

# LORAND EÖTVÖS

Parun Loránd Eötvös de Vásárosnamény (või Loránd Eötvös, 1848 – 1919) oli Ungari füüsik. Ta on tuntud tööde poolest gravitatsiooni ja pindpinevuse alal. Ta leiutas torsioonpendli.



**Lóránd Eötvös** on tuntud ka oma nime saksakeelse versiooniga - Lóránd, mis sisuliselt on Roland. Eötvös avaldas oma kõige olulisemad tööd saksa keeles, mistõttu tema tegevus ei jäänud kahe silma vahele. Saksa keele kasutamise tõttu oli ta teadusmaailmas tuntud kui Roland, parun Eötvös. Tema täielik tiitel ungari keeles oli märksa uhkem - Vásárosnaményi Báro Eötvös Lóránd. Inglise keeles on see Roland, Baron Eötvös of Vásárosnaményi. Tänapäeva Ungaris asub Vásárosnaményi nimeline linnake Ukraina läänepiiri lähedal. Eötvös sündis vanasse ja kuulsasse perekonda. Tema ema oli Ágnes Katalin Anna Rosty de Barkóc (1825-1913) ja isa József (1813-1871) oli pärinud paruni tiitli oma vanavanaisalt, kes sai selle XVIII sajandil. Eötvösi isa oli romaanikirjanik ja esseist, haridusvaldkonnas tegeleja ja riigimees, kelle tegevus oli suunatud kaasaegse ungari kirjanduse ning demokraatliku Ungari loomisele. Ta oli Franz Liszti, kuulsa pianisti ja helilooja sõber. Peres oli viis last, kellest Lóránd oli vanim. Tema sündimise ajal oli ta isa Ungari revolutsioonilise valitsuse haridus- ja usuasjade minister (1848), kuid

vastuolude tõttu tolleaegse valitsuse juhi Lajos Kossuth'iga <sup>1</sup> astus ta tagasi samal aastal ning siirdus Münchenisse, kuhu ta jäi aastani 1851.

Isa palkas Eötvösile õpetajaks Gusztáv Keleti <sup>2</sup>, kes oli oma aja juhtiv kaunite kunstide asjatundja, mistõttu Eötvös sai väga hea kunstnikukäe ja ta hakkas kirjutama ka luuletusi. Kogu oma elu joonistas ta märkmikku üles stseene oma reisidest.

Koolis õppis noor Eötvös ungari ja saksa keelt, matemaatikat, ajalugu, geograafiat, bioloogiat, mineraloogiat ja füüsikat.

Noor Eötvös kasvas üles sellistes oludes, et tema elutee oli ette määratud. Need olid juura- ja riigiteaduste õpingud, seda enam, et tema perekond kuulus Ungari parlamendi ülemkotta pärimisõiguse kohaselt.

Ta astuski 1865. a Budapesti <sup>3</sup> ülikooli õppima juurat, kuid ta oli juba siis huvitatud matemaatikast ja füüsikast ning võttis eratunde matemaatikas Otto Petzvali <sup>4</sup> käest.

Targa inimesena nägi isa, et poiss on väga huvitatud loodusteadustest ja ta palus ülikooli mineraloogia professorit Joseph Krennerit<sup>5</sup> Eötvösile neid õpetada. Üksiti töötas Eötvös ülikoolis Charles Thani keemialaboris, ning varsti otsustas ta lõpetada juuraõpingud ja tegeleda vaid loodusteadustega. Nii siirdus ta 1867. a Heidelbergi, kus õppis Kirchhoffi, Helmholtzi ja Bunseni käe all. Õpingutest vabal ajal oli ta tavaline tudeng, kes võttis os noorte lõbustustest. Kord sai ta isegi politseilt hoiatuse, kui laulis öösel tänaval liiga valjusti koos kaastudengitega.

Kolme semestri järel läks ta Heidelbergist Königsbergi ja õppis seal füüsik Franz Neumanni <sup>6</sup> ja matemaatik Friedrich Richelot' juures, kuid Eötvösile nende juures ei meeldinud.

---

<sup>1</sup> Lajos Kossuth de Udvard et Kossuthfalva (1802 – 1894) oli ungari aadlik, advokaat, ajakirjanik, poliitik, riigimees ja Ungari Vabariigi kuberner-president 1848-1849 revolutsiooni ajal.

<sup>2</sup> Gusztáv Frigyes Kelety (algselt Klette, 1834 – 1902) oli ungari maalikunstnik, graafik ja kunstikriitik.

<sup>3</sup> Tegelikult oli see mitte Budapesti, vaid Pesti ülikool, sest kaks linna – Buda ja Pest ühinesid alles 1872. a.

<sup>4</sup> Otto Balthazar Petzval (1809-1893) oli slovaki (mõnedel andmetel ungari) matemaatikaprofessor, kes avaldas kaks ungarikeelset õpikut – *Elementaarne matemaatika* ja *Kõrgem matemaatika*.

<sup>5</sup> József Sándor Krenner (Joseph Krenner, 1839 – 1920) oli ungari mineraloog, kes avastas mitu uur mineraali.

<sup>6</sup> Franz Ernst Neumann (1798 – 1895) oli saksa mineraloog, füüsik ja matemaatik.

Mõnda aega hellitas ta mõtet minna arktikaekspeditsioonile koos August Petermanniga <sup>7</sup>, kuid lõpuks otsustas ta isa nõuandel pöörduda tagasi Heidelbergi ja sai sealt 1870. a doktorikraadi *summa cum laude* Fizeau<sup>8</sup> probleemi uurimise eest. See oli seotud valgusallika suhtelise liikumise uurimisega liikumatu eetri suhtes, kuid Eötvös üldistas selle probleemi ka astronoomiliste vaatluste käsitlemiseks. Väitekirj tugines tegelikult Eötvösi kolmele artiklile, mis ta oli publitseerinud aastatel 1871, 1874 ja 1875. Võib öelda, et Eötvösi väitekirj oli üks paljudest sammudest relatiivsusteooria poole. Eötvösi professorid õpetasid talle palju, Kirchhoff näiteks rõhutas mõõtmiste täpsust; Helmholtz tegi talle selgeks, et tudengitega tuleb veeta nii palju aega kui vähegi võimalik, ning Eötvösi teadmised teoreetilisest füüsikast, eriti aga potentsiaaliteooriast, pärinevad Neumannilt.

Õpingute lõppedes pöördus Eötvös tagasi Ungarisse ja sai 1871. a Budapesti ülikooli privaatdoksendiks. Järgmisel aastal valiti ta täisprofessoriks samas. Alguses õpetas ta teoreetilist füüsikat, 1874. a lisandus eksperimentaalne füüsika ning kui Ányos Jedlik <sup>9</sup> – eksperimentaalfüüsika professor – pensioneerus, siis sai Eötvös endale terve kateedri.

1876. a abiellus Eötvös justiitsministri Boldizsar Horvathi tütre Gizellaga. Nad said kaks tütart – Ilona ja Rolanda.

Veel Königsbergi ülikoolis õppides leidis Eötvös lihta optilise meetodi pindpinevuse määramiseks. Ta kandis oma idee ette kollokviumil ja Franz Neumann kinnitas selle idee kiiduväärseks. Nii sai kapillaarsus Eötvösi esimeseks uurimisobjektiks ja selle kaudu jõudis ta oma esimesele tähtsale avastusele. Eötvösi seadus võimaldab määrata mistahes puhta vedeliku pindpinevust kõikidel temperatuuridel, kusjuures me peame teadma vaid vedeliku tihedust, molaarset massi ja vedeliku kriitilist temperatuuri.

---

<sup>7</sup> Augustus Heinrich Petermann (1822 – 1878) oli saksa geograaf ja kartograaf.

<sup>8</sup> Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819 – 1896) oli prantsuse füüsik, kes sai tuntuks valguse kiiruse mõõtmisega omanimelise eksperimendi abil.

<sup>9</sup> Ányos István Jedlik (1800 – 1895) oli ungari leiutaja, insener, füüsik ja benediktiini preester. Ta oli ka Ungari Teaduste Akadeemia liige ja paljude raamatute autor. Ungarlased ja slovakiid peavad teda dünamo ja elektrimootori leiutajaks.

Tema uuringud kapillaarsuse alal avaldati artiklites ajavahemikul 1876 – 1886. Pärast seda viimast aastat ei publitseerinud Eötvös mitte midagi kapillaarsusest, kuid hoolimata sellest tema pindpinevuse seadus leidis elavat vastukaja ja sel teemal ilmutati mitmeid artikleid.

Pärast 1886. a olid kõik Eötvösi teadustööd gravitatsioonist. On raske öelda, millal ta huvi tekkima hakkas, kuid mingi täpsusega saab seda määrata aastaks 1881, sest siis püstitas Ungari Teaduste Akadeemia (*Természettudományi Tarsulat*) ülesande määrata gravitatsioonikiirenduse väärtus Ungari erinevates piirkondades. Eötvösi esimene ungarikeelne töö gravitatsiooninähtustest ilmus 1888. a. See kirjeldas Maa külgetõmbejõudu erinevatele ainetele ja väitis, et torsioonpendliga <sup>10</sup> saavutatud täpsuse piirides on see massiühiku kohta kõikidele ainetele võrdne. Alguses kasutas Eötvös gravitatsiooniuringuteks instrumenti, mida ta nimetas selle leiutaja auks Coulombi pendliks. Tegelikult leiutas sellise pendli ammu enne Eötvösi, 1768. a John Michell <sup>11</sup> ja vahetult enne oma surma konstrueeris Henry Cavendishi <sup>12</sup> jaoks pendli, mille nimetas torsioonpendliks.

Eötvös arendas välja oma pendli täieliku teooria ja suutis viia selle täpsuse nii heaks, et selle edaspidine tõstmine võttis aastakümneid. Tuleb siiski märkida, et Eötvösi saavutatud täpsus oli tingitud ka eksperimenteerija erakordsest osavusest.

Eötvösile tõi edu ka selge arusaamine oma pendli tähtsatest rakendustest, milleks olid geofüüsikalised uuringud ja gravitatsioonilise ning inertse massi võrdsuse uurimine.

Maavarade otsimine gravitatsiooniliste meetoditega on tihedalt seotud gravitatsioonivälja mõõtmisega maapinnal ja selle alusel pinnaaluste struktuuride ennustamisega.

---

<sup>10</sup> Kasutatakse ka terminit „torsioonkaalud“.

<sup>11</sup> John Michell (1724 – 1793) oli inglise loodusteadlane ja kirikumees, kes tegeles astronoomia, geoloogia, optika ja gravitatsiooniga. Teadaolevalt kirjeldas ta esimesena musti auke ja oletas, et maavärinad levivad lainetena.

<sup>12</sup> Henry Cavendish (1731 – 1810) oli inglise looduseuurija – eksperimentaalne ja teoreetiline keemik ja füüsik. Ta avastas vesiniku, mille nimetas “põlevaks õhuks”. Ta leidis ka vesiniku tiheduse ja tegi kindlaks, et see annab hapnikuga ühinedes vee.

Enamasti saab sellist informatsiooni kätte saada gravitatsioonivälja otsesest mõõtmisest gravimeetri abil, või gravitatsioonivälja gradiendi mõõtmisest Eötvösi torsioonpendli abil. Erinevus on selles, et otsene mõõtmine annab tulemusi kiiremini, kuid gradiendi mõõtmine annab parema signaal-müra suhte. Nii et niikaua, kuni oluliselt parandati gravimeetrid parameetreid, olid Eötvösi pendel maavarade otsimisel asendamatud.

Alates 1888. aastast avaldas Eötvös koos kolleegidega kolmekümne nelja aasta jooksul mitmeid oma pendli kasutamise seotud artikleid. Need käsitlesid pendli teooriat ja ehitust, aga samuti ka nende laialdast kasutamist Ungaris ja väljaspool Ungarit.

Järgnevalt uuris Eötvös oma pendli abil erinevate kehade gravitatsioonikiirendust. Oli ju Galilei aegadest teada, et kõik kehad langevad vaakumis ühesuguse kiirendusega, kuid eks selle määramisega seotud katsete täpsus polnud kes teab kui suur. Göttingeni ülikool oli kuulutanud välja võistluse selles katses parima täpsuse saavutamiseks. Eötvös otsustas koos oma kaastöölistega sellest võistlusest osa võtta. Nende mõõtmised kinnitasid Galilei väite tõesust suure täpsusega ja tõestasid, et gravitatsiooniline ja inertne mass on võrdsed täpsusega kuni  $5 \times 10^{-9}$ ! See tulemus oli üks kindlatest nurgakividest üldrelatiivsusteooria teooriale.

Siin tuleb lisada, et R.H. Dicke<sup>13</sup> meeskond suutis oma katsetega selleks täpsuseks saavutada  $10^{-11}$ !

See eksperiment tõestas ekvivalentsusprintsipi nn “nõrga” väljenduse, mis kinnitab, et gravitatsiooniväljas on osakese trajektoor määratud vaid osakese algasendi ja kiirusega. Mistahes muud parameetrid ei tule üldse arvesse! Hilisemad katsed on seda tulemust 1000 korda suurema täpsusega tõestanud. Oma elu lõpupoole huvitus Eötvös gravitatsioonikiirenduse muutustest sõltuvalt keha liikumisest Maa suhtes. Tulemused avaldati kahes artiklis pärast Eötvösi surma.

---

<sup>13</sup> Robert Henry Dicke (1916 – 1997) oli ameerika astronoom ja füüsik, kes oli väga tulemuslik astrofüüsikas, aatomifüüsikas, kosmoloogias ja gravitatsioonis. Ta oli loodusteaduste Albert Einsteini professor Princetoni ülikoolis aastatel 1975 kuni 1984.

Paralleelselt torsioonpendli kasutamisega geofüüsikalistel eesmärkidel uuris Eötvös samuti gravitatsioonilisi efekte saatvaid magnetilisi anomaaliaid. Selline huvi viis teda paleomagnetismi juurde ja ta hakkas uurima 2000 aasta vanuseid telliseid ning teisi keraamilisi objekte.

Ka Maa kuju oli Eötvösi uurimisobjektiks.

Aga mitte ainult teadus ei huvitanud teda. Kui ta oli saanud professoriks, sai ta paremini aru Ungari hariduse probleemidest nii kesk- kui ülikoolis. Ta tegi suuri jõupingutusi, et Ungari haridussüsteemi paremaks muuta. See ei jäänud kõrgemalseisvatel ametimeestel tähelepanuta ja peaminister Sandor Wekerle kabineti haridusminister saatis Eötvösi 1881. a Pariisi tutvuma Prantsusmaa kõrgema hariduse korraldusega. See reis oli nii edukas, et Eötvös nimetati avaliku hariduse ja usuasjade ministriks (juuni 1894 – jaanuar 1895). Muide Eötvösi isa oli sellel positsioonil olnud kaks korda.

Pariisi sõidu üheks tulemuseks oli Eötvösi Kolleegiumi asutamine Prantsusmaa Ecole Normale Supérieure'i eeskujul (kusjuures kool oli nimetatud mitte asutaja, vaid tema isa järgi). Kooli põhikirjas oli punkt – selle eesmärgiks oli keskkoolide õpetajate väljaõppe parandamine. Ning see osutus edukaks, sest 20. sajandil suurenes väljapaistvate ungari teadlaste hulk oluliselt. Ja mis võib veel kindlam põhjus selleks olla kui mitte head õpetajad koolis.

Eötvös lahkus valitsusest 1895. a, et pühenduda füüsika õpetamisele Budapesti ülikoolis. Füüsika professorina pühendas ta palju tähelepanu oma loengute ettevalmistamisele, leiutades mitmeid häid nähtuste demonstreerimisvõtteid ja jälgis hoolikalt, et tudengid saaksid selgeks need põhiprintsiibid, millel katsed põhinesid.

Kõige selle kinnituseks anti Budapesti ülikoolile 1950. a Eötvösi nimi - *Eötvös Loránd University (Eötvös Loránd Tudományegyetem)*.

1885. a asutas Eötvös koos nelja oma sõbraga Ungari matemaatika seltsi. See osutus nii populaarseks, et ka füüsikud tahtsid sinna astuda. Nii sündiski, et 1891. a asutati Ungari matemaatika ja füüsika selts ning Eötvös valiti selle

seltsi esimeseks presidendiks. Seda ametikohta hoidis Eötvös kuni oma surmani.

Ta valiti Ungari teaduste akadeemia korrespondentliikmeks 1873. a, tegevliikmeks kümme aastat hiljem ja akadeemia presidendiks 1889. a.

Tavaliselt valiti presidente kolmeks aastaks, kuid Eötvös valiti tagasi presidendi ametikohale kuni 1905. aastani.

Eötvösi austati sellega, et teda valiti paljude teadusastuste auliikmeks ning ta sai mitmeid auhindu ja ordeneid.

Eötvösi põhiline puhkuse veetmise meetod oli alpinism. Üsna kaua oli ta tuntud kui Euroopa parim alpinist ja üks tipp Dolomiitides on nimetatud tema järgi. Alpinismi käsiraamatuis on mitmeid mäetippe, mille Eötvös üksi või koos oma tütardega esimesena alistas. Eötvösi tütreid olid tema alpinismiharrastuste kindlad saatjad.

Eötvösi jäädakse mäletama tema gravitatsiooniekspperimentide järgi. Rõhutame veelkord, et tema katsed gravitatsioonilise ja inertse massi ekvivalentsuse kindlakstegemisel olid väga olulised üldrelatiivsusteooria tekkel ja Albert Einstein tsiteeris tema katset oma 1916. a töös *The Foundation of the General Theory of Relativity*.

Eötvös on maetud Budapesti Kerepesi kalmistule.

## **Kasutatud kirjandus**

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

[https://en.wikipedia.org/wiki/Lor%C3%A1nd\\_E%C3%B6tv%C3%B6s](https://en.wikipedia.org/wiki/Lor%C3%A1nd_E%C3%B6tv%C3%B6s)

<http://tudtor.kfki.hu/eotvos1/onehund.html>

<https://www.encyclopedia.com/science/dictionaries-thesauruses-pictures-and-press-releases/eotv>