

## HENDRIK ANTOON LORENTZ



Hendrik Antoon Lorentz (18. 07.1853 – 4.02.1928) oli Hollandi füüsik, kes sai Nobeli preemia füüsikas koos Pieter Zeemaniga Zeemani efekti avastamise ja selle teoreetilise seletamise eest. Lorentz leidis ka omanimelise teisenduse erirelatiivsusteoorias, aga samuti ka Lorentzi jõu, mis kirjeldab elektri- ja magnetjõudude kombineeritud mõju laetud osakesele elektromagnetilises väljas. Ka Lorentzi ostsillaatori mudeli esitas ta anomaalse dispersiooni kirjeldamiseks dielektrilistes materjalides kui elektrivälja mõju sagedus on lähedal resonantssagedusele, avaldades nii anomaalsetes murdumisnäitajates.

Hendrik Antoon Lorentz sündis Arnhemis Hollandis jõuka aiapidaja Gerrit Frederik Lorentzi ja Geertruida van Ginkeli pojana. Kui Geertruida 1862. a suri, abiellus isa Luberta Hupkesiga.

Lorentz kasvatati üles protestandina, oli ta siiski usuasjades vabamõtteleja ja võttis osa katoliku missadest kohalikus prantsuse kirikus. Aastatel 1866 kuni 1869 käis ta Arnhemi Hogere Burgerschool'is, mille oli hiljuti asutanud Johan Rudolph Thorbecke<sup>1</sup> uut tüüpi avaliku keskkoolina. Tema tulemused koolis olid eeskujulikud, mitte üksnes füüsikas ja matemaatikas, vaid ka inglise, prantsuse ja saksa keeles. Ta luges palju ka Victoria aja romaane ja reformatsiooni ajaloo. 1870. a tegi ta eksami klassikalistes keeltes, mis tollal oli vajalik ülikooli astumiseks.

Lorentz õppis füüsikat ja matemaatikat Leideni ülikoolis, kus teda mõjutas astronoomia professor Frederik Kaiser<sup>2</sup> ja kelle mõjul Lorentzist sai füüsik.

---

<sup>1</sup> Johan Rudolph Thorbecke (1798 – 1872) oli hollandi liberaalne riigimees, kes koostas Hollandi põhiseaduse revisjoni 1848. a. Uus põhiseadus muutis riigi absoluutsest monarhiast põhiseaduslikuks monarhiaks.

<sup>2</sup> Frederik Kaiser (1808 – 1872) oli hollandi astronoom. Aastail 1838 – 1872 oli ta Leideni observatooriumi direktor ja sellel postil arendas ta positsioonimõõtmisi, astronoomia populariseerimist ja aidates ehitada moodsat observatooriumit 1861. a. Tema õpilaste hulgas olid Jean Abraham Chrétien Oudemans, Johan van der Waals, Hendricus Gerardus van de Sande Bakhuyzen ja Hendrik Antoon Lorentz.

Pärast bakalaureusi kraadi saamist pöödus ta tagasi Arnhemi 1871. a, kus hakkas öökoolis<sup>3</sup> õpetama matemaatikat, kuid jätkas õpinguid ka Leidenis. See oli aeg, mil ta ostis Fresneli kogutud teosed, sest talle meeldis Fresnel üle kõige, hiljem ka Hertz. 1873. a, 21 aastasena kaitses ta ainukese füüsikaprofessori Pieter Leonhard Rijke juhatusel doktoriväitekirja *Valguse peegeldumisest ja murdumisest*, milles ta täpsustas James Clark Maxwelli elektromagnetilist teooriat ja ta tegi selle hindele *summa cum laude*. Huvitav on märkida, et Lorentz, nagu ka J.W. Gibbs ning hiljem A. Einstein tegid oma erakordselt originaalsed uurimistööd eraldatutena teistest aktiivsetest füüsikutest. 1877. a pakuti talle matemaatikakateedrit Utrechti ülikoolis, kuid Lorentz valis hoopis värskelt asutatud teoreetilise füüsika kateedri juhataja koha Leideni ülikoolis. Algselt oli see koht mõeldud küll Johan van der Waals'ile, kuid van der Waals läks hoopis Amsterdami ülikooli. 1878. a pidas Lorentz oma inauguraalloengu teemal *Molekulaarteooriad füüsikas* ja 1881. a valiti ta Hollandi Kuningliku kunstide ja loodusteaduste akadeemia liikmeks. Esimese 20 aasta jooksul Leidenis oli Lorents põhiliselt huvitatud elektri elektromagnetilisest teoriast, magnetismist ja valgusest. Pärast seda asus ta märksa laiemal erialal kallale, nagu hüdrodünaamika ja üldine relatiivsusteooria, kuid ikkagi jäädes teoreetilisse füüsikasse. Ja me võime öelda, et tema kõige suurem panus on siiski elektromagnetismis, elektroni teoorias ja relatiivsusteoorias.

Lorentz arvas, et aatomid võivad sisaldada laetud osakesi ja nende võnkumine ongi valguse allikaks. Kui tema kolleeg ja endine õpilane Pieter Zeeman avastas Zeemani efekti, siis Lorentz andis sellele teoreetilise seletuse. 1902. a sai Lorentz Nobeli preemia. Tema nimi seoti Lorentz-Lorenzi võrrandiga, Lorentzi jõuga, Lorentzi jaotusega, Lorentzi ostsillaatori mudeliga ja Lorentzi teisendusega.

---

<sup>3</sup> Öhtu- või öökoolid seati Hollandis sisse 19. sajandi alguses. Need olid mõeldud lastele, kes ei saanud päeval koolis käia või soovisid oma haridusteed jätkata.

Aastatel 1892 kuni 1895 kirjeldas Lorentz elektromagnetilisi nähtusi koordinaatsüsteemides, mis liikusid postuleeritud valgusttekitava eetri suhtes. Ta avastas, et üleminekut ühest koordinaatsüsteemist teise saab lihtsustada, kui kasutada uut ajalist muutujat, mille ta nimetas kohalikuks ajaks ja mis sõltus universaalsest ajast ja vaadeldavast ruumikoordinaadist. Kuigi Lorentz ei andnud üksikasjalikku selgitust kohaliku aja füüsikalise tähtsuse kohta, suutis ta selle abil seletada valguse aberratsiooni ja Fizeau katse tulemust. Henri Poincaré nimetas kohaliku aja sissetoomist Lorentzi kõige geniaalsemaks ideeks ja ilmestas seda näidates, et kellad liikuvates referentssüsteemides on sünkroniseeritud valgussignaalide vahetamisega, mis liiguvad sama kiirusega nii liikumise suunas kui vastu seda. 1892. a pani Lorentz ette idee Michelson-Morley katse seletamiseks, et liikuvad kehad kontrakteeruvad liikumise suunas. Georg FitzGerald jõudis samale tulemusele alles 1889. a.

1899. a ja 1904. a lisas Lorentz oma teisendustesse ka aja dilatsiooni ja avaldas selle, mida Poincaré 1905. a nimetas Lorentzi teisendusteks. Ilmselt oli teadmata, et Joseph Larmor oli kasutanud identseid teisendusi orbiitlevate elektronide kirjeldamiseks 1897. a. Larmori ja Lorentzi teisendused näivad erinevatena, kuid nad on algebraliselt ekvivalentsed.

Lorentzi 1904. a artikkel sisaldab elektrodünaamika kovariantse formulatsiooni, kus elektrodünaamilisi nähtuseid erinevates referentssüsteemides kirjeldatakse identsete võrranditega, mille teisendusomadused on hästi defineeritud. Artiklis on hästi selgitatud, et elektrodünaamika eksperimentide tulemused ei sõltu referentssüsteemide suhtelisest liikumisest. 1904. a artikkel sisaldab detailse diskussiooni kiiresti liikuvate objektide inertsiaalmassi kasvu ja pikkuse kontraktsiooni kohta. 1905. a kasutas Einstein paljusid mõisteid, matemaatilisi tööriistu ja tulemusi, mida Lorentz oli uurinud oma artiklis *Liikuvate kehade elektrodünaamikast*, mis tänapäeval on tuntud erirelatiivsusteooriana. Kuna Lorentz rajas selle alused Einsteini jaoks, siis algselt nimetati seda Lorentz-Einsteini teooriaks.

1906. a andis Lorentz elektroni täieliku käsitlese oma loengutes Columbia ülikoolis nime all *Elektronide teooria*.

Massi suurenemine oli Lorentzi ja Einsteini ennustus, mida testiti, kuid Kaufmanni katsed näitasid veidi erinevat massikasvu, mistõttu Lorentz ütles oma kuulsal lause: olen oma ladina keele oskuse lõpus<sup>4</sup>. Tema ennustus sai kinnituse alles 1908. a ja hiljemgi.

Lorentz avaldas artiklite seeria, kus ta käsitles Einsteini relatiivsusteooriat. Oma 1909. a raamatus *Elektronide teooria* kõneles ta pooldavalt Einsteini teooriast, märkides ära, et Einstein postuleerib oma teoorias seda, mille tema tuletas mõningate raskustega elektromagnetilise välja fundamentaalsetest võrranditest.

Kuid Lorentz jäi oma arvamuse juurde, et elektromagnetiline väli oma energia ja võnkumistega eksisteerib avastamatus eetris, milles paigalseisvad kellad näitavad tõelist aega.

Lorentz tunnustab ka Poincaré panust relatiivsusteooriasse.

Lorentz oli üks neist teadlastest, kes toetas Einsteini üldrelatiivsusteooria otsinguid algusest peale. Ta kirjutas mitmeid artikleid ja arutas probleemi Einsteiniga vahetult ja ka kirja teel. Lorentz püüdis kombineerida Einsteini formalismi Hamiltoni printsiibiga ja formuleerida seda koordinaatidevabal viisil.

Lorentz pidas loengute seeria uuest kvantmehaanikast Cornelli ülikoolis 1926. a. Tegelikult esitas ta seal Erwin Schrödingeri lainemehaanika.

Einstein kirjutas Lorentzi kohta 1928. a, et Lorentzi töö hiiglaslik tähtsus on selles, et ta moodustab vundamendi aatomite teooriale ning üld- ja erirelatiivsusteooriale.

Lorentz juhatas esimest Solvay konverentsi Brüsselis 1911. a sügisel. Üsna vahetult pärast konverentsi kirjutas Poincaré esseet kvantfüüsikast, milles põhjendas Lorentzi staatust selles:

---

<sup>4</sup> Ei oska seda masside erinevust seletada.

*Igal hetkel räägivad kakskümmend füüsikut erinevates maades kvantfüüsikast, mida nad vastandavad vanale mehaanikale. Kuid mis see vana füüsika on? Kas see on Newtoni oma, mis valitses võistlematult pea XIX sajandi lõpuni. Ei, see oli Lorentzi mehaanika, mis tegeles relatiivsuspriintsiibiga ja mis vaevalt viis aastat tagasi oli oma uhkuse tipul.*

1910. a otsustas Lorentz oma elu muuta. Nii õpetamine kui juhtimine Leideni ülikoolis võttis temalt liiga palju aega, jättes vähe aega uurimistööks. 1912. a pani ta maha oma ameti teoreetilise füüsika kateedris ja asus Haarlemis asuva Teyleri muuseumi füüsika kabineti kuraatoriks. Ta jäi siiski seotuks Leideni ülikooliga kui külalisprofessor ja tema *Esmaspäeva hommikused loengud* teoreetilise füüsika arengust muutusid varsti legendaarseteks.

Lorentz pakkus endast vabaks jäävale teoreetilise füüsika professori kohale Einsteini, kuid Einstein oli just vastu võtnud ametikoha ETH Zürichis. Lorentz nimetas siis enda järglaseks Paul Ehrenfesti<sup>5</sup>, kes asus tööle Leideni ülikooli Teoreetilise füüsika instituudis, mis sai tuntuks kui Lorentzi instituut.

Pärast I maailmasõda oli Lorentz üheks taganttõukavaks jõuks Hollandi Kuningliku kunstide ja loodusteaduste akadeemia komitee *Teaduslikud nõuanded ja teadusuuringud üldsuse heaolu ja kestvuse huvides* asutamisel, mis pidi rakendama teaduslikku potentsiaali akadeemias tsiviilprobleemide lahendamiseks, nagu seda oli sõja tõttu tekkinud toiduainete puudus. Lorentz nimetati komitee esimeheks. Kuid hoolimata paljude komitee liikmete pingutustest oli komiteest vähe kasu. Ainuke erand oli TNO - Hollandi rakenduslike teadusuuringute organisatsiooni asutamine.

Hollandi valitsus palus Lorentzil juhatada komiteed, mis pidi arvutama projekteerimisel oleva tammi Afsluitdijki (holl. k. sulgev tamm) mõju veetasemele Waddenzees<sup>6</sup>. Hüdraulika oli sel ajal empiiriline teadus, kuid tammi mõju

---

<sup>5</sup> Paul Ehrenfest (1880 – 1933) oli austria teoreetiline füüsik, kes andis suure panuse statistilisse mehaanikasse ja kvantmehaanikasse, nagu seda oli faasiüleminekute teooria ja Ehrenfesti teoreem. Ta oli Einsteini sõber ja Leideni ülikooli professor. Ta tappis 1933. a oma invaliidist poja ja siis enda.

<sup>6</sup> Afsluitdijk (holl. k. sulgev tamm) on 32 km pikkune ja 90 m laiune tamm ning maantee Hollandis, mis ehitati aastatel 1927-1932 ja mis ühendab Den Oeveri linna Põhja-Hollandi provintsis Zurichi külaga Frieslandis. Selle tammi algne kõrgus Amsterdamis nullnivoost pidi olema 7 meetrit, kuid sõltuvalt mere sügavusest on see 6.7 m ja 7.4 m vahel. Tammist põhja poole jääb Waddensee ja lõunapoole magedaks muutunud IJsselmeer.

loodetest tekitatud veevoolule oli nii ettearvamatu, et empiirikat ei usutud. Algselt oli Lorentzile ette nähtud koordineeriv roll uues komitees, kuid kiiresti saadi aru, et Lorentz oli ainus füüsik, kes probleemist võis jagu saada. Aastatel 1918 kuni 1926 kulutas Lorentz palju aega selle probleemi lahendamiseks. Ta otsustas teha seda hüdrodünaamika võrrandite numbrilise lahendamise teel, kasutades inimkompuutrit. Kuna Waddenzees voolas vesi kvaasi-ühemõotmeliselt, siis oli võrrandite lahendamine palju lihtsam. Afsluitdijk sai valmis 1932. a ja Lorentzi rehkendused osutusid kaunis täpseteks. Üks kahest Afsluitdijki lüüside süsteemist nimetati Lorentzi nimega.

1881. a abiellus Lorentz Aletta Catharina Kaiseriga, kelle isa oli J.W. Kaiser, Kaunite kunstide akadeemia professor. Ta oli ka hiljem Rijksmuseumina tuntuks saanud muuseumi direktor. Samuti kujundas ta Hollandi esimesed postmargid.

Neil oli kaks tütar ja üks poeg. Vanem tütar Dr. Geertruida Luberta Lorentz oli füüsik, kes abiellus professor Wander Johannes de Haasiga, Leideni ülikooli krüogeenika laboratooriumi direktoriga.

1928. a jaanuaris jäi Lorentz raskesti haigeks ja suri 4. veebruaril. Hollandi rahva austusest oma kuulsa teadlase vastu kõneleb briti füüsiku Owen Willams Richardsoni kirjeldus matusest:

*Matus algas Haarlemis 10. veebruari keskpäeval. Kui kell lõi kaksteist, siis jäi meie aja Hollandi suurima inimese auks kolmeks minutiks seisma riigi telegraafi- ja telefoniteenistus. Matusel viibisid paljud kolleegid ja väljapaistvad füüsikud välismaadest. Kuningliku seltsi president Sir Ernst Rutherford pidas austava kõne haua kõrval.*

Matuseprotsessioon algas hobuvankriga, mille järgnes kümme leinajat vankril oleva kirstuga, millele järgnes veel vähemalt neli vankrit. Kogu protsessioon möödus leinavast rahvahulgast Haarlemi Groote Marktil ja suundus Põhja-Haarlemi kalmistule Kleverlaanil. Matusest võtsid osa ka Albert Einstein ja Marie Curie.

Lorentzi peetakse Hollandi teise kuldaja esindajaks – see aeg on mitu aastakümnet 1900. aasta ümber, kui loodusteadused Hollandis õitsesid.

Richardson kirjeldab Lorentzi nii:

*Märkimisväärsete intellektuaalsete võimetega mees. Kuigi sügaval mõtetes oma uuringutes, oli tal alati silmapilkne haare nende uuringute tagajärgede kohta igas universumi nurgakeses. Ainulaadne selgus tema kirjutistes peegeldab selgesti tema imepäraseid võimeid selles suhtes. Tal oli teatud vaimne särtsakus, mida ta edukalt kasutas, et vajalikul määral jälgida diskussiooni ja tuua esile tegelikke raskusi, aga samuti ka tarkust juhtida vestlust kasulikesse kanalitesse. Seda tegi ta nii osavalt, et see oli vaevalt tajutav.*

M. J. Klein kirjutas 1967. a Lorentzi reputatsioonist 1920ndatel:

*Palju aastaid olid füüsikud alati innukad kuulama, mida Lorentz selle kohta ütleb, kui ilmus mõni uus teooria ja isegi 72 aastasena ei petnud Lorentz nende ootusi.*

Ta valiti Hollandi keemiaseltsi auliikmeks 1912. a. Ta oli Ameerika filosoofiaseltsi liikmeks, Ameerika riikliku loodusteaduste akadeemia rahvusvaheliseks liikmeks, Ameerika riikliku loodusteaduste akadeemia liikmeks ja Ameerika kunstide ja loodusteaduste akadeemia liikmeks.

---

## **Kasutatud allikad**

[https://en.wikipedia.org/wiki/Hendrik\\_Lorentz](https://en.wikipedia.org/wiki/Hendrik_Lorentz)

<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Lorentz/>

<https://www.encyclopedia.com/people/science-and-technology/physics-biographies/hendrik-antoon-lorentz>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Afsluitdijk>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Johan\\_Rudolph\\_Thorbecke](https://en.wikipedia.org/wiki/Johan_Rudolph_Thorbecke)