

## Christian Andreas Doppler

Doppler sündis Salzburgis põliste mürseppade peres 29. novembril 1803. a. Tema isa Johann Evangelist Doppler oli abiellunud Theresia Seeleuthneriga Viehauseni kabeli altari ees, mille oli teinud Johanni vanaisa Georg. Kuna nende perekonnaäri oli edukas, siis olid nad endale ilusa suure maja ehitanud praegusele Makartplatzile Salzachi jõe lähedal. Selles majas Doppler sündiski ja perekonna traditsiooni kohaselt oleks ta pidanud hakkama mürsepaks, kuid ta oli juba lapseast nõrga tervisega, nii et mürsepa elukutse ei tulnud kõne allagi.



Doppler käis algkoolis Salzburgis ja keskkoolis Linzis. Keskkooli lõpetamisel kerkis esile küsimus, mis Dopplerist saab, sest vanemad polnud tema võimetes kindlad. Uuriti Salzburgi lütseumi professori Simon Stampferi <sup>1</sup> käest, kes langetas otsuse, et poiss peab minema matemaatikat õppima Viini polütehnilisse instituuti. Doppler alustaski selles seitsme aasta vanuseks saanud instituudis oma õpinguid 1822. aastal. Ta näitas seal väljapaistvaid võimeid matemaatikas ja teisteski ainetes ning lõpetas kooli 1825. a. Siis pöördus ta tagasi Salzburgi, kus kuulus Salzburgi lütseumis filosoofia loenguid, kuid mitte ainult, sest Doppleri pojapoeg Adolf väitis, et vanaisa

---

<sup>1</sup> Simon von Stampfer (1790 või 1792 – 1864) – austria matemaatik, maamõõtja ja leiutaja.

õppis seal ka ärilist raamatupidamist. Seejärel läks ta Viini ülikooli, kus hakkas õppima matemaatikat, mehaanikat ja astronoomiat.

Kui Doppler ülikooli 1829. a lõpetas, siis sai ta juba Salzburgis õpetanud professor Adam Burgi <sup>2</sup> juures assistendiks kõrgema matemaatika ja mehaanika alal. Tuleks ära märkida, et 1832. a toimus Viinis Saksa loodusteadlaste ja arstide seltsi konverents, millest ka Doppler osa võttis, küll ilma ettekandeta.

Doppleri assistendiamet ülikoolis oli ajutine ja iseseisvalt teadusuuringuid alustanud Doppler hakkas nüüd juba kolmekümne aastasena otsima kindlamat ametit.

See polnud toleleegses Austrias sugugi lihtne. Doppler esitas avaldusi töökoha saamiseks Linzi, Salzburgi, Gorizia ja Ljubljana koolidesse, Viini polütehnilisse ülikooli ja Praha tehnilisse keskkooli. Lõpliku otsuse töölevõtu kohta pidi tegema komisjon Viinis ja selles otsuses arvestati ainult õpetamise kogemust, mistahes muu – näiteks kas või teadustöö – loeti kandidaadile negatiivseks omaduseks. Ja kogu see hindamine võis võtta kaks aastat. Kuid inimene pidi vahepeal ka elama ning selleks otsis Doppler töökohta. Lõpuks leidis ta selle 18 kuuks ketrusvabriku raamatupidajana. See oli Doppleri jaoks väga raske periood ja ta hakkas hellitama mõtet emigreeruda Ameerikasse. Ta isegi hakkas müüma oma vähest varandust, kaasa arvatud raamatud, ja see tegi teda veel eriti kurvaks. Doppler tegi juba koos oma vanema vennaga visiidi Ameerika konsuli juurde Münchenis. Kuid vahetult enne lõpliku otsuse langetamist tuli teada selle kohta, et ta on saanud ametikoha Praha tehnilises keskkoolis (ja nagu narrimiseks oli ta saanud koha ka keskkooli õpetajaks Berni Šveitsis, millest ta pidi ära ütlema). Selleks otsuseks oli kulunud peaaegu täpselt kaks aastat ja 1835. a alustas Doppler tööd Prahast.

Kuid ega ta polnud rahul selle tööga ja ta otsis midagi paremat, kandideerides kõrgema matemaatika professori kohale Praha polütehnilises ülikoolis. Asjata. Siiski, ta sai seal õpetada kõrgemat matemaatikat aastatel 1836-1838 neli

---

<sup>2</sup> Adam von Burg (1797 – 1882) – austria matemaatik, tehnik, Viini tehnoloogiainstituudi professor.

tundi päevas. See tõi Dopplerile vajalikku raha sisse, sest just sel ajal ta abiellus Salzburgi neiu Mathilde Sturmiga, kullassepp Franz Sturmiga, kellel ta sai kolm poega ja kaks tütart.

1837. a muutus Polütehnilises ülikoolis vakantseks praktilise geomeetria ja elementaarse matemaatika professori koht. Doppler sai selle ametikoha kohustused endale, kuid sellest hoolimata kuulutas ülikool sellele ametikohale konkursi. Ta küll ei pidanud konkursist osa võtma, kuid ainuüksi konkursi kuulutamise solvas Dopplert hingepõhjani. Doppler võitis selle konkursi ja märtsis 1841 sai ta ametlikult Praha polütehnilise ülikooli professoriks. See polnud sugugi kerge amet, sest näiteks 1847. a juulis eksamineeris Doppler suuliselt 526 tudengit matemaatikas ja 289 tudengit geodeesias. Pole imestada, et Doppleri tervis, mis polnud kunagi hea olnud, hakkas väsima. Ta pidi võtma puhkuse ja seejuures toetas teda Bernardus Bolzano<sup>3</sup>, kes oli Kuningliku Boheemia seltsi juhataja. Sellel ametikohal järgnes Bolzanole professor Franz Exner<sup>4</sup> ja siis valiti sellele ametikohale Doppler. Uue ametikohaga seotud sekeldustest hoolimata korraldas Doppler matku Viini ümbruskonda, kus sai vahetult matemaatikat kasutada konkreetsete ülesannete lahendamiseks.

1842. a 25. mai on see kuupäev, mil Doppler tegi ettekande Kuninglikus Boheemia seltsis valguse levimisest, milles ta kirjeldas nähtust, mis hiljem sai maailmakuulsaks – Doppleri efekti. Ettekande pealkiri oli *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels. Versuch einer das Bradley'sche Aberration-Theorem als integrierenden Theil in sich schliessenden allgemeiner Theorie*. Selles andis ta lihtsad valemid, kuidas arvutada liikuva keha poolt tekitatud heli kõrgust, mida kuuleb liikumatu keha. Doppler üldistab selle nähtuse ka valguslainetele, kirjutades: *Kui kiirgav objekt ... läheneb ... vaatlejale kiirusel, mis on lähedane valguse kiirusele, siis valguse värvus muutub valgest roheliseks kiiruse suurenemisel, siis edasi*

---

<sup>3</sup> Bernardus Placidus Johann Nepomuk Bolzano (1781 – 1848) – itaalia päritolu Boheemia matemaatik, loogik, filosoof, teoloog ja katoliku preester, kes oli tuntud oma liberaalsete vaadete poolest.

<sup>4</sup> Franz Serafin Exner (1849 – 1926) - austria füüsik, Viini ülikooli professor.

*siniseks ja lõpuks violetseks... Valgusallika eemale liikudes valge valgus muutub kollaseks, siis oranžiks ja lõpuks punaseks.*

Ja kuigi Doppler kirjeldas nii valgust kui heli oma artiklis longitudinaalse lainetusena – kuigi valguse levimine selline pole -, jäi Doppleri printsiip kehtima. Doppler nimelt ei uskunud Fresneli tulemust, kui see oli avaldanud oma töö valguse kohta, kus Fresnel selgesti näitas, et valgus on transversaalne lainetus.

Doppler illustreeris selles artiklis oma teooriat sellega, et püüdis seda rakendada kaksiktähtede puhul. Kuigi Doppleril oli õigus selles, et tema printsiibi kohaselt tähe värvus muutub sõltuvalt sellest, kas täht liigub vaatleja poole või temast eemale, kuid see efekt on niivõrd tühine, et selle võib jätta tähele panemata.

Kuid üks teine ennustus selles artiklis oli prohvetlik – Doppler nimelt kirjutas, et see efekt annab tuleviku astronoomidele võimaluse mõõta taevakehade liikumiskiiruseid ja nende kaugusi.

Samal ajal kaebasid Doppleri tudengid oma õppejõu peale, et see on eksamitel liiga range. Doppleri tegevust uuriti ja teda noomiti ning tudengeil lubati eksamid uuesti teha. Doppler pidas end täiesti süütuks ja nõudis, et noomitus tühistataks. Lõpuks nii sündiski 1844. a lõpul, kuid Doppler oli kõigest sellest nii haigeks jäänud, et suutis tööle tulla alles 1846. a.

Oli selge, et Doppler tahtis pärast kõike seda Prahast lahkuda. Talle pakuti matemaatika, füüsika ja mehaanika professori kohta Kaevanduste ja metsanduse akadeemias Banska Stiavnicas (selle asutuse järeltulija on Miskolci ülikool). Banska Stiavnica oli juba Rooma aegadest tuntud kui kulla ja hõbeda leiukoht ning Doppleri aegadel andis see aastas 120 kilo kulda, 6100 kilo hõbedat, 17 000 kilo vaske ja 820 000 kilo pliid.

Kuid Doppler ei saanud sealgi rahu, sest puhkenud revolutsioon kõigutas monarhiat Prahast, Viinis ja Budapestis. Ungari vabadusvõitlejate väge juhtis

endine keemiatudeng Artúr Görgey<sup>5</sup> ja tema juhtimisel jõudis vägi Banska Stiavnica. Linn vastupanu ei osutanud, kuid varsti jõudis linna alla Habsburgi impeeriumi väepealik vürst Alfred zu Windischgrätz koos 52 000 mehelise armeega ning asus seda kahuritest tulistama. Linn alistus ja Doppler pidi sealt põgenema Viini.

Kuna ta oli selleks ajaks kogunud kuulsust, siis sai ta 1850. a töökoha Viini polütehnilises ülikoolis ning 17. jaanuaril 1850 nimetati ta Viini ülikooli eksperimentaalfüüsika instituudi direktoriks. Lisaks sellele valiti ta 26. jaanuaril 1848 Viinis Keiserliku teaduste akadeemia liikmeks ning Boheemia ülikool Prahas andis talle akadeemilise tiitli Doctor Honoris Causa filosoofias ja vabades kunstides. Instituudi juurde kuulus teatud väike arv tudengeid, kelle hulgas oli õpetajaks õppiv Johann Gregor Mendel<sup>6</sup>.

Siinkohal tekib küsimus, mis olid need vaimuomadused, mis mehe nii kõrgele positsioonile aitasid. Väga hea matemaatikaoskus see ilmselt polnud, sest Doppleri kirjutatud õpikut *Aritmeetika ja algebra* on mõnede uurijate poolt nimetatud nõrgaks. Siiski leidis üks suur inimene, kes Doppleri annet uute ideede produtseerimises nägi. See oli Bolzano, kes ise suure matemaatika novaatorina aimas Doppleris geeniust.

Imelikul kombel tekkis Dopplerile pärast oma printsibi avaldamist hulk vaenlasi. Algul oli tema ainuke toetaja Benedict Sestini<sup>7</sup> Collegio Romano'st Roomas, kuid vaenlaseks sai kohe ka Tartu tähetorni direktor Johann Heinrich Mädler, kes kasutas iga võimalust, et Dopplerit maha teha. Mädler väitis, et taevakehad ei saa liikuda kiirusega 10, või veel vähem 33 austria miili sekundis<sup>8</sup>.

---

<sup>5</sup> Artúr Görgey – Ungari ülestõusnute juht 1848. a revolutsioonis ja vabadussõjas. Pidi alistuma Austria-Ungari keisri poolt appikutsutud vene vägedele, mille pärast sattus ungari rahvuslaste põlguse alla. Keemiatudengina oli olnud Doppleri õpilane.

<sup>6</sup> Gregor Johann Mendel (1822 – 1884) – saksa päritolu munk Tšehhimaal St. Thomase kloostris, keda sageli nimetatakse geneetika isaks. Doppler õpetas talle matemaatikat.

<sup>7</sup> Benedict Sestini (1816 – 1890) – itaalia jesuiidist astronoom, matemaatik ja arhitekt, kes töötas Itaalias ja USA-s.

<sup>8</sup> 1 austria miil – 7586 meetrit.

Kuna Doppleri juttu ei tahtunud uskuda, siis otsustas hollandi teadlane Christoph Buys Ballot <sup>9</sup> seda kontrollida. Valgusega katsetamiseks tal vahendeid ei olnud, kuid ta otsustas kasutada heli. Veebruarikuus kutsus ta üsnagi avatud vagunisse kogenud muusikuid ja saatis vaguni teele Utrechtist Maarssenisse. Samal ajal pidi muusikud puhuma üht kindlat nooti. Õnnetul kombel hakkas sadama lund ja rahet ning katsest ei tulnud midagi välja. Kuid mees oli visa ja parema ilmaga juunikuus katset korrates selgus, et raudtee ääres seisjad kuulsid vaguni lähenedes nooti pool tooni kõrgemalt ja kaugenedes pool tooni madalamalt. Mida oligi vaja tõestada. Nagu sellest oleks olnud veel vähe, tõestas analoogilisel viisil Doppleri printsiibi ka John Scott Russel <sup>10</sup>.

Kuid nagu ikka, see tõestus kahtlejad ei veennud. Üks Doppleri teooria valekspidajaid oli toleaege Austria tähtsaim matemaatik, tšehhi päritolu Austria akadeemia liige Joseph Petzval <sup>11</sup>, kes tol ajal oli Viini ülikooli matemaatika professor ja kes oli leiutanud akromaatilise portreeobjektiiviga fotoaparaatidele, mis tegi pildistamise umbes 20 korda kiiremaks. Tema kihutustöö tulemusena tunnistas akadeemia Doppleri teooria valeks, sest Petzval ei uskunud, et ilma diferentsiaalvõrrandeid kasutamata saadud paar valemirida tõestavad nii olulise efekti olemasolu.

Doppler taandati füüsikainstituudi direktori kohalt ja ainukesena inimesena akadeemiast toetas Dopplerit vaid Ettingshausen <sup>12</sup>, kes sai ka instituudi direktoriks. Ta otsustas anda Doppleri teooria veelkordse tõestamise oma tudengile – Ernst Machile <sup>13</sup>, kes pidi ehitama seadme Doppleri teooria kontrolliks. Mach sai sellega hiilgavalt hakkama, tõestades Doppleri printsiibi kehtivust, kuid isegi see ei veennud vastalisi.

---

<sup>9</sup> Christophorus Henricus Didericus Buys Ballot (1817 – 1890) – hollandi keemik ja meteoroloog, kelle järgi on nimetatud Buys Balloti seadus ja Buys Balloti tabel.

<sup>10</sup> John Scott Russell (1808 -1882) – šoti insener ja arhitekt, kes avastas solitonlaine.

<sup>11</sup> Joseph Petzval (1807 – 1891) oli matemaatik, leiutaja ja füüsik, kes on paremini tuntud oma töödega optika alal.

<sup>12</sup> Andreas von Ettingshausen (1796 – 1878) oli Austria matemaatik ja füüsik.

<sup>13</sup> Ernst Waldfried Josef Wenzel Mach (1838 – 1916) oli austria füüsik ja filosoof. Teadusfilosoofina oli ta loogilise positivismi põhimõjutaja.

Tänapäeva seisuga oli Petzvali ja Doppleri vaidlus kummaline, sest mõlemal oli õigus, kuid nad rääkisid erinevatest asjadest. Prantsuse füüsik Armand Hippolyte Louis Fizeau <sup>14</sup> oli samuti Doppleri efekti avastamisega seotud, nii et prantslased nimetavad Doppleri efekti Doppler-Fizeau efektiks. Fizeau selgitas efekti olemust ja arendas formaalseid matemaatilisi teoreeme, mis on Doppleri efekti alusprintsipiiks. Teda loetakse esimeseks, kes ennustas tähtede spektri joonte puna- ja sininihet.

Doppleri aeg füüsika instituudi esimese direktorina jäi lühikeseks, sest isegi kui teda poleks direktori kohalt vallandatud, oleks ta olnud sunnitud kopsutuberkuloosi tõttu minema parema kliimaga kohta ja ta valis selleks Veneetsia. 1852. a detsembris reisis ta Veneetsiasse, jättes perekonna kodumaale.

Kuid oodatud paremust ei tulnud ning 1853. a märtsiks oli selge, et Doppleri tervis oli täiesti läbi. Dopplerit kogu elu toetanud abikaasa oli jäänud Viini, kuid kuulnud Doppleri üha halvenevast tervisest jättis kõik viis last Viini ja sõitis mehe juurde Veneetsiasse. Doppler suri oma abikaasa käte vahel 17. märtsi 1853. a varahommikul majas nr 3758 Sestiero di Castello kvartalis. Ta maeti San Michele saare kalmistu sissekäigu lähedale. Hauda otsiti kaua, kuni lõpuks Peter Maria Schuster <sup>15</sup> leidis Doppleri haua 6. märtsil 1988.

Kuid Doppleri teooria areng ei peatunud. 1887. a jaanuaris kandis Woldemar Voigt <sup>16</sup> Göttingenis ette artikli, milles näitas, et isegi kokkusurumatus keskkonnas esineb longitudinaalne Doppleri efekt. Ta näitas, et valguse liikumist kirjeldav võrrand on invariantne Lorentzi teisenduste suhtes.

Kakskümmend aastat hiljem andis Einstein sellele tuletamisele lõpliku kuju ja näitas, et isegi lainetuse allika liikumine risti vaatekiirega põhjustab Doppleri efekti. Tõsi, see on palju väiksem kui longitudinaalne ja seda nimetatakse

---

<sup>14</sup> Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819 – 1896) – prantsuse füüsik, kes on tuntud valguse kiiruse mõõtjana oma nimekaimu Hippolyte Fizeau eksperimendis.

<sup>15</sup> Peter Maria Schuster (1939 – 2019) – sündis Viinis, õppis Viini ülikoolis ajalugu, jaapani keelt, matemaatikat ja füüsikat. Leidis Christian Doppleri haua.

<sup>16</sup> Woldemar Voigt (1850 – 1919) oli saksa füüsik, kes õpetas Georg Augusti nimelises Göttingeni ülikoolis. Voigt võttis esimesena kasutusele termini *tensor*.

transversaalseks Doppleri efektiks. Kuid seda efekti ei olnud ennustanud ei Doppler ega Voigt.

## **Kasutatud kirjandus**

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

[https://en.wikipedia.org/wiki/Christian\\_Doppler](https://en.wikipedia.org/wiki/Christian_Doppler)

D.N. Nolte, The Fall and Rise of the Doppler Effect, Physics Today, **73**, 3, 30 (2020); doi: 10.1063/PT.3.4429

A. Eden, The Search for Christian Doppler, Vienna : Springer Wien, 1992

P.M. Schuster, Moving the Stars: Christian Doppler, His Life, His Works and Principle, and the World After, Living Edition, Pöllauberg/Austria, 2005

<https://hungarytoday.hu/artur-gorgey-general-1848-49-war-independence-born-200-years-ago-today-71382/>