



Kelvin Thomson, 1st Baron Kelvin (26.06.1824 – 17.12.1907) oli šoti-iiri matemaatiline füüsik ja insener, kes sündis Belfastis. Glasgow Ülikoolis tegi ta olulisi uuringuid elektri alal, kasutades matemaatilist analüüsi ning formuleeris esimese ja teise termodünaamika seaduse. Tollal oli füüsika alles kujunev ja Kelvin (kuna Thomsoneid on füüsikas mitmeid, siis kutsume teda edaspidi niiviisi) tegi palju selle uue teadusharu unifitseerimiseks. Ta töötas koos matemaatikaprofessori Hugh Blackburn'iga.

Kelvin oli oluline tegija ka elektritelegraafi arendamises inseneri ja leiutajana ning see tegi ta tuntuks laia avalikkuse silmis, kindlustades nii talle lisaks veel rikkuse ja au. Kuninganna Victoria tõstis Kelvin 1866. a rüütliseisusesse tema töö eest transatlantilise kaabli projektis. Nii sai Kelvinist Sir Kelvin Thomson. Kelvin tundis suurt huvi ka mereasjanduse vastu ja võib-olla kõige rohkem on ta selles tuntud meremehe kompassi leiutajana. Kompass nimelt ei olnud varem kuigi usaldusväärne.

Absoluutset temperatuuri mõõdetakse kelvinites just tema auks. Kuigi absoluutne null oli teada enne Kelvini töid, siis Kelvin määras selle suuruse peaaegu täpselt - -273.15 Celsiuse kraadi.

Tunnustuseks oma saavutuste eest termodünaamikas ja vastuseisu eest Home Rule'ile Iirimaa anti talle paruni tiitel, ning temast sai Largsi parun

Kelvin Ayr'i maakonnas. Ta oli ka esimene teadlane, kes valiti Inglise parlamendi Lordide kotta. Tema tiitel „Kelvin“ viitab Kelvini jõe, mis voolab tema laboratooriumi lähedal Glasgow Ülikoolis. Tema kodu oli punasest liivakivist maja Netherhall Largs'is. Kelvin ei lahkunud Glasgow'st ja jäi seal loodusfilosoofia professoriks üle 50 aasta, kuigi paljud mainekad ülikoolid kutsusid teda tööle. Kuna ta aga oli aktiivne tööstuslikes uuringutes, siis 1899. aastate paiku värbas George Eastman Kelvini Briti kompanii Kodak Ltd asepresidendiks.



Perekond

Thomsoni suguvõsas oli kolm professorit Glasgow ülikoolis: matemaatik James Thomson, insener James Thomson ja Kelvin Thomson. Neist kaks olid seotud Glasgow ülikooli professori Kelvin Rankine'iga ja kolmekesi olid nad termodünaamika koolide asutajad.

Kelvin Thomson'i isa, James Thomson, sündis talupoja peres Armaghmore'is Ballynahinchi lähedal Downi krahvkonnas. Juba poisikesena tegi ta valmis päikesekella ja kui kohalik kool oli lõpetanud väga heade hinnetega, siis sai temast kooli direktori abi. Suviti teenis ta raha, sest tema eesmärgiks oli jõuda ülikooli ja saada prebüteriaanlikuks¹ preestriks. 1810. a oli ta kogunud niipalju raha, et sai astuda Glasgow ülikooli. Suved veetis ta kodus, kuhu Glasgowst sai laevaga, mis polnud just ohutu teekond tormide ja Firth of Clyde'i hoovuste tõttu. Kord pidi ta koos sõbraga paluma end laevalt kaldale lasta, et jala Glasgow'sse minna – ca 50 km.

1815.a sai ta matemaatika professoriks alguses Kuninglikus Belfasti akadeemilises institutsioonis ja seejärel 1832. a ka Glasgow ülikoolis. Ta andis välja haruldaselt hea aritmeetika õpiku, millest 1829. a publitseerisid

¹ Presbüterlus on vanematekogul põhinevat kirikuvalitsemist pooldavate kalvinistlike denominatsioonide koondnimetus

pojad Kelvin ja James 72. väljaande! 1829. a andis Glasgow ülikool talle autiitli LL.D.²

Ta abiellus Margaret Gardner'iga 1817. a ja neil oli neli poissi ja kaks tüdrukut. Margaret Thomson suri 1830. a, kui Kelvin oli kuue aastane ja majapidamist hakkas korraldama poiste tädi.

Kelvinit ja tema vanemat venda James'i õpetas isa kodus, aga nende nooremat venda õpetasid nende vanemad õed. James oli tegelikult see väljavalitu, kes sai kõige rohkem isa tähelepanu ja rahalist toetust ning teda valmistati ette inseneri elukutseks. Hiljem, kui pere juba Glasgows elas, siis neil oli tavaks suviti mõnda aega veeta Arrani saarel, kus Kelvini vend James meisterdas valmis laevamudeli, mille nimeks sai loomulikult *Püha Patrick*. Laeva käitumist vees jälgides sai Kelvin ideid, mida edukalt kasutas hilisemas elus. Huvi mere vastu aga ei kadunud ja vanemas eas oli Kelvinil kuunar-jaht *Lalla Rookh*, millega käis purjetamas kuni Madeirani välja.

Ülikoolis õppis Kelvins ta väga hästi pea kõiki seal õpetatavaid aineid. Ta sai sageli auhindu, jättes ühel korral varju isegi John Cairdi, kellest hiljem sai Glasgow ülikooli rektor.

Thomsoni lapsed said laiema arusaama maailmast, kui nende isa seda oli saanud. Lapsed veetsid 1839. a keskse ajavahemiku Londonis ja poisid õppisid prantsuse keelt Pariisis. 1840. aastate keskel olid nad Saksamaal ja Hollandis. Keelte õpetamine oli neile esmajärgulise tähtsusega. Võiks ju veel lisada, et Kelvini õde Anna oli füüsik James Thomson Bottomley³ ema.

² Legum Doctor (ld. "seaduste õpetaja). LL.D. tähendab inglise keeles seaduste doktorit, mis võib olla nii akadeemiline kui autiitel. Kaks L'i lühendis tähendavad Cambridge'i ülikooli varasemat praktikat õpetada nii kanoonilist kui tsiviilõigust, nii et kahekordne L tähistab kaht õigust.

³ James Thomson Bottomley (1845–1926) oli lirimaal sündinud füüsik. Ta on tuntud soojuskiirguse uurija ning ta koostas 4-kohalised logaritmi tabelid.

Noorus

Kelvinil oli südameprobleeme ja ta pidi 9-aastasena äärepealt surema. Ta käis koolis Kuninglikus Belfasti Akadeemilises Koolis. Juba 1834. a, seega 10-aastasena astus ta Glasgow Ülikooli. See oli tollal kaunis tavaline vanus ülikooli astumiseks, sest ülikool oli siis nagu laiendatud tavakool andekatele lastele.

Kelvin tundis koolis suurt huvi nii klassikaliste teaduste kui ka loodusteaduste vastu. Juba 12-aastasena võitis ta auhinna, tõlkides Samosata Lukianose raamatu *Jumalate dialoogid* ladina keelest inglise keelde.

Akadeemilisel aastal 1839/1840, Kelvin võitis astronoomias auhinna oma klassis töö *Essee Maa kujust* eest. See töö näitas tema varakult väljaarenenud võimet matemaatiliseks analüüsiks ja loovuseks. Kogu oma elu ta töötas selles essees tõstatatud probleemide kallal, maandades niimoodi oma stressi isiklikus elus.

Kelvinsi hakkas huvitama Fourier' traktaat *Soojuse analüütiline teooria*. Eriti võlus teda see, kui elegantselt Fourier matemaatikat oma probleemide lahendamiseks kasutas. Kuna aga inglise loodusfilosoofid olid ikka veel tugeva Newtoni mõju all, siis kritiseerisid nad Fourier' tööd. Eriti ägedalt tegi seda Philip Kelland. Fourier' traktaadi raamatu kiiluvees kirjutas Kelvin oma esimese avaldatud teadustöö Fourier lähenemise kaitseks pseudonüümi P.Q.R. all. Kelvini isa saatis selle Cambridge'i Matemaatilisse ajakirja ning pärast mõningat silumist töö avaldati. Sellele järgnes kohe ka teine töö.

Olles oma perekonnaga puhkusel Arranil 1841. a kirjutas ta ka kolmanda töö ikka sama pseudonüümi all *Ühtlasest soojuse liikumisest homogeensetes tahkistes, ja selle seosest elektri matemaatilise teooriaga*. Selles artiklis sidus ta tähelepanuväärsel viisil kokku soojusjuhtivuse ja elektrostaatika, mida James Clerk Maxwell hiljem kirjeldas kui väga väärtuslikku teadust formeerivat ideed.

Cambridge

Kuna Glasgow üliõpilane Archibald Smith oli olnud *senior wrangler* ja esimene Smith'i auhinnasaaja Cambridge'is, siis oli loomulik, et professor James Thomson otsustas oma poja saata Cambridge'i õppima. Ta ei kahelnud, et Kelvin saab seal hiilgavalt hakkama, ja kui tal on kord käes Cambridge'is saadud teaduskraad, siis Šotimaal on lihtne ametit leida. Pealegi oli tal ka teine salajane lootus, nimelt oli Glasgow ülikooli loodusfilosoofia professor Meikleham juba vana ja pödüra tervisega, ja peatselt pidi see ametikoht vabaks saama.

Kelvin immatrikuleerus 1841. a Cambridge'i Püha Peetruse kolledžis. Kohe levis jutt, et tegemist on ilmselt tulevase *senior wrangler*'iga. Kelvin oli kaasüliõpilaste hulgas populaarne ja tal oli palju sõpru. Üks neist oli Hugh Blackburn Trinity kolledžis, kes oli Kelvini aasta viies *wrangler* ja hiljem matemaatikaprofessor Glasgows. Teine suur sõber oli kaasmaalane George Gabriel Stokes Pembroke'i kolledžist, kes oli just saanud *senior wrangler*'iks. Teisel õpiaastal sai Kelvin endale tuutoriks Kelvin Hopkinsi⁴, kes oli peaaegu sama hea õpetaja, kui hilisem Eduard John Routh⁵ samast kolledžist. Ilmselt sobisid õpetaja ja õpilane omavahel imehästi ja Kelvin kirjutas oma tudengiajal 16 teadustööd. Kelvin ei jätnud ka oma kehalist arengut hooletusse ja oli agar sõudja ning võitis isegi Colquhouni hõbeaerud.

Viimasel õpiaastal muutus Kelvin murelikuks, sest lähenev matemaatika eksam – *mathematical tripos* – tegi talle peavalu. Mitte eksami raskuse pärast, vaid sellepärast, et isa ootas temalt vaid *senior wrangleri* tiitlit. Ja Kelvin jäigi teiseks *wrangler*'iks, kuid ta sai kohe revanši, sest Smithi auhinna saamisel oli tema esimene. Mõlema tudengi vastused olevat olnud nii briljantsed, et üks

eksaminaatoritest, Robert Leslie Ellis⁶ olevat öelnud oma kolleegile, et nad mõlemad kõlbavad vaid nende poiste sulgede teritajaks. Siinkohal on sobiv

⁴ Kelvin Hopkins (1793–1866) oli inglise matemaatik ja geoloog. Ta oli tuntud kui eraõpetaja, kes andis tunde Cambridge'i ülikooli andekatele tudengitele, teenides nii hüüdnime „seenior wranglerite tegija“.

⁵ Edward John Routh (1831–1907), oli inglise matemaatik, kes oli kuulus tudengite ettevalmistaja matemaatilise *tripos* eksamitele Cambridge'i ülikoolis 19. sajandi keskel.

⁶ Robert Leslie Ellis (1817–1859) oli inglise universaalteadlane (polymath), keda teatakse põhiliselt kui

selgitada ka termini *mathematical tripos* päritolu. Nimelt istus tudeng matemaatika eksamil vastamise ajal kolmejalgsel järil ja sellest siis ka termin *tripos*.

Juba 1845. a andis ta Faraday idee esimese matemaatilise arenduse, et elektriline induktsioon toimub vahekeskkonna kaudu, mida ta nimetas dielektrikuks, mitte aga mingi arusaamatu kaugmõju tõttu. Ta kavandas ka elektriliste kujutiste matemaatilise tehnika, mis sai võimsaks vahendiks elektrostaatika probleemide lahendamisel. Osaliselt vastuseks tema julgustusele oli see, et Faraday võttis ette uurimuse, mille tulemusena ta avastas nn Faraday efekti 1845. a septembris, mis tegi kindlaks, et valgus ja magnetism (seega ka elekter) on seotud nähtused.

Ta valiti Peterhouse'i kolledži liikmeks juunis 1845. Pärast seda veetis ta mõnda aega kuulsa Henri Victor Regnault⁷ laboris Pariisis. 1846. a kutsuti Kelvin üksmeelselt Glasgow ülikooli loodusfilosoofia kateedri juhatajaks, sest selle kateedri kauaaegne professor Meikleham suri maikuus.

Üldse oli see aeg ka kurbade sündmuste tunnistaja – samal aastal suri Kelvini noorem vend John, kes oli olnud Glasgow kuningliku haigla arst. Kolm aastat hiljem suri Kelvini isa koolerasse, mis tollal polnud sugugi haruldane haigus.

Isiklik elu

Septembris 1852 abiellus Kelvin oma noorusaegse armastatu Margaret Crum'iga, kes oli Thornliebank'ist pärit Walter Crum'i⁸ tütar. Kahjuks halvenes naise tervis juba mesinädalate ajal, nii et järgmised 17 aastat pidi Kelvin muretsema naise tervise pärast, mis oluliselt tema loovust pidurdas. Margaret suri 1870. a ja Kelvin jä sügavasse leina. 16. oktoobril 1854 tegi George Gabriel Stokes katse tuua Kelvin tagasi teaduse juurde, kirjutades

matemaatikut ja Francis Baconi tööde toimetajat.

⁷ Henri Victor Regnault (1810–1878) oli prantsuse keemik ja füüsik, kes väga hoolikalt mõõtis gaaside soojuslikke omadusi.

⁸ Walter Crum (1796–1867) oli šoti ärimees ja keemik, kes valiti Kuningliku seltsi liikmeks 1844. a.

talle ja küsides arvamust mõnede Faraday katsete kohta seoses transatlantilise kaabliga.

1873. a juunis oli Kelvin laeva Hooper pardal, mis sõitis Lissaboni poole, pardal 2500 miili kaablit, kui selles kaablis avastati viga. Järgnes 16-päevane peatus Madeiral, kus Kelvin sõbrunes Charles R. Blandy ja tema kolme tütreaga, kuid neist eriti Frances Annaga. Järgmise aasta maikuus sõitis ta oma jahil Madeirale ning kui ta lähenes sadamale, signaliseeris ta Blandy residentsi küsimuse: „Kas sa tuled mulle naiseks?“ Ja Frances Anna signaliseeris vastu: „Ja!“

Abielu Kelvinist 13 aastat noorema naisega sõlmiti 24. juunil 1874.

Varased elektriuringud

1834. a oli Kelvin Snow Harris⁹ avaldanud töö, milles kirjeldas oma väga täpseid elektriliste tõuke- ja tõmbetungide mõõtmisi. Ta oli kasutanud nende tungide mõõtmiseks katsekerade kaalumist. Harrise tulemused näitasid, et Coulombi seadus elektriliste tungide pöördruutsõltuvuse kohta alati ei kehti. Ent Kelvin seda ei uskunud ja näitas, et Harrise katset pidid segama teised laetud kehad katseseadme lähedal. Seda ei uskunud jälle Harris. Kuid 1853. a näitas Kelvin, kasutades enda leiutatud elektriliste kujutiste meetodit, et tal oli olnud õigus.

1890. a demonstreeris Kelvin Crystal Palace'i elektrinäitusel seadet kõrgete pingete mõõtmiseks, kuid tollal polnud kellelgi seda vaja. Ta töötas välja ka meetodi pinge mõõtmiseks voltides ja tõestas, et volt on absoluutne ühik ega väljendu teiste elektriliste ühikute kaudu. Sama käis ka voolutugevuse ühiku ampri kohta.

1853. a avaldas Kelvin olulise artikli pealkirjaga „Leideni purgi ostsilleeruv lahendus“, mis baseerus Helmholtzi avastusele, et kui Leideni purki kasutada

⁹ Sir Kelvin Snow Harris (1791–1867) oli Briti füüsikust elektriurija. Ta on kuulus selle poolest, et leiutas efektiivse välgukaitse laevadele. Üheks edukaks katselaevaks sai HMS *Beagle*, mis elas üle välgutabamused oma kuulsal reisil Charles Darwiniga.

magnetnõela magnetiseerimiseks, siis saab magnetnõela kord nii, et põhjapoolus on ühes otsas ja teinekord nii, et see poolus on hoopis teises otsas. Kelvini töö kohaselt on selle efekti selgituseks purgi ostsilleeruv lahendus.

Kelvin pakkus samas välja ka, et välk pole midagi muud, kui elektrilahendus, sama, mis toimub Leideni purgi tühjenemisel, ainult tohutult palju võimsam.

Kuid selle töö kõige tähtsam tulemus oli see, et Kelvin ennustas selles raadiotelegraafi sündi.

1893. a juhatas Kelvin rahvusvahelist komisjoni, kes arutas Niagara jõe jõujaama projekteerimist. Hoolimata sellest, et tema arvates elektrienergia ülekanne alalisvooluna oli parem, kinnitas ta Westinghouse'i vahelduvvoolu süsteemi. Isegi pärast jaama valmimist jäi Kelvin ikka oma arvamuse juurde.

Tunnustades Kelvini teeneid elektrialasel standardiseerimisel valis Rahvusvaheline Elektrotehnika komisjon ta oma esimeseks presidendiks 1906. a.

Termodünaamika uuringud

Idee soojuse ja töö vahelise seose kohta sai Kelvin Joule'ilt, kui see pidas ettekande Briti assotsiatsioonis 1847. a. See ettekanne avaldas Kelvinile nii võimsat muljet, et ta töötas mitmeid aastaid soojusmasinate kasuteguri uurimisel ja selle parandamisel. Aluseks võttis ta prantsuse inseneri Carnot'¹⁰ poolt uuritud soojusmasina. See masin võttis teatud hulga soojust konstantsel kõrgel temperatuuril hoitavast allikast, muutis osa sellest kasulikuks tööks ja suunas ülejäägi jahutisse, mida hoiti konstantsel madalal temperatuuril. Kelvin sai kohe aru, et see masin peab olema pööratav – st me võime teoreetiliselt võtta mingi hulga soojust jahutist ja tööd tehes tagastada see allikasse. Kelvin sai ka aru, et Carnot' masina tehtud töö ei sõltu vaid allika ja jahuti temperatuuride vahest, vaid ka nende temperatuuride

¹⁰ Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832) oli Prantsuse sõjaväe insener ja füüsik, keda kirjeldatakse kui „termodünaamika isa“.

absoluutsetest väärtustest. Nii sündis temperatuuri absoluutne termodünaamiline skaala, mis on defineeritud järgmiselt: Võtame mingi ühiku soojusenergiat kehalt A temperatuuril T absoluutses skaalas ja anname selle kehale B temperatuuril $T-1$. Kui nüüd selle soojushulga abil tehtud töö ei sõltu sellest, milline on T väärtus, siis saamegi absoluutse temperatuuriskaala, mis on sõltumatu mistahes aine füüsikalistest omadustest.

Olles sellise mõttekäigu paika pannud, postuleerid Kelvin, et nii saavutatakse punkt, kus enam mingit soojusenergiat edasi anda ei saa, ehk see punkt on absoluutne null, millest oli 1702. a rääkinud Guillaume Amontons¹¹ ja kes oli arvanud, et see null on -240 C.

Teoreetiliselt oli uus skaala paigas, kuid see oli vaja siduda mõne tavalise skaalaga. Mitmeid gaase oma termomeetri jaoks valides leidis ta vesiniku, mida oli küll keeruline kasutada, kuid mis sobis termomeetri töökehaks. Nii leidsid nad kahekesi Joule'iga, et absoluutne null on temperatuuril -273.7 C. Oma katseid tegid nad Manchesteris, kuid need lõpetas naaberkrundi omanik, kes lubas nad kohtusse kaevata, kui nad oma mürarikkaid ja vibratsiooni tekitavaid katseid jätkavad.

Kelvin oli veendunud, et kehad koosnevad molekulidest ja et soojus on molekulide liikumine kehas. Absoluutse nulli juures molekulide liikumine lakkab. Sama juhtub keha elektritakistusega, mis absoluutse nulli juures kaob.

1852. a avaldas Kelvin artikli „Energia dissipatsioonist kui looduse universaalsest tendentsist“, milles ennustas maailma soojussurma. Kelvin kahtlustas, et soojusenergiat mehaaniliseks muuta ei saa, kuid oli hiljem sunnitud omaks võtma Joule'i vastupidise seisukoha. Kelvin formuleeris ka termodünaamika teise seaduse: Elutu materiaalse agendi abil on võimatu saada mehaanilist energiat mistahes aine osalt jahutades seda allapoole

¹¹ Guillaume Amontons (1663–1705) oli Prantsuse teadusaparaatide leiutaja ja füüsik, kes uuris hõõrdumist ja kes arvas, et absoluutne null on olemas.

temperatuuri, mis on keha ümbritsevate teiste kehade seas madalaima temperatuuriga kehal.

Mis puutub teadusesse, siis Kelvin kirjutas:

Füüsikateaduses on mistahes objekti tundmaõppimise esimeseks oluliseks sammuks leida numbriline arutus ja praktilised meetodid mingi selle objektiga seotud omaduse mõõtmiseks. Ma ütlen sageli, et kui te suudate mõõta seda, millest te räägite ja väljendada seda arvudes, siis te juba teate midagi sellest, aga kui te ei saa seda mõõta, ega väljendada seda arvudes, siis teie teadmine on napp ja mitterahuldav. See võib olla teadmise algus, kuid te olete oma mõtetes vaevu jõudnud teaduse tasemele, ükskõik mille kohta see teadmine siis käib.

Transatlantiline kaabel ja navigatsioon

Esimene mereaalne kaabel paigutati Calais ja Doveri vahele 1850. a augustis. See oli lihtsalt vasest juhe, mis oli ümbritsetud gutapertšiga. Mõni tund hiljem lõi kalalaeva ankur selle pooleks. Kuid enne seda vahetatud signaalid olid palju kehvema kvaliteediga, kui maaliinide puhul. Uus kaabel nende linnade vahele pandi juba järgmisel aastal, ja paar aastat hiljem pandi kaabel Port Patricku ja Donaghadee vahele. Need katsed olid edukad ja esile kerkis idee transatlantilise kaablist Euroopa ja Ameerika vahel.

Kelvin oli noore mehena uurinud signaalide levimist kaablis ja tuletanud seaduse signaali levimise kiiruse kohta – see oli pöördvõrdeline kaabli pikkuse ruuduga. Selle tulemusega polnud rahul Wildman Whitehouse¹², sest see tulemus oleks tähendanud, et transatlantiline kaabel on mõttetu, aga Whitehouse oli väga huvitatud transatlantilise sidest. Kelvin näitas aga, et kaabli juhtsoone ristlõike suurendamine ja paksem isolatsioon võimaldavad siiski ettevõtmise läbi viia. 1856. a moodustati Atlandi telegraafikompanii ja Kelvin sai selle direktoriks. 1857. a alustasid kaks laeva - inglase *Agamemnon* ja ameeriklaste *Niagara* - kaablipanekut. 380 miili pärast katkes Niagaralt

¹² Edward Orange Wildman Whitehouse (1816–1890) oli ametilt inglise kirurg ja kutsumuselt elektriinsener. Ta nimetati peaelektrikuks esimese transatlantilise telegraafikaabli panekul..

vette lastud kaabel, kuna kogenematu mees oli pandud kaabli vettelaskmise seadeldise pidurisüsteemi juhtima. Kelvin tuli ekspeditsioonilt tagasi hoopis entusiastlikumana kui enne ja töötas välja väga tundliku voolumõõteriista – peegelgalvanomeetri. Järgmisel aastal alustasid needsamad kaks laeva uuesti kaablipanekut Iirimaa ja Newfoundlandi vahele ja viisid selle lõpuni, hoolimata ränkadest tormidest. Whitehouse, kes oli olnud vastutav Iiripoolse löigu eest, otsustas kasutada enda signaalaparaati, kuid ilma eduta. Ta pidi ikkagi kasutama Kelvini seadet, kuid ta oli oma aparaadiga kahjustanud kaablit, sest tema aparaat töötas ainult väga kõrge pingega (ca 2 kV). Kompanii juhatus kõrvaldas ta ametist ja Kelvin hakkas vastutama kogu liini eest. Tema katsed näitasid, et kaabel on kahtlases seisus ja tõepoolest mõne nädala pärast katkes side hoopis. Siiski jõuti saata 732 teadet, millest mõned olid erakordse tähtsusega. Järgmine katse tehti 1865. a, laev nimega *Great Eastern* oli kaablipanijaks. Ka see katse ebaõnnestus pärast 1200 miili, kui kaabel katkes. Järgmisel aastal katse õnnestus ja ka vana kaabel parandati. Selle eest löödi kompanii insener hr Canning, *Great Easterni* kapten Anderson ja Kelvin rüütlikeks.

Kelvin tegi mitmeid kasulikke täiendusi navigatsiooni, näiteks töötas ta välja meetodi rauast laeva mõju vähendamiseks kompassile. See meetod siiski ei aidanud suurte lahingulaevade puhul, sest neis on rauda liiga palju, et selle mõju kompassile kompenseerida. Tuli üle minna gürokompassile, mida Kelvin oli katsetanud juba 1884. aastal, tõsi, mitte eriti õnnestunult.

Ka mere sügavuse loodimiseks tegi Kelvin mitmeid kasulikke ettepanekuid, pannes ette kasutada tavalise nõõri asemel terasest klaverikeeli ja see kiirendas tunduval määral mõõtmisi, mis enne olid olnud kohmakad ja palju aega nõudvad. Sest tavalisel viisil tuli laev peatada ja siis mõõtmisi teha. Kelvini meetodi puhul aga laeva peatada vaja ei olnud.

Ameerika navigaator kapten Sumner¹³ oli leidnud meetodi laeva asukoha määramiseks merel taevakehade positsioonide järgi – kui te teate ühe

¹³ Thomas Hubbard Sumner (1807–1876) oli avamere kapten 19. sajandil. Ta on tuntud taevakehi kasutava navigatsioonimeetodi väljatöötamise poolest, mida nimetatakse Sumneri meetodiks.

taevakeha kõrgust horisondist ja Greenwichi aega ühel ja samal ajahetkel, ja kordate samu vaatlusi mõne aja pärast, siis on võimalik leida, millises Maakera punktis te asute. Kelvin lihtsustas Sumneri meetodi kasutamist, avaldades vastavad tabelid.

1876. a konstrueeris Kelvin loodeid ennustava masina, mis isegi 20. sajandi alguspoolel töötas riiklikus füüsika laboris tõusu ning mõõna ennustamiseks erinevates sadamates. See oli tegelikult harmooniline analüsaator, kus kasutati hulka kettaid trigonomeetriliste ridade summeerimiseks. Kelvin arvas, et sellist seadet saaks kasutada ka diferentsiaalvõrrandite lahendamiseks.

Lained ja keerised

Kelvin tegeles palju laine ja keeristega, saades inspiratsiooni oma jahtlaeva *Lalla Rookh* liikumise vaatlemisega. Näiteks tegi ta kindlaks, et kui meri on rahulik, siis tuule kiirusel alla 8.8 tolli sekundis merepind lainetama ei hakka. Aga kui tuule tugevus on üle miili tunnis (1600 m/h), siis tekib säbru ning kiirusel kaks miili tunnis tekivad selgelt väljenduvad lained, millel võib näha ka säbrut. Koos Helmholtziga leidsid nad nn Kelvin-Helmholtzi (KH) ebastabiilsuse, mis juhtub siis, kui mingis pidevas keskkonnas, näiteks vees, on kahe keskkonna kihi vahel kiiruste erinevus ehk nihe. Näiteks tuul puhub üle veepinna, mille tulemusel tekivad lained. KH ebastabiilsus ilmneb pilvedes, ookeanis, Saturni rõngastes, Jupiteri Suures Punases Laigus jm.

Kui Glasgow ja Ardrossani kanalis oli veel tihe liiklus, siis seal avastati, et kui paadi liikumiskiirus on suurem mingist kriitilisest kiirusest, siis väheneb veetakistus paadile oluliselt. See nähtus avastati juhuslikult. Kord ehmus paati vedav hobune ja hakkas galopeerima ning paadi omanik märkas, et vahune laine paadi täävi ees on kadunud. Seda nähtust hakati kohe ära kasutama ja hobuseid hakati sundima kiirusele umbes 10 miili tunnis, sest siis veetakistus kohe vähenes ja hobustel oli palju kergem. Kelvin andis sellele nähtusele ammendava seletuse.

Teda huvitasid ka keerised vees. Koos professor Tait'iga Edinburghist kirjutasid nad pika traktaadi keeriste olemuse kohta. Kelvini järeldus oli, et kui viskoossus puuduks, siis eksisteeriksid keerised igavesti. See järeldus viis teda mõttele, et aatomid, millest Universum on tehtud, ongi keerised maailma eetris. Kelvini teooria oli suur samm edasi Newtoni korpuskulaarsest teooriast. Larmor¹⁴ oli see, kes näitas siiski selle teooria paikapidamatust siis, kui võtame arvesse elektrilised nähtused. Suuresti Kelvini ja Tait'i töö tõttu arendati välja topoloogia haru – sõlmede teooria.

Teised tööd

Ajavahemikul 1855-1867 töötas Kelvin koos Peter Guthrie Tait'iga õpiku kallal, mis ehitas algse mehaanika õppe kinemaatilise matemaatika peale, kirjeldades liikumist ilma jõudu sisse toomata. Tekstis oli muidugi juttu dünaamikast, kuid peatähelepanu oli siiski energial kui ühendaval printsiibil. Õpiku teine väljaanne ilmus 1879. a kahe eraldi köidetud raamatuna. Võib öelda, et see sai standardiks matemaatilise füüsika õpetamisel.

Charles Babbage¹⁵ oli olnud üks esimesi, kes soovitas kasutada majakate valguse varjutamist signaalide edasiandmisel, kuid Kelvin oli näidanud, et selleks otstarbeks on Morse kood palju parem, ja et pikad ja lühikesed valgusimpulsid annaksid edasi punkte ja kriipse.

Maa vanus: geoloogia ja teoloogia

Kelvin oli olnud kogu elu pühendunud kristlane ja kirikuskäimine oli talle igapäevane tegevus. Tema jaoks oli usk tema teadustöö toetaja, nagu järgnes tema kõnest Kristlike Tõendite Seltsi aastakoosolekul 23. mail 1889.

Üheks väga selgeks juhtumiks selle vastasmõju kohta on kelvini hinnang Maa vanusele. Võttes arvesse tema noorusaegset tööd Maa kuju kohta ja tema huvi soojusjuhtivuse kohta, pole ime, et ta hakkas uurima Maa jahtumist ja sellest

¹⁴ Joseph Larmor (1857–1942) oli iiri füüsik ja matemaatik, kes tegi palju elektri, dünaamika, termodünaamika ja aine elektroonse teooria mõistmiseks.

¹⁵ Charles Babbage (1791–1871) oli inglise matemaatik, filosoof, leiutaja ja mehaanikainsener, kellelt pärineb programmeeritava arvuti mõiste.

lähtudes hindama Maa vanust. Kelvin oli kreatsioonist selle termini laias tähenduses, kuid ta polnud „üleilmse uputuse geoloog“. Ta väitis, et termodünaamika seadused kehtivad Universumi tekkimisest alates ja ta visandas dünaamilise protsessi, mille käigus tekkisid Päikesesüsteem ja teised struktuurid ja millele järgnes „soojussurm“. Kelvin arendas seda vaadet, et Maa oli alguses olnud eluks liiga kuum ja see vaade käis risti vastu „uniformitarianismile“¹⁶.

Pärast Charles Darwini raamatu „Liikide tekkimisest“ ilmumist 1859. a Kelvin nägi, et tema väidetud suhteliselt lühike asustatud aeg Maal on vastu Darwini õpetusele, mis nõuab väga pikka aega loodusliku valiku jaoks. Kelvin uskus, et teistlikku evolutsiooni kiirendas jaumalik juhtimine. Tema rehkendused näitasid, et Päike pole eksisteerinud nii kaua, et lubada aeglast evolutsiooni, kuni pole olemas sellist energiaallikat, mida toleaeagsed inimesed ei tundnud. Ta satus peatselt vaidlusse geoloogide ja Darwini õpetuse toetajatega. Kelvini esialgne hinnang Maa vanuse kohta oli 20 ja 400 miljoni aasta vahel. Hiljem ta täpsustas seda vanust ja leidis, et vanuse ülempiir on kümme korda väiksem.

Väga levinud on arvamus, et radioaktiivsuse avastamine lükkas ümber Kelvini hinnangu Maa vanuse kohta. Kelvin ise seda arvamust avalikult omaks ei võtnud ja arvas, et tal on palju tugevam argument – et Päike ei saa olla vanem kui 20 miljonit aastat. Ilma päikesevalguseta ei saa seletada setete paksust maapinnal.

Sel ajal oli teada Päikese energia ainukesel allikana Päikese gravitatsiooniline kokkutõmbumine. Alles siis, kui avastati termotuumareaktsioonid, sai selgeks Päikese tegelik energiaallikas. Aga see oli alles 20. sajandi 30-ndatel aastatel.

¹⁶ Uniformitarianism, filosoofiline vool, mis uskus teaduse aluseks olevate printsiipide nagu kausaalsus, invariantsust. Seda voolu kirjeldati ka kui füüsiliste seaduste invariantsust ajas ja ruumis.

Elu lõpuperiood ja surm

1860. aasta talvel libises Kelvin jääkeeglit (*curling*) mängides ja kukkus, murdes puusaluu kaela. See õnnetus jättis teda edaspidi lonkama. Nende kuude jooksul, kui ta jalg oli fikseeritud ja tal tuli taluda suuri valusid, mõtles ta pidevalt füüsikalistele probleemidele ning märkmik ja pliiaats olid ta käeulatuses.

Kelvini viimaste aastate jooksul oli ta tervis üldiselt hea, kuigi ta kannatas näo neuralgia käes, mis ravile ei allunud. 1907. a sügisel jäi Lady Kelvin tõsiselt haigeks ning 23. novembril samal aastal Kelvin külmetus. See, koos murega oma naise tervise pärast sundis ta voodisse. Ta proovis ikka veel tööd teha, kuid ta jäi aina nõrgemaks ning suri 18. detsembril 1907. a oma Šotimaa kodus Netherhall'is, Largs'is.

23. detsembril maeti ta Westminster Abbey'sse. Päev varem oli kirst kadunuga jõudnud Londonisse, kus ta viidi Püha usu kabelisse. Järgmisel päeval oli Abbey rahvast täis, seal oli Glasgow ja Cambridge'i ülikooli esindajate kõrval esindajad Prantsusmaalt, Itaaliast, Saksamaalt, Austriast, Venemaalt, Ameerika Ühendriikidest, Canadast, Austraaliast, Jaapanist, ja Monacost. Jumalateenistus oli lihtne ja mõjuv, rõhk oli pandud leina kõrval sellele, et Kelvin oli oma pika tööelu jooksul nii palju inimkonnale andnud.

Pärand

Klassikalise füüsika piirid

1884. a pidas Kelvin loenguid „Molekulaardünaamika ja valguse laineline teooria“ edasijõudnud tudengite rühmale Johns Hopkins'i ülikoolis. Kelvin käsitles helilainete võrrandit, mis kirjeldab heli kui rõhu laineid õhus ja proovis kirjeldada ka elektromagnetiliste lainete võrrandit kui lainete leviku kirjeldajat lainetusprotsessi lubavas maailma eetris. Selles rühmas olid ka Michelson ja Morley, kes hiljem tegid kuulsa Michelson-Morley katse, mis lükkas ümber maailmaetri teooria. Kelvin ei andnud tudengeile oma

loengute teksti, kuid A. S. Hathaway¹⁷ oskas stenograafiat ja tegi märkmeid. Hiljem paljundas ta need papürograafil ja kuna nende järgi oli suur nõudmine, siis palus ta Kelvinil need avaldada, mis 17 aasta pärast – 1904. aastal - ka toimus.

Kuid Kelvini katsed kirjeldada elektromagnetiliste lainete levikut mehaanilise mudeli abil kukkusid läbi.

Väited, mis osutusid valedeks

Nagu paljud teised kuulsad teadlased, tegi ka Kelvin vigu tehnoloogia tulevikku ennustades.

Tema elulookirjutaja Silvanus P. Thompson¹⁸ kirjutas, et kui Röntgen'i avastus sai teatavaks 1895. a lõpul, siis Kelvin oli skeptiline ja pidas teadet pettuseks. Ajalehed olid täis röntgenkiirte imepäraste omaduste kirjeldusi, kuid Kelvin jäi skeptiliseks, kuni Röntgen ise saatis talle koopia oma memuaaridest. Olles selle läbi lugenud ja fotosid näinud, kirjutas Kelvin Röntgenile 17. jaanuaril 1896, et kui ta luges memuaare, siis oli ta väga üllatunud ja vaimustunud. Ja et ta ei saa midagi muud öelda, kui Röntgenit soojalt õnnitleda selle suure avastuse puhul. Kelvin laskis ka samal aastal oma käest röntgenfoto teha.

Kelvin ennustas ka, et õhust raskemat lennumasinat on võimatu ehitada. Ta keeldus liitumast Aeronautikaseltsiga, kui teda sinna kutsuti. Ta kirjutas vastuseks: „Mul pole kõige vähemat molekuli usku navigatsioonihõhus, kui ainult õhupallide abil, ja ma ei looda häid tulemusi mistahes katsetustest, millest me kuuleme.“ 1902. a ajalehe intervjuus ta ennustas, et mitte ükski õhupall või aeroplaan ei saa kunagi praktiliselt edukaks.

Väide, et „praegu pole füüsikas midagi uut avastada ja ainus, mida teha saab, on aina täpsemalt mõõta“, on valesti pandud Kelvini suhu 1980ndatest alates,

¹⁷ Arthur Stafford Hathaway (1855—1934) oli ameerika matemaatik.

¹⁸ Silvanus Phillips Thompson (1851–1916) oli füüsikaproffessor City and Guilds Technical College'is (Finsbury, Inglismaa). Paljude teiste raamatute kõrval kirjutas ta Lord Kelvini ja Michael Faraday elulood.

kas siis ilma osundamiseta või väites, et see tehti pöördumisel Briti teaduste arendamise assotsiatsiooni poole 1900. aastal. Mingeid tõendeid selle kohta, et Kelvin nii väitis, ei ole olemas. See osund on parafras Albert A. Michelsoni väitest, kes 1894. a ütles: „...on tõenäoline, et enamus suurtest alusprintsipiidest on kindlalt paigas... Kuulus füüsik märkis, et tuleviku tõesid füüsikateadustes tuleb otsida kuuendas kümnendkohas.“

Selliseid väiteid oli ka varem tehtud, nagu näiteks tegi seda Philipp von Jolly¹⁹. Selle osundi omistamine Kelvinile on tõenäoliselt tingitud sellest, et Kelvin pidas kõne „19. sajandi kaks pilve soojuse ja valguse dünaamilise teooria kohal“ Kuninglikus institutsioonis 27. aprillil 1900. a, milles ta otse vastupidiselt osutas kahele alale füüsikas, kus võib oodata revolutsiooni. Need „kaks pilve“ olid esiteks arusaamatus, kuidas aine liigub läbi eetri (eriti pärast Michelson–Morley kuulsat katset) ja teiseks vihjed, et ekvipartitsiooni seadus statistilise mehaanikas võib osutada valeks. Ning tõepoolest tekkisid neist „kahest pilvest“ kaks võimsat teooriat – esimesest relatiivsusteooria ja teisest kvantmehaanika.

1898. a ennustas Kelvin, et planeedil jääb hapnikku vaid 400 aastaks, kuna nii suure kiirusega põletatakse kütust. Oma rehkendustes oletas Kelvin, et vaba hapniku ainus allikas on fotosüntees. Ta ei saanudki teada kõike fotosünteesi allikate kohta – näiteks ei teadnud ta seda, et tsüaanobakter *Prochlorococcus* annab rohkem kui poole merelisest fotosünteesist, sest see bakter avastati alles 1986. a.

Eponüümid

Suur hulk füüsiklasi nähtuseid ja mõisteid on seotud Kelvini nimega, nagu:

- Kelvini materjal

¹⁹ Johann Philipp Gustav von Jolly (1809–1884) oli saksa füüsik ja matemaatik. Ta mõõtis gravitatsioonikiirendust ja uuris osmoosi. Max Planck oli tema tudeng Müncheneri ülikoolis, kellel ta soovitas mitte füüsikaga tegeleda, sest sel alal on peaaegu kõik juba avastatud ja kõik, mis teha on, on mõned vähesed tähtsusetud lüngad täita.

- Kelvin veetilguti
- Kelvini laine
- Kelvin–Helmholtz'i ebastabiilsus
- Kelvin–Helmholtz'i mehanism
- Kelvin–Helmholtz'i heledus
- SI temperatuuriühik, kelvin
- Kelvini teisendus potentsiaaliteoorias
- Kelvini tsirkulatsiooniteoreem
- Kelvini sild (tuntud ka kui Thomsoni sild)
- Kelvin–Stokes'i teoreem
- Kelvin–Varley jagaja
- Kelvini nelipunktsond
- Kelvini funktsioonid

Austamised

- Edinburghi Kuningliku seltsi liige, 1847.
 - Keith'i medal, 1864.
 - Gunning Victoria Juubeli auhind, 1887.
 - President, 1873–1878, 1886–1890, 1895–1907.
- Rootsi Kuningliku akadeemia välisliige, 1851.
 - Kuninglik medal, 1856.
 - Copley medal, 1883.
 - President, 1890–1895.
- Kuningliku Õpetajate kolledži auliige, 1858.
- Šotimaa inseneride ja laevaehitajate institutsiooni auliige, 1866.
- Keiserliku Roosiordu komandör (Brasiilia), 1873.
- Auleegioni komandör (Prantsusmaa), 1881.
 - Auleegioni suurohvitser, 1889.
- Preisi Teenete ordeni rüütel, 1884.
- Leopoldi ordeni komandör (Belgia), 1890.
- Parun Kelvin, Largs'ist Ayri krhavkonnas, 1892. Tiitel tuleneb Kelvini jõe nimest, mis voolab Glasgow ülikooli krundil. Tiitel kadus koos temaga, sest tal polnud järglast ega lähedast sugulast.

- Victoria ordeni Suur Rist, 1896.
- Legum doctor'i (LL.D.) autiitel, Yale'i ülikool, 5 May 1902.
- Üks esimesi Teenete ordeni saajaid, 1902.
- Salanõunik (Privy Counsellor), 11 August 1902.
- Norra Fredericki ülikooli au teaduskraad *Doctor mathematicae*, 6. september 1902, kui ülikool pühitses matemaatik Nils Henrik Abeli sajandat sünniaastapäeva
- Esimene rahvusvaheline John Fritz'i medali saaja, 1905.
- Püha Aarde ordeni esimene klass (Jaapan), 1901.
- Ta on maetud Westminster Abbey'sse Londonis, Isaac Newtoni kõrvale.
- Lord Kelvini mälestuseks anti Clydesdale'i panga poolt välja £20 pangatäht 1971. a; praeguses pangatähtede väljaandes on tema portree panga £100 rahatähel. Sellel hoiab ta oma kompassi ja taustal on transatlantilise kaabli kaart.
- Kelvini nimeline linn Arizonas sai oma nime tema auks, kuna ta oli väidetavalt seal asuvate kaevanduste suurinvestor.
- 2011. a oli üks seitsmest nominendist Šotimaa Inseneride Kuulsuse Halli.

Kirjandus

1. A. Russell, *Lord Kelvin: His Life and Work*. London: T.C. & E.C.Jack. 1912h 2014.
2. <http://www.nndb.com/people/607/000050457/>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Kelvin_Thomson,_1st_Baron_Kelvin
- 4.