

James Clerk Maxwell



James Clerk Maxwell (13.06.1831 – 5.11.1879) oli Šoti matemaatiline füüsik. Tema paljudest saavutustest suurim oli kahtlemata elektromagnetilise kiirguse teooria klassikalise teooria loomine, mis rajas kindla aluse erirelatiivsusteooriale ja kvantmehaanikale.

Noorus



James Clerk Maxwelli sünnimaja, India tänav 14, Edinburgh.

Maxwell sündis 13. juunil 1831 Edinburghis Indis tn 14. Tema isa oli advokaat John Clerk Maxwell of Middlebie ja ema oli Frances Cay, Robert Hodshon Cay¹ tütar ja John Cay õde. Tema isa oli keskmiselt jõukas ja ta oli pärit Penicuiki Clerkide perest, kes olid pere baronetluse hoidjad – James'i lell oli Clerk of Penicuik'i 6. baronett . Ta oli sündides olnud John Clerk, kuid oli lisanud oma nimele Maxwell, kui oli pärinud Middlebie's, Kirkcudbrightshire's Corsock'i lähedal mõisa. See pärimine oli toimunud seoste tõttu Maxwelli perega, kes ka olid peeride hulgast. James oli šoti maalikunstniku Jemima Blackburne'i isa õepoeg ja insener William Dyce Cay ema vennapoeg. Cay'd ja Maxwellid olid suured sõbrad ja Cay oli Maxwelli pulmas isameheks.

Maxwell'i vanemad kohtusid ja abiellusid, ja kui James sündis oli ema juba ligi nelikümmne aastat vana. Neil oli olnud ka tütar Elisabeth enne James'i, kuid ta suri juba lapsena. Üsna peatselt kolis pere Glenlair House'i, mille vanemad olid ehitanud Middlebie mõisas. Maxwell oli äärmiselt uudishimulik juba lapsena. Kolmeaastaselt küsis ta iga liikuva asja kohta: „Kuidas see käib?“ Ja kui ta vastusega rahule ei jäänud, siis küsis tungivamalt: „Kuidas see tegelikult käib?“

Haridus, 1839–1847

Saades aru poisi andekusest, otsustas Maxwelli ema poisile ise haridust andma hakata, mis Victoria ajastul oligi tavaline asi. Kaheksa aastaselt teadis poiss peast Miltoni luulest pikki lõike ja kogu 119. psalm -176 salmi -Laulude raamatust oli tal peas.

Tema ema haigestus ja abdominaalse kasvaja ebaõnnestunud operatsiooni järel ta suri 1839. detsembris, kui James oli kaheksa aastane. Tema haridusega hakkasid tegelema isa ja tädi Jane. Maxwelli formaalne haridus algas ebaõnnestunult 16-aastase palgatud õpetaja käe all. Sellest õpetajast on teada ainult seda, et ta kohtles poissi karmilt, nimetatdes teda aeglaseks

¹ **Robert Hodshon Cay** (1758-1810) – Šoti kohtunik-admiral, kes tegeles kohtupudamisega laevastikus. Tema abikaasa oli Briti portreekunstnik Elizabeth Liddell.

ja üleannetuks. Õpetaja sai hundipassi 1841. a novembris ja pärast pikka arupidamist pandi poiss kooli prestiižsesse Edinburghi akadeemiasse. Sel ajal elas ta oma tädi Isabella juures ja tema maalimishuvi innustas vanem täditütar Jemima ².



Edinburghi akadeemia, kus Maxwell koolis käis.

Kuna esimene klass oli juba täis, siis pandi ta teise klassi, kus klassivennad olid aasta vanemad. Tema kombed ja Galloway aktsent tegid ta teiste silmis maakaks. Kui ta tuli kooli kodus valmistatud kingades ja kelti pikas särkis, sai ta kohe hüüdnimeks „dafty“, mis eesti keeles oleks „rumal“, „räpane“. Ta ei pannud seda pahaks ja tema eraklikkus lõppes alles siis, kui ta kohtas Lewis Campbelli ja Peter Guthrie Taiti, kaht sama vana poissi, kellest said hilisemas elus tähelepanuväärsed teadlased. Neist said eluaegsed sõbrad. Kuigi ta võitis esikoha kooli teises klassis piibli biograafia tundmises, jäi tema akadeemiline tegevus koolis tundmatuks. Kuni 13-aastasena võitis ta kooli matemaatika medali ja esikoha nii inglise keeles kui poeesias. Maxwelli huvid ulatsid kaugemale üle kooliprogrammide piire ja ta ei teinud välja eksamitulemustest. Ta kirjutas oma esimese teadusartikli 14 aastaselt. Selles kirjeldas ta mehaanilist vahendit katemaatiliste kõverate joonistamiseks, kasutades abiks nõõrijuppi, ja ellipsite, Cartesiuse ovaale ja sarnaste kõverate omadusi, kui kõverail oli enam kui kaks fookust. Tema töö „Ovaalsed kõverad“ esitas Edinburghi ülikooli loodusfilosoofia professor James Forbes, kuna Maxwelli peeti liiga nooreks, et seda tööd ise ette lugeda. Maxwelli töö polnud päris originaalne, sest René Descartes oli samuti selliste mitmefookuseliste ellpsite omadusi uurinud 17. sajandil, kuid Maxwell oli nende konstrueerimist lihtsustanud.

² Jemima Wedderburn Blackburn (1823-1909) – šoti akvarellist, kes on tuntud maaelu maali. Illustreeris ka raamatu „Birds from Nature“.

Edinburghi ülikool, 1847–1850



Vana kolledž, Edinburghi ülikool

Maxwell lahkus akadeemiast 1847. a 16-aastasena ja alustas õpinguid Edinburghi ülikoolis. Tal oli võimalus õppida Cambridges'is, kuid ta otsustas esimese poolaasta järel lõpetada ülikooli täieliku kursuse Edinburghis. Selle ülikooli õppejõudude hulgas oli kuulsaid nimesid, nagu näiteks Maxwelli esimese aasta tuutorite hulgas olid Sir William Hamilton (loogika ja metafüüsika), Philip Kelland (matemaatika), ja James Forbes (loodusfilosoofia).

Maxwelli arvates ei olnud õpingud rasked ja tal oli seega võimalik tegeleda oma huvidega vabal ajal ja eriti siis, kui ta oli tagasi Glenlairis. Seal eksperimenteeris ta isetehtud katseseadmetega keemias, ta uuris elektrit ning magnetismi. Kuid tema põhihuvi oli polariseeritud valguse uurimine. Ta valmistas mitmesuguse kujuga želatiiniblokke, allutas neid survele ja kahe William Nicoli käest saadud polariseeriva prismaga vaatles želatiini sisse tekkivaid värvilisi viirusid. Selle kaudu avastas ta fotoelastsuse, mis on vahendiks rõhujaotuse uurimisel füüsikaliste struktuuride sees³.

18-aastasena avaldas Maxwell kaks artiklit ajakirjas *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. Üks neist "Elastsete tahkiste tasakaalust", pani aluse tema tähtsale avastusele, mis oli ajutine kaksikmurdumine nihkepingetes olevates viskoossetes vedelikes. Tema teine artikkel oli

³ See on ekslik väide, sest Tallinnas sündinud Thomas Johann Seebeck avastas fotoelastsuse juba 1813. aastal.

„Veerevad kõverad“, ja täpselt nagu ovaalsete kõverate puhulgi, loeti teda ka siis liiga nooreks, et oma tööd ette kanda. Artikli luges ette tema tuutor Kelland.

Cambridge'i ülikool, 1850–1856



Noor Maxwell Trinity kolledžis, Cambridge. Ta hoiab käes üht oma värviratast.

1850. a oktoobris oli Maxwell juba väljakujunenud matemaatik. Ta lahkus Šotimaalt Cambridge'i Ülikooli. Ta kavatses astuda Peterhouse'i, kuid enne esimese semestri lõppu läks ta Trinity'sse, kus ta arvas kergemini saavat teaduskonna liikmeks. Trinity's valiti ta salajase intellektuaalse eliidi seltsi Cambridge'i Apostlid⁴ liikmeks.

Cambridge'is uuris Maxwell ristiusku üsna sügavalt. Kuid paljud tõendid näitavad, et tema piiblitundmine oli tähelepanuväärne, seega tema usk pühakirja ei toetunud teadmatusetele.

Kolmanda aasta suvel veetis Maxwell mõnda aega Suffolki reverend C.B. Tayloriga kodus, kes oli klassivenna C.W.H. Tayloriga onu. Selle pere jumalaarmastus avaldas Maxwellile sügavat muljet ja Cambridge'i tagasi pöördudes kirjutas ta neile hella kirja, milles analüüsis ka ennast ja arvas, et ta saab oma pahedest lahti ainult siis, kui pühendab ennast Jumalale.

⁴ Seltsis oli 12 liiget, sellest nimi. Hiljem sai selts kurikuulsaks, kuna sellest värvati Nõukogude Liidu luuresse nn Cambridge'i viisik.

Maxwell õppis 1851. a novembris William Hopkinsi käe all, keda kutsuti *senior wrangler'ite*⁵ tegijaks.

Maxwell lõpetas ülikooli 1854. a kraadiga matemaatikas. Ta sai lõppeksamil teise koha Edward Routh'i järel ja sai seega *teise wrangleri* tiitli. Hiljem kuulutati Maxwell temaga võrdseks veel raskemas katsumuses Smithi auhinna saamise eksamil. Otsekohe pärast oma kraadi saamist luges Maxwell Cambridge'i filosoofiaseltsis ette oma artikli „Pindade transformatsioonist painutamisel“. See on üks tema vähestest puhta matemaatika alastest töödest, mis näitab Maxwelli kasvavat matemaatiku staatust. Maxwell otsustas jääda pärast lõpetamist Trinity'sse ja taotles „fellowshipi“. See oli protsess, mis võis kesta paar aastat. Rõõmustades oma edu üle uuriva tudengina, oli ta vaba, kui välja arvata tuutoriks olemine ja eksamineerimisest osavõtmine, tegelema iseenda teaduslike huvidega.

Üks sellistest huvidest oli värvide loomus ja tajumine, millega ta oli hakanud tegelema juba Edinburghi ülikoolis Forbes'i üliõpilasena. Kasutades Forbesi leiutatud vurri, oli Maxwell võimeline näitama, et valge valgus on punase, roheline ja sinise valguse segu. Tema artikkel „Katsed värvidega“ pani aluse värvikombinatsioonide printsiipidele ja selle esitas Edinburghi Kuninglikus seltsis 1855. a märtsis Maxwell ise.

Maxwell sai Trinity teaduskonna liikmeks 10. oktoobril 1855, varem kui tavaliselt. Tal paluti ette valmistada loengud hüdrostaatika ning optika kohta ja valmistada ette ka eksamiküsimused. Järgmise aasta veebruaris soovis Forbes, et ta taotleks äsja vabanenud loodusfilosoofia kateedrit Aberdeenis, Marischali kolledžis. Maxwelli isa aitas tal selleks ette valmistada dokumente, kuid ta suri 2. aprillil Glenlairis, enne kui sai teada taotluse tulemuse. Maxwell võttis pakkumise vastu ja lahkus Cambridge'ist 1856. a novembris.

⁵ Tippüliõpilane matemaatikas Cambridge'i ülikoolis Inglismaal. Seda positsiooni peetakse suurimaks võimalikuks intellektuaalseks saavutuseks Inglismaal.

Marischali kolledž, 1856–1860



Maxwell tõestas, et Saturni rõngad koosnevad paljudest väikestest osakestest.

25-aastane Maxwell oli oma 15 aastat noorem kui kestahesteine professor Marischalis. Ta tegeles oma uute kohustustega osakonna juhina, planeerides õppekava ja valmistades ette loenguid. Ta pühendas loengute lugemisele 15 tundi nädalas, kaasa arvatud *pro bono* loeng kolledži kohalikele töötajatele. Ta elas Aberdeenis akadeemilise aasta kuus kuud ja suve veetis Glenlairis, mille ta oli isalt pärinud.



James ja Katherine Maxwell, 1869

Ta keskendus Saturni rõngaste loomuse probleemile, mille lahendust olid teadlased otsinud juba kakssada aastat. Polnud teada, kuidas need olid jäänud stabiilseteks ilma lagunemata ja Saturnile kukkumata. Probleem oli oluline ka sellepärast, et St Johni kolledž Cambridge'is oli valinud selle teema 1857. a Adamsi auhinna saamiseks. Maxwell pühendas probleemile kaks aastat ja tõestas, et tahke rõngas ei saa olla stabiilne ja vedelikust rõngas, alludes lainetusele, pudeneks tilkadeks. Kuna kumbagi juhtunud polnud, siis järeldas Maxwell, et rõngad peavad koosnema suurest hulgast

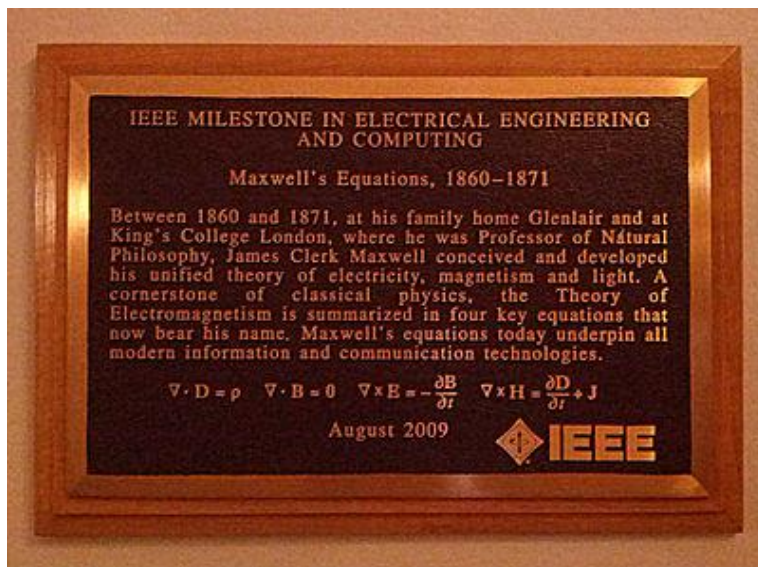
väikestest osakestest, mida ta nimetas „brick-bats“ ja mis iseseisvalt tiirlesid Saturni ümber. Maxwell sai 130-naelase Adamsi auhinna essee „Saturni rõngaste liikumise stabiilsusest“ eest ja ta oli ainus, kelle uurimus oli niikaugele jõudnud, et seda esitada sai.

Otsesed vaatlused Voyagerilt kinnitasid Maxwelli ennustuse õigsust ca 120 aastat hiljem.

1857. a Maxwell sõbrunes Reverend Daniel Dewar'iga, kes oli siis Marischali rektor. Tema kaudu tutvus Maxwell Dewar'i tütre Katherine Mary Dewar'iga. Nad kihlusid 1858. a veebruaris ja abiellusid Aberdeenis 2. juunil 1858.

Katherine oli temast seitse aastat vanem ja temast pole palju teada, kuigi ta abistas Maxwelli tema laboris ja tegeles viskoossuse katsetega.

1860. a Marischali kolledž ühines naabri King kolledžiga, ning moodustas Aberdeeni ülikooli. Kahele loodusfilosoofia professorile polnud enam kohta ja Maxwell, hoolimata tema teaduslikest saavutustest, sai koondamisteate.



Maxwelli võrrandite mälestusplaat King's kolledžis. Üks kolmest identsest IEEE Verstaposti plaadist. Teised kaks on Maxwelli sünnikohas Edinburghis ja perekonna kodus Glenlairs.

Ta ei saanud ka Forbes'ist mahajäänud kateedrit Edinburghis, sest see läks Tait'ile. Maxwell'ile anti siiski selle asemel loodusfilosoofia kateeder Londoni King kolledžis. Pärast paranemist peaaegu fataalsetest rōugetest läks Maxwell koos abikaasaga Londonisse 1860. aastal.

King kolledž, London, 1860–1865

Maxwell'i aeg King kolledžis oli vast kõige produktiivsem tema karjääris üldse. Ta sai Kuningliku seltsi Rumfordi medali 1860. a oma värvide kohta käiva töö eest ja ta valiti seltsi liikmeks 1861. Sel ajal näitas ta maailma esimest valguskindlat värvifotot, ta arendas edasi gaaside viskoossuse teooriat ja esitas füüsikaliste suuruste defineerimise süsteemi, mis praegu kannab dimensionaalanalüüsi nime. Maxwell kuulus sageli Kuningliku instituudi loenguid, kus ta regulaarselt kohtus Michael Faraday'ga.

Suhet nende kahe mehe vahel ei saanud pidada lähedaseks, sest Faraday oli Maxwellist 40 aastat vanem, kuid neil oli tugev respekt kummagi talendi suhtes.

See aeg on eriti märkimisväärne nende edusammude pärast, mida Maxwell tegi elektri ja magnetismi alal. Ta uuris mõlema välja omadusi oma kaheosalises artiklis „Füüsikalistest jõujoontest“, mis ilmus 1861. a. Selles esitas ta kontseptuaalse mudeli elektromagnetilisele induktsioonile, mis seisnes magnetilise voo väikestest pöörlevatest rakkudest. Kaks osa lisas ta hiljem ja avaldas samas artiklis 1862. a alguses. Esimeses lisas ta arutles elektrostaatika ja nihkevoolu olemuse üle. Teies lisas tegeles ta valguse polarisatsioonitasandi rotatsiooniga magnetväljas. Selle fenomeni oli avastanud Faraday ja see on tänapäeval tuntud Faraday efektina.

Hilisemad aastad, 1865–1879

1865. a Maxwell jättis töö Londoni King kolledžis, ja pöördus koos Katherine'iga Glenlairi. Oma töös „Regulaatoritest“ kirjeldab ta matemaatiliselt regulaatorite (protsesside juhtijate) käitumist.



Hauasammas Parton Kirkis (Galloway) James Clerk Maxwell'ile, tema vanematele ja abikaasale.

Eriti seadmeid, mis reguleerivad aurumasinate kiirust, niimoodi pannes teoreetilise aluse reguleerivale inseneriteadusele. Oma artiklis "On reciprocal figures, frames and diagrams of forces" (1870) arutab ta erinevate võrede jäikust. Arvata on, et selle probleemiga tegelemise kutsus esile 1847. a toimunud Dee silla kokkuvarisemine Chesteris. Selle oli projekteerinud veduri leiutaja George Stevensoni poeg Robert Stevenson, kuid polnud võtnud arvesse malmi haprust venitamisel ja painetel.

Ta kirjutab raamatu „Soojuse teooria“ (1871) ja traktaadi „Aine ja liikumine“ (1876). Maxwell oli esimene kasutama dimensionaalanalüüsi 1871. a.

1871. a pöördus ta tagasi Cambridge'i ja sai esimeseks Cavendishi professoriks füüsikas. Maxwell hakkas juhtima ka Cavendishi laborit. Üks Maxwelli viimaseid suuri teeneid teaduse ees oli Henry Cavendishi tööde trükiks ettevalmistamine koos omapoolsete rikkalike märkustega.

Maxwell suri Cambridge'is 5. novembril 1879 48-aastasena abdominaalse kasvaja tõttu. Tema ema oli surnud samas vanuses samasse haigusesse. Maxwell maeti Parton Kirki, Douglase lossi lähedal Galloways, sama koha lähedal, kus ta üles kasvas. Maxwelli kogutud teosed kahes köites andis

välja Cambridge University Press (1890).

Isiklik elu

Šoti luule suure austajana oli Maxwellil peas mitmed luuletused ja kirjutas neid ka ise. Parim neist on *Rigid Body Sings*, mis baseerub Robert Burns'i luuletusel "Comin' Through the Rye" mida ta tavatses laulda, ennast kitarril saates. See algab nii:

Gin a body meet a body
Flyin' through the air.
Gin a body hit a body,
Will it fly? And where?

Maxwelli sõber Lewis Campbell avaldas tema luuletuste kogumiku 1882. aastal.

Teadussaavutused

Elektromagnetism

Maxwell oli uurinud ja märkusi teinud elektri ja magnetismi kohta juba 1855. aastast alates, kui tema töö "Faraday jõujoontest" loeti ette Cambridge'i filosoofiaseltsis. Selles töös esitas ta Faraday töö lihtsustatud käsitluse ja ta taandas kogu teadmise elektri ja magnetismi kohta 20st diferentsiaalvõrrandist koosnevale süsteemile 20 otsitava funktsiooniga. See töö avaldati hiljem nime all „Füüsikalistest jõujoontest“ 1861. a märtsis.

1862. a paiku, kui ta pidas loenguid King kolledžis, leidis Maxwell, et elektromagnetilise välja levimiskiirus on ligikaudu võrdne valguse kiirusega. Selle kohta ütles Maxwell, et „vaevalt me saame vältida järeldust, et valgus koosneb elektri ja magnetismi nähtuste põhjuseks oleva keskkonna ristsuunalistest võnkumistest.“

Edasi näitas Maxwell, et need võrrandid ennustavad otsilleeruvate elektri- ja magnetväljade olemasolu ja et need väljad liiguvad läbi tühja ruumi kiirusega, mida saab ennustada lihtsate elektriliste katsetega. Kasutades tol

ajal teadaolevaid andmeid, sai Maxwell tulemuseks kiiruse 310,740,000 meetrit sekundis, mis tänapäeval annab suhteliseks veaks 3.65%! Oma 1864. a artiklis "Elektromagnetilise välja dünaamiline teooria", kirjutas Maxwell, "tulemuste kokkulangemine paistab näitavat, et valgus ja magnetism on sama substantsi väljendused ja et valgus on elektromagnetiline häiritus, mis liigub läbi välja vastavalt elektromagnetismi seadustele."

Tema kuulsad kakskümmend võrrandit publitseeriti algselt oma täielikus kujus Maxwelli õpikus „Traktaat elektri ja magnetismi kohta“ 1873. a. Maxwell kirjeldas elektromagnetismi kvaternioonide abil ja ta tegi elektromagnetilise potentsiaali oma teooria keskseks funktsiooniks. 1881. a asendas Oliver Heaviside⁶ elektromagnetilise potentsiaalivälja jõuväljaga ja lihtsustas Maxwelli teooriat nii, et alles jäi neli diferentsiaalvõrrandit, mis tänapäeval on tuntud kui Maxwelli seadused või Maxwelli võrrandid. Maxwelli avastatud kvantitatiivset sidet valguse ja elektromagnetismi vahel peetakse 19. sajandi matemaatilise füüsika üheks suurimaks saavutuseks.

Maxwell tõi sisse ka elektromagnetilise välja kontseptsiooni Faraday jõujoonte asemel. Sel ajal Maxwell uskus, et valguse levimine nõuab lainete jaoks keskkonda, mida nimetati „valgustkandvaks eetriks“. Ajapikku jõuti arusaamale, et seda keskkonda, mis paikneb kogu ruumis ja mida ükski mehaaniline vahend avastada ei suuda, polegi olemas, sest seda näitas Michelson–Morley eksperiment. See inspireeris Albert Einsteini formuleerima erirelatiivsusteooriat ja selle käigus Einstein loobus statsionaarsest „valgustkandva eetri“ mõistest.

Värvusnägemine

Isaac Newtoni ja Thomas Youngi järgides oli Maxwell eriti huvitatud värvusnägemisest. Ajavahemikul 1855-1872 avaldas Maxwell seeria

⁶ **Oliver Heaviside** (1850 – 1925) oli Inglise iseõppijast elektriinsener, matemaatik ja füüsik, kes kasutas kompleksarve elektrivälja kirjeldamiseks.

uurimustest, mis puudutasid värvide tajumist, värvipimedust ja värvuste teooriat ja ta sai Rumfordi medali töö „Värvusnägemise teoriast“ eest.



Esimene püsiv värvifoto, mida demonstreeris James Clerk Maxwell 1861. a loengus.

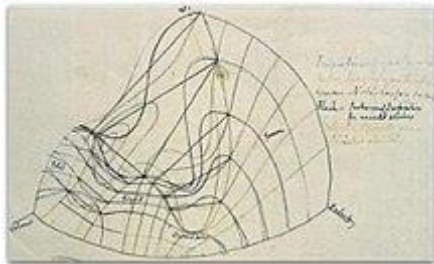
Isaac Newton oli näidanud prisma abil, et valge valgus, nagu Päikese oma, koosneb suurest hulgast monokromaatilistest komponentidest, mida saab kokku kombineerida valgeks valguseks. Newton näitas samuti et oranži värv saab kollase ja punase värvide segamisel ja see paistab täpselt samasugune kui oranž värv. Siit järgneb paradoks, mis ajas siis füüsikuid segadusse: kaks kompleksset valgust (mis koosnesid rohkem kui ühest monokromaatsesest valgusest) võivad välja näha samasugused, kuid olla füüsikaliselt erinevad. Thomas Young pani hiljem ette, et seda paradoksi saab seletada nii, et valgust tajutakse piiratud arvu kanalite kaudu silmades. Ta arvas, et neid kanaleid võiks olla kolm. See on tema trikromaatne värvusteooria. Maxwell kasutas värsket lineaarset algebrat Young'i teooria tõestamiseks. Mistahe monokromaatsesest valgusest, mis stimuleerib kolme retseptorit, peab saab stimuleerida kolme erineva Ta näitas, et just nii see on, leiutades vastavad katsed ja kolorimeetria.

Maxwell oli huvitatud oma värvustajumise teooria kasutamisest, nimelt värvusfotograafias. Kui mistahe kolm värvust võivad anda iga tajutava värvuse, siis värvifotot peaks saama teha kolme värvifiltri abil. Oma 1855. a töös pani Maxwell ette, et kui kolm must-valget fotot mingist stseenist on tehtud läbi punase, roheline ja sinise filtri ja nende kujutiste läbipaistvad

fotod projekteeritakse samale ekraanile kolme projektori abil, siis tulemusena peaks inimsilm nägema selle stseeni värvilist pilti.

Oma loengus värvide teooriast 1861. a Kuninglikus Instituudis näitas Maxwell maailma esimest värvifotot, mis oli tehtud kolme värvi analüüsi ja sünteesi abil.

Kineetiline teooria ja termodünaamika



Maxwell'i skits kolmedimensionaalsest termodünaamilisest pinnast, mis hiljem nimetati tema järgi (kiri Thomsonile, 8.07.1875).

Maxwell uuris ka gaaside kineetilist teooriat. Alguse sai see Daniel Bernoulli'lt, ja arendasid seda John Herapath, John James Waterston, James Joule, ja eriti Rudolf Clausius, sellisele tasemel, et selle üldine täpsus oli väljaspool kahtlust. Teooriat arendas tugevasti Maxwell, kes selles valdkonnas oli nii eksperimentaator kui ka matemaatik. 1859. ja 1866. a vahel arendas ta teooria gaasiosakeste kiiruste jaotuse kohta, mida hiljem üldistas Ludwig Boltzmann. Valem, mida nimetatakse Maxwell-Boltzmanni jaotuseks, annab kindla kiirusega liikuvate osakeste fraktsiooni mistahes antud temperatuuril.

Maxwell'i töö termodünaamika alal viis ta mõttelise eksperimendi avastamisele, kus termodünaamika teist seadust rikub imaginaarne olevus (Maxwelli demon), kes suudab sorteerida osakesi nende energia järgi.

1871. a pani ta kirja Maxwelli termodünaamilised seosed, mis on võrdsuse tingimused termodünaamilise potentsiaali teiste tuletiste järgi erinevatest termodünaamilistest muutujatest. 1874. a konstrueeris ta papist termodünaamilise visualisatsiooni faasiüleminekute uurimiseks (teljed olid

ruumala, entroopia ja energia), mis tugines Ameerika teadlase Josiah Willard Gibbs'i graafilistele töödele.

Juhtimisteooria

Maxwell avaldas artikli "Regulaatoritest" ajakirjas *Proceedings of the Royal Society*, vol. 16 (1867–1868). Seda artiklit käsitletakse kui tsentraalse juhtimisteooria sünni. Siinkohal on „regulaatorid“ ("governors") need seadmed, mida kasutati aurumasinais kolvi liikumise kiiruse reguleerimiseks.

Austamine



James Clerk Maxwelli monument Edinburgh'is, mille autor on Alexander Stoddart. Tellis Edinburghi Kuninglik selts, avati 2008. a.

Tema nime on austatud paljudel viisidel:

- maxwell (Mx), CGS ühik magnetlise voo mõõtmisel
- James Clerk Maxwell'i auhind plasma füüsikas ([Ameerika Füüsikaselts](#))
- IEEE Maxwell'i auhind
- Maxwell'i mäed, mäeahelik Veenusel
- Maxwell'i pilu Saturni rõngastes
- James Clerk Maxwell'i nimeline teleskoop, suurim submillimeetri piirkonnas vaatlev astronoomiline teleskoop diameetriga 15 m.

- James Clerk Maxwell'i hoone Edinburghi ülikoolis, kus on matemaatika, füüsika ja meteoroloogia koolid
- James Clerk Maxwell'i hoone Londoni King kolledži Waterloo kampsuses, füüsika kateeder, füüsikatudengite selts on Maxwelli nimega.
- James Clerk Maxwell'i teaduskeskus Edinburgh'i akadeemias
- Maxwell'i keskus Cambridge'i ülikoolis, mis on pühendatud akadeemia-tööstuse seostele Füüsikateadustes ja tehnoloogias.
- Monument Edinburgh'is George'i tänaval
- GPU tootja Nvidia nimetas oma GeForce 900 seeria Maxwelli järgi
- Kavandatav skulptuur Kaledoonia täht on James Clerk Maxwell'i austuseks
- ANSYS tarkvara elektromagnetiliseks analüüsiks sai nimeks Maxwell

Kasutatud kirjandus

1. https://en.wikipedia.org/wiki/James_Clerk_Maxwell

2. F. Seitz, *James Clerk Maxwell (1831-1879); Member APS 1875*. Proceedings of the American Philosophical Society, vol. 145, No 1, p. 1-44, 2001.

3. L. Campbell and W. Garnett, *The Life of James Clerk Maxwell*, MacMillan and Co., London, 1882.