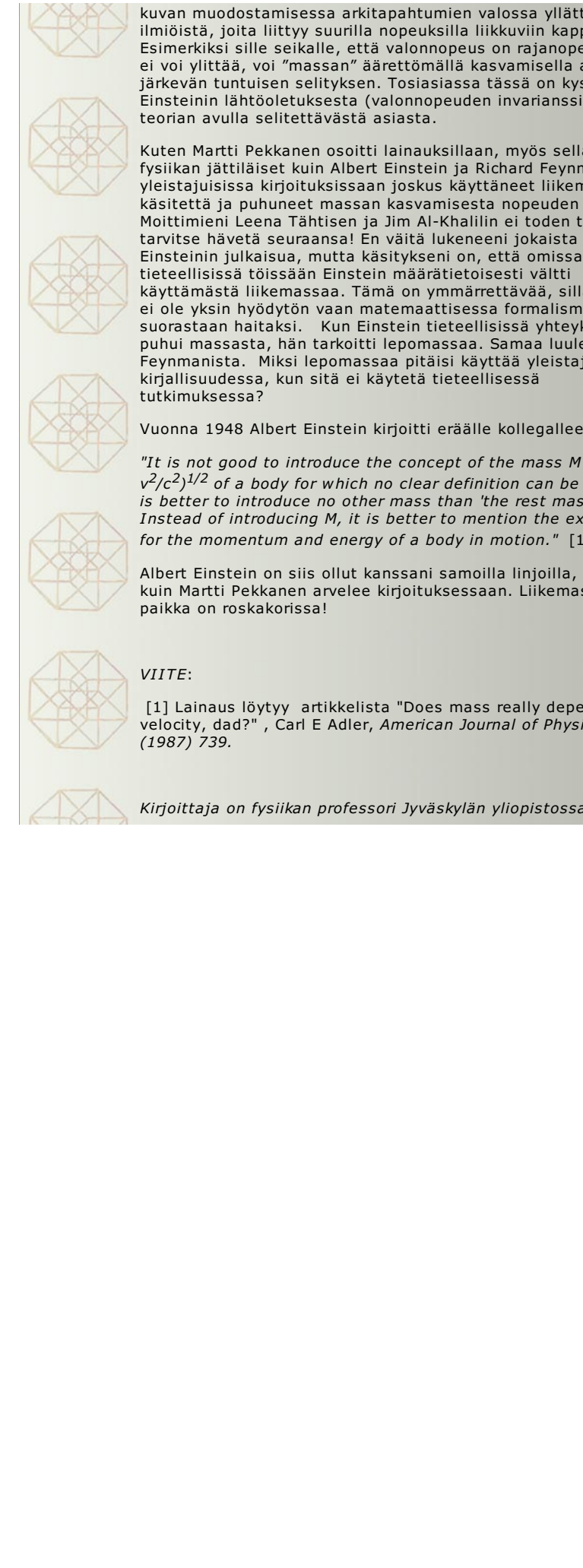


Liikemassan käsite ei ole sinänsä väärä, mutta harhaanjohtava. Se vie ajatukset helposti väärille urille ja hämärtää turhaan sinänsä yksinkertaista asiaa. Eritoten sanan "massa" esiintyminen suureen M nimessä on onnetonta. Kun sanotaan, että "kappaleen massa kasvaa nopeuden kasvaessa", tarkoitetaan siis M :n eli liikemassan ja viimekädessä liike-energian, ei varsinaisen massan m , kasvamista. Sanonta johtaa helposti sellaiseen virheelliseen käsitykseen, että liike jollakin tavalla vaikuttaisi itse siihen aineeseen, "massaan", josta kappale muodostuu, muuttaisi sen määrää tai sisäistä luonnetta. Ei pesäpallosta kuitenkaan tule mustaa aukkoa, vaikka sen liikemassa vastaa nopeuden kasvaessa miljoonien aurinkojen painoa.



Kuten totesin, liikemassaa ei ole enää pitkään aikaan käytetty tieteellisessä kirjallisuudessa. Yleistajuiseen kirjallisuuteen (ja suomalaisiin lukion oppikirjoihin!) se on kuitenkin juurtunut valitettavan syväälle. Joskus siihen aikaan, kun suhteellisuusteoria oli vielä uutta ja ihmeellistä, liikemassan ilmeisesti ajateltiin auttavan maallikkolukijoita intuitiivisen





kuvan muodostamisessa arkitapahtumien valossa yllättävistä ilmiöistä, joita liittyy suurilla nopeuksilla liikkuviin kappaleisiin. Esimerkiksi sille seikalle, että valonnopeus on rajanopeus, jota ei voi ylittää, voi "massan" äärettömällä kasvamisella antaa järkevän tuntuisen selityksen. Tosiasiassa tässä on kyse Einsteinin lähtöoletuksesta (valonnopeuden invarianssi), ei teorian avulla selitettävästä asiasta.

Kuten Martti Pekkanen osoitti lainauksillaan, myös sellaiset fysiikan jättiläiset kuin Albert Einstein ja Richard Feynman ovat yleistajuisissa kirjoituksissaan joskus käyttäneet liikemassan käsitettä ja puhuneet massan kasvamisesta nopeuden mukana. Moittimieni Leena Tähtisen ja Jim Al-Khalilin ei toden totta tarvitse hävetä seuraansa! En väitä lukeneeni jokaista Einsteinin julkaisua, mutta käsitykseni on, että omissa tieteellisissä töissään Einstein määrätietoisesti vältti käyttämästä liikemassaa. Tämä on ymmärrettävää, sillä käsite ei ole yksin hyödytön vaan matemaattisessa formalismissa suorastaan haitaksi. Kun Einstein tieteellisissä yhteyksissä puhui massasta, hän tarkoitti lepomassaa. Samaa luulen Feynmanista. Miksi lepomassaa pitäisi käyttää yleistajuisessa kirjallisuudessa, kun sitä ei käytetä tieteellisessä tutkimuksessa?

Vuonna 1948 Albert Einstein kirjoitti eräälle kollegalleen:

"It is not good to introduce the concept of the mass $M = m/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ of a body for which no clear definition can be given. It is better to introduce no other mass than 'the rest mass' m . Instead of introducing M , it is better to mention the expression for the momentum and energy of a body in motion." [1]

Albert Einstein on siis ollut kanssani samoilla linjoilla, toisin kuin Martti Pekkanen arvelee kirjoituksessaan. Liikemassan paikka on roskakorissa!

VIITE:

[1] Lainaus löytyy artikkelista "Does mass really depend on velocity, dad?" , Carl E Adler, *American Journal of Physics* **55** (1987) 739.

Kirjoittaja on fysiikan professori Jyväskylän yliopistossa.