

HENRY CAVENDISH

Tõnu Viik

Henry Cavendish (10.10.1731 – 24.02.1810) oli inglise loodusfilosoof ja tähtis eksperimentaalne ning teoreetiline keemik ja füüsik, kes kasutas väga palju matemaatikat loodusnähtuste seletamiseks. Cavendish on tuntud vesiniku avastajana, mida ta nimetas „põlevaks õhuks“. Ta kirjeldas selle tihedust ja tõestas, et selle põlemisel tekib vesi. Antoine-Laurent Lavoisier kordas tema eksperimenti ja andis elemendile nimeks *vee tekitaja - hydrogen*.

Cavendish oli väga kuulus oma ujeduse pärast. Praegu arvatakse, et ta põdes lapsepõlve autismi ja see võis olla seotud tema kasvatuses. Ometi oli Cavendish väljapaistev oma suure täpsusega kõikides uurimustes atmosfääri õhu koosseisu kohta, erinevate gaaside omaduste uurimises, vee sünteesis, elektrilise tõmbe ja tõukumise uurimustes, soojuse mehaanilise teooria loomises ning Maakera tiheduse (so ka massi) määramises. Tema katse Maakera tiheduse määramiseks kannab nüüd Cavendishi katse nime.

(Kuna Inglismaa ajaloo on väga mitmeid Cavendish'e, siis kasutame siinkohal täisnime Henry Cavendish asemel siiski ainult nime Henry)

Varane elu

Henry Cavendishi ema oli Lady Anne de Grey, 1. Kenti hertsogi Henry Grey neljas tütar ja tema isa 2. Devonshire'i hertsogi William Cavendishi kolmas poeg Lord Charles Cavendish. Perekonna ajalugu ulatub 800 aasta taha normannide aega ja see on tihedasti seotud Inglismaa paljude aristokraatlike perekondade ajalooaga.

Vanemad abiellusid 9. jaanuaril 1729 ja nende abieluleping sisaldab sätteid nii raha kui maavalduste kohta. Kui aristokraatide noorematele poegadele anti kulutusteks aastas 300 naela, siis pärast Williami äia surma ulatus tema varanduse intresside summa 12 000 naelani aastas, millest ta sai arvatavasti

kulutada 2000 naela. Et aru saada selle summa suurusest kasutame kuulsa inglise kirjaniku Samuel Johnsoni selgitust – tavainimene sai lahedasti ära elatud 50 naela eest aastas, džentelman kulutas 500 ja squire 1000 naela aastas.

Henry ema ei olnud tugeva tervisega ja abiellumisele järgnenud aastal oli ta haige. Ja järgmine talv oli Inglismaal väga külm, isegi külmem kui 1716. a, kui Thames külmus. Henry vanemad põgenesid külma eest Nice'i, kus Anne de Grey tervis natuke paranes ja ta sünnitas seal oma esimese lapse – Henry de Grey. Lapse ristimiseks tuli kutsuda Vadois' protestantide kogukonna preester, kuna ümbrus oli enamasti katoliiklik. Pere pöördus tagasi Inglismaale, kuid juba pooleteise aasta pärast olid nad taas Nice'is. Sealt läksid nad Hollandisse, kuulsa tervendaja Herman Boerhaave juurde, keda loeti tollal maailma parimaks arstiks. Kuid isegi tema ei osanud tuberkuloosi ravida. Tervis siiski paranes ja 24. juunil 1733. a sünnitas Anne de Grey teise poja, kuid juba 20. septembril 1733. a ema suri.

Nii jäi 29-aastane isa üles kasvatama kaht poega. Esialgse hariduse sai Henry koduõpetajatelt. Me teame, et ühele nende sugulasest koduõpetajale maksti 100 naela aastas. Edasi oli Henry isal valida avaliku ja erakooli vahel. Ja kuigi tol ajal aina rohkem aristokraate valis oma lapsele avaliku kooli, valis Henry isa nii talle kui Frederickile erakooli Hackney akadeemias. Tavaliselt saadeti lapsed Hackneysse 7-aastastena, kuid Henry oli kooli minnes juba 11-aastane. Kuid ta oli tublisti edasijõudnud ja ta oli õppinud matemaatikat, loodusteadusi, prantsuse ja ladina keeli.

Kaheksateistkümne aastasena, 24. novembril 1749 astus ta Cambridge'i ülikooli St Petersi kolledžisse, mis praegu on tuntud Peterhouse'i nime all. Kui Henry sinna õppima asus, siis olid selle ülikooli lõpetanud juba kakskümmend Cavendishi, kuid Henry oli esimene Cavendish Peterhouse'is. Kuigi Henry oli aristokraat, siiski oli tal kasulikum mitte maksta aristokraatidele kehtestatud kõrget õppemaksu ja nii registreerus ta Peterhouse'i kui *fellow commoner*. Neile kehtestatud reeglid olid kaunis lõdvad ja tudeng võis aega kulutada oma äranägemise järgi, näiteks ei pidanud ta

loengutel käima. Ja ega neid tudengeid polnud tol ajal kolledžis palju, arvatavasti 50 ümber.

Keegi neist peale Henry tuntuks ei saanud, kuid Trinity kolledžis õppis samal ajal Nevil Maskelyne, kellest sai James Bradley järel kuninglik astronoom ja kes tegi palju geograafilise pikkuse määramiseks merel John Harrisoni H4 kella abil ja kelle soovitusel asutati *The Nautical Almanac*.

Huvitaval kombel tuli tollal aristokraatide hulgast üsna vähe suurmehi – 18. sajandil oli 680st briti teadlasest vaid kolm tõeliselt suured – Robert Boyle, Edward Delaval ja Henry Cavendish.



H. Cavendish

Ainuke joonistus Henry Cavendish'ist (koos tema allkirjaga).

Joonistas William Alexander Kuningliku Seltsi klubis.

Kuna teaduskraadil polnud tollal mingit erilist tähtsust, siis enamasti lahkusid tudengid ilma kraadieksamit tegemata. Kolm aastat kestnud õpingute järel lahkus ka Henry 23. veebruaril 1751. Eksam, mille ta tegemata jättis, saavutas hiljem suure kuulsuse, see on kolmest osaeksamist koosnev

mathematical tripos. Kuid Henry puhul on andmeid, et ta ei soovinud minna päris rangele eksamile usuküsimuste tõttu, mis tollal olid kraadi saamiseks kohustuslikud.

Ka Henry vend Frederick õppis Hackney akadeemias ja siis ka Peterhouse'is, kus tal juhtus suur õnnetus – mingil põhjusel kukkus ta alla teise korruse aknast. Ta jäi küll ellu, kuid tema aju sai jäädavalt kahjustatud.

Kolledžis õppimise ajal saabus Londonisse Itaalia helilooja ja viiuldaja Felice Giardini, kes oma kümneaastase Inglismaal viibimise ajal kohandas Itaalia oopereid Kuninglikule teatrile Londonis ja hiljem komponeeris ta kontserte ja muid muusikalisi teoseid, olles ise väljapaistev viiuldaja. Kuna Henry oli saanud ema poolt kaasa muusikalisi mõjutusi, siis mitmed tema eluloo kirjutajad arvavad, et ta sai ka muusikalise hariduse. Igatahes oli tal Claphami majas klaver, mis pärast tema surma pandi oksjonile. Kui Giardini rajas muusikaakadeemia Londonisse, siis oli Henry üks paljudest selle liikmetest.

Cavendish'ide pere oli sügavalt pettunud, et Henry ei läinud avaliku karjääri teed, vaid valis teaduse. Võttes arvesse aga Henry isa eluteed, siis Charles ei saanud olla pettunud, sest ta ise viis oma poja Kuninglikku Seltsi, kui poiss oli alles väga noor.

Lord Charles Cavendish veetis oma elu esimese poole poliitikas ja siis aina rohkem teaduses, eriti Londoni Kuninglikus Seltsis. Ta oli edukas nii poliitikas kui pühendunud viigide parteisse kuuluja kui ka teaduses, kus uuris Leideni purgi mahtuvuse suurendamise võimalusi ja ta sai maksimummiinimumtermomeetri täiustajana Copley medali.

1758. a võttis ta poja Henry kaasa Kuningliku Seltsi koosolekutele ja samuti õhtusöögile Kuningliku Seltsi klubis. Esimesel mail 1760. a valiti Henry üksmeelselt Kuningliku Seltsi liikmeks, kuid klubi liikmeks saamiseks pidi ta kaks ja pool kuud ootama, enne kui koht vabanes. Pole teada, kui palju Henry imestas rohkearvuliste roogade üle või eriti rikkaliku joogisedeli üle, sest

pakuti õlut, portveini, klaretit, šampanjat, brändit, rummi ja teisi kangeid napse, nii et mehed olid üsnagi lõbusad, kui koju minema hakati.

Henry eluloo kirjutaja G. Wilson arvas, et Henry Cavendish oli huvitatud ainult loodusteadustest. Seda arvamust ei kinnita aga fakt, et samal aastal Henry valimisega Kuninglikku Seltsi, valiti ta ka Kunstide Seltsi, kus tema isa juba kaks aastat ees oli. Tema osalus Kunstide Seltsi töös võis olla passiivne, kuid ta oli Seltsi liikmeks 50 aastat.

Henry valiti ka Antikvaaride Seltsi 1773. a. Seltsi asutajaliikmed olid kohtunud tavaliselt kohvikus ning arutanud ajaloo ja genealoogia probleeme. Siiski ei pühendanud Henry selle seltsi tööle nii suurt tähelepanu kui tööle Kuninglikus Seltsis ja Briti Muuseumis.

Henry oli Kuningliku Seltsi koosolemistest järjekindel osavõtja. Ta ei osalenud üldsegi poliitikas, vaid järgis oma isa teaduses, nii oma uurimuste kui osavõtuga teaduslike organisatsioonide tööst. Ta oli aktiivne Londoni Kuningliku Seltsi nõukogus, kuhu ta valiti 1765. a.

Komiteed

Tema huvi ja ekspertiis teaduslike instrumentide kasutamises viis teda juhtima komiteed, mis tegeles Kuningliku Seltsi meteoroloogiliste riistade kontrolliga ja mis aitas hinnata Kuningliku Greenwichi observatooriumi instrumente. Kuid juba enne seda, 1764. aastast on teada, et ta tegi katseid oma laboratooriumis keemias ja soojuse levimises, eriti aga arseeni oksiidi ja eri- ning latentse soojusega. Henry kaasaegsed tunnustavad tema katsete ülimalt täpsust.

Teised komiteed, kus ta tegev oli, olid artiklite komitee, mis valis artikleid publitseerimiseks Seltsi ajakirjas *Philosophical Transactions*, ja Veenuse transiidi komitees (1769), mägede gravitatsioonilise külgetõmbe komitees (1774) ja teaduslike instruksioonide komitees Constantine Phipps'i ekspeditsioonile põhjapooluse ja loodeväila otsinguil (1773). 1773. a Henry valiti Briti Muuseumi usaldusisikuks (kus ta isa juba ees oli) ja sellele

ülesandele pühendas ta palju aega ja jõudu. Kohe pärast seda, kui asutati Suurbritannia Kuninglik Institutsioon, sai Henry selle juhatajaks ja ta oli väga aktiivne, eriti aga laboratooriumis, kus ta vaatles ja abistas Humphry Davy't keemiakatsetes.

Siinkohal on huvitav märkida, et tol ajal olid *Philosophical Transaction*'itesse saadetad artiklid tavaliselt kirja kujul Seltsi presidendile või siis sama teadusharu esindajale. See inimene luges siis Seltsi järjekordsel koosolekul kirja ette. Henry kirjad olid adresseeritud lihtsalt „Teile“. Imelik on, et Seltsi koosolekute protokollidest ei selgu, kes see „You“ oli ja Henry elulookirjutajad Jungnickel and McCormmach ainult oletavad, kes see võis olla.

Uuringud keemias

Henry esimesed katsed keemias olid seotud viinhappega, kuid õhu koosseisu uurimise eesmärgil. Tema esimene artikkel *Factitious Airs*, tegelikult kolmest omavahel seotud osast koosnev, põhiliselt vesiniku ja süsihappegaasi saamise ja omaduste uurimisele pühendatud artikkel loeti Kuninglikus Seltsis ette 29. mail 1766. aastal. Artikli neljas osa, mille ta jättis avaldamata, tegeles taimsetest ja loomsetest ainetest saadud süsihappegaasiga.

Kuigi teised, nagu Robert Boyle, olid saanud vesinikku varem, kuid nad polnud Henry kombel aru saanud selle elementsest olemusest. Lahustades aluseid happeis, sai ta „kinnist õhku“ (süsihappegaasi), mida ta kogus koos teiste gaasidega vee või elavhõbeda kohal allapoole suunatud avadega pudelitesse. Siis ta määras nende lahustuvust vees ja nende erikaalu ja märkis ära nende süttivuse. Henryle anti selle artikli eest Kuningliku Seltsi Copley medal. Henry arvatakse nn kaheksateistkümnenda ja üheksateistkümnenda sajandi *pneumaatiliste keemikute* hulka koos näiteks Joseph Priestley, Joseph Blacki ja Daniel Rutherfordiga. Henry leidis, et teatud eriline ja väga hästi põlev gaas, mida ta nimetas „põlevaks õhuks“, tekib teatud happe mõjul teatud metallidesse. See gaas oli tegelikult vesinik, mis sisaldus vees suhtes kaks ühele.

Selle artikli avaldamise ajal oli saksa alkeemiku Johann Joachim Becheri ja keemiku Georg Ernst Stahli flogistoni teooria levimas jõudsalt ka Inglismaal. Flogistoni peeti aineks, mis aine põlemisel lendus ja mida rohkem flogistoni aine sisaldas, seda paremini see põles. Kuid ettevaatlik Henry ei nimetanud oma katsetes vabanevat süsihappegaasi flogistoniks, vaid ta kirjutas, et flogiston tekitab süsihappegaasi.

Henry artikkel näitas veenvalt, et mingit ühest ainest koosnevat universaalset õhku ei ole olemas.

Gaaside keemia oli aina suureneva tähtsusega 18. sajandi teises pooles ja muutus eriti tähtsaks pärast prantsuse keemiku Antoine-Laurent Lavoisier' reformi keemias, mis on tuntud keemilise revolutsiooni nime all.

Umbes isa surma paiku hakkas Henry tegema tihedat koostööd briti arsti ja loodusteadlase Charles Bryan Blagdeniga (ta sai Kuningliku Seltsi Copley medali 1788. a ja ta lõi rüütliks 1792. a). See võimaldas Blagdenil siseneda Londoni teadusmaailma. Vastutasuks aitas Blagden hoida maailma Henryst eemal.

Henry ei avaldanud ühtki raamatut ja artikleid publitseeris ta vähe, kuid ta saavutas palju. Mitmed uurimisalad, nagu mehaanika, optika ja magnetism on laialdaselt esindatud tema käsikirjades, kuid väga harva tema avaldatud töödes.

1783. a avaldas Henry artikli eudiomeetria kohta (*eudiomeetria* on gaaside sobivus hingamiseks). Ta kirjeldas endaleiutatud eudiomeetrit, millega sai tolle aja kohta parimaid tulemusi, kasutades gaaside kaalumist, mis teistes kätes oli olnud väga ebatäpne meetod. Tema järgmine artikkel oli vee saamise kohta põleva õhu, so siis vesiniku põletamisel deflogistoniseeritud õhus (so hapnikus). See oli siis atmosfäärse õhu koostisosa.

Henry järeldas, et deflogistoniseeritud õhk oli deflogistoniseeritud vesi ja et vesinik oli kas puhas flogiston või deflogistoniseeritud vesi. Ta teatas oma leiust Joseph Priestleyle, kes oli inglise kirikumees ja teadlane, mitte hiljem

kui 1783. a märtsis, kuid ei avaldanud seda enne järgmist aastat. Tuntud šoti leiutaja James Watt avaldas oma artikli vee koostisest 1783. a, Henry aga oli teinud oma katsed varem ja oli teavitanud katse tulemustest ka John Priestley't, kuid avaldas tulemused Watt'ist hiljem. Tekkis terav vaidlus prioriteedi üle.

1785. a uuris Henry tavalise atmosfääri õhku, saades väga täpsed tulemused. Ta tegi katseid, kus vesinik ja tavaline õhk olid kombineeritud teatud suhtes ja siis süütas segu elektrisädemega. Ka kirjeldas ta katseid, kus ta suutis eemaldada nii hapniku kui lämmastiku atmosfääri õhust, kuni järele jäi vaid pisike mull reageerimata gaasi. Henry katsest selgus, et kui ta oli määranud flogistoniseeritud gaasi koguse (lämmastik) ja deflogistoniseeritud õhu (hapnik), siis järelejäänud gaas oli 1/120 algsest lämmastiku ruumalast. Hoolikate mõõtmiste tulemusena tegi Henry kindlaks, et tavaline õhk koosneb ühest osast deflogistoniseeritud õhust (hapnik), mis on segatud nelja osa flogistoniseeritud õhuga (lämmastik).

1890-ndatel (siis umbes 100 aastat hiljem) said kaks Briti füüsikut, William Ramsay ja Lord Rayleigh, aru, et nende värskelt avastatud inertne gaas argoon, oligi Henry probleemne jääk ja Henry polnud mingit viga teinud. Ta oli teinud rangeid kvantitatiivseid eksperimente, kasutades standardiseeritud instrumente ja meetodeid. Neid katseid korrati mitmel korral, keskmistati ja identifitseeriti tulemused ja ning tehti kindlaks vigade allikad. Henry kasutas meistermehe John Harrisoni kaalusid, mis olid esimesed täppiskaalud 18. sajandil ja sama täpsed kui Lavoisier'1 (mille suhteline täpsus oli hinnatud 1/400 000le). Henry töötas koos oma instrumentide valmistajatega, üldiselt pigem parandades olemasolevaid instrumente kui leiutades täiesti uusi.

Nagu eespool märgitud, kasutas Henry vana, keemias kasutatavat flogistoni teooria keelt. 1787. a temast sai üks esimestest inimestest väljaspool Prantsusmaad, kes hakkas kasutama uut Lavoisier' antiflogistonlikku teooriat, kuigi ta jäi skeptiliseks selle uue teooria nomenklatuuri koha pealt. Ta esitas vastuväited ka Lavoisier' identifitseerimisele soojuse materiaalse või elementse aluse kohta. Newtoni mehhanismi raames töötades oli Henry

tegelenuid soojuste loomuse probleemiga 1760-ndatel, seletades soojust kui aine liikumise nähtust.

1783. a avaldas ta artikli temperatuuri kohta, mille juures elavhõbe külmub ja selles artiklis kasutas ta „latentse soojuste“ ideed, kuigi ta ei kasutanud seda terminit, sest uskus, et see toob endaga kaasa soojuste materiaalse teooria tunnustamise. Ta tegi oma vastuväited avalikuks oma 1784. a artiklis õhu kohta. Ta jätkas soojuste üldise teooria arendamist ja see käsikiri on veenvalt dateeritud hiliste 1780-ndatega. Tema teooria oli kohe matemaatiline ja mehaaniline: see sisaldas endas soojuste jäävuse printsiipi (hiljem sai see tuntuks energia jäävuse printsiibi all) ja see sisaldas isegi mõistet (kuigi mitte avatult) soojuste mehaanilist ekvivalenti.

Paljude teiste meteoroloogiliste riistade valmistajate hulgas oli ka Henry, kes soovis omandada väga head tuule kiiruse mõõturit. Nii ta laskiski ehitada horisontaalse tuuleveski, mille pöörete arvu järgi sai määrata tuule kiirust (tollal ja ka veel palju hiljemgi räägiti tuule tugevusest).

Järgmisena huvitus ta termomeetrist. Tollal oli termomeetrite valmistajaid üsna mitmeid, nagu Bird, Ramsden, Nairne ja George Adams, kuid nende näidud vee keemistemperatuuril erinesid paari-kolme kraadi võrra. See Henryt ei rahuldanud ja ta alustas pikka katseseeriat termomeetrite võrdlemiseks, rõhutades asjaolu, et termomeeter peab olema täielikult keeva vee auru sees, et saada korrektset tulemust vee keemispunkti kohta.

Henry tegi katseid kompassiga, püüdes kindlaks teha, kui palju kompassinõela kõrvalekaldumist põhjustavad lähedalasuvad raudesemed. Henry mõõtis ka Maa magnetvälja vertikaalkomponenti, kuigi ta seda nii ei nimetanud.

Pärast Henry surma korraldatud oksjonil oli müügil 150 Henry laboratooriumi instrumenti koos pudelite, retortide ja kaartidega.

Elektri uuringud

Henry uuringud elektri ja keemia alal, nagu ka soojuse alal, algasid nende Londoni maja laboratooriumis siis, kui ta elas koos isaga. Lord Charles Cavendish suri 1783. a, jättes peaaegu kogu oma kinnisvara Henryle. On mõnevõrra kummaline, et Henry on teadusloos saanud ainult eksperimentaatori sildi. Tegelikult oli ta väga tugev ka matemaatikas, milles tal on suur hulk artikleid, tõi küll, ta ei avaldanud neist ühtegi. Näiteks oli ta täiesti tuttav Newtoni *fluxionide* teoriaga ja kasutas seda matemaatilise füüsika võrrandite lahendamiseks.

Nagu Henry soojuse teooria, nii oli ka tema elektri teooria matemaatiline ja baseerus katsetele. 1771. a avaldas ta paisuval elektrivedelikul baseeruva teooria varajase versiooni. Siinkohal on huvitav märkida, et elektriteooria pinnalt ilmneb Henry kaudne seos Eestiga. Nimelt saksa päritolu vene teadlane Franz Ulrich Theodor Aepinus, kes oma elu viimased neli aastat elas Tartus ja on siia ka maetud, jõudis koos Henryga elektriteooria osas samadele tulemustele, Aepinus isegi 10 aastat varem kui Henry. Nende kahe mehe teooria lõpetas elektrist kui kahest vedelikust rääkimise. Aepinuse kohta võib öelda seda, et temalt pärineb seisukoht kahe samanimeliselt laetud kehade tõukumise kohta, mille võttis omaks ka Henry.

Henry kirjutas artikleid elektri kohta Kuningliku Seltsi jaoks, kuid kuna ta neid enamasti ei avaldanud, siis osa tema elektrilastest artiklitest ei olnud teada. Nad said teatavaks alles siis, kui James Clerk Maxwell need kokku kogus ja avaldas 1879. a, so siis sajand hiljem. Aga selleks ajaks olid teised teadlased juba samu tulemusi saanud ja sellega oma nimed ajalukku kirjutanud.

Vastavalt 1911. a *Encyclopædia Britannica* väljaandele on Henry avastuste hulgas elektrilise potentsiaali mõiste (mida ta nimetas "elektrifitseerimise astmeks"), varajane mahtuvuse ühik (ühetollise diameetriga sfääri oma), tasapinnalise plaadi mahtuvus, materjali dielektrilise konstandi mõiste, seos elektrilise potentsiaali ja voolu vahel (1781), mis tänapäeval kannab Ohmi

seaduse nime, voolu jagunemise seadus paralleelses vooluringis (tänapäeval loetakse seda Charles Wheatstone'i avastuseks), ja elektrijõu vähenemine pöördvõrdeliselt kauguse ruuduga (mida praegu nimetatakse Coulomb'i seaduseks).

1776. a avaldas Henry artikli, kus näidati, et elektrikalade ehk nagu tollal nimetati „torpeedode“ poolt antav šokk on põhjustatud elektrist.

Maa tihedus

Oma isa surma järel ostis Henry ühe maja Londonis ja veel teise maja Clapham Commonis, mis siis asus Londoni lõunaosas. Londoni majas oli suures osas ta raamatukogu ja enamuse oma instrumentidest hoidis ta Clapham Commonis, kus ta tegi ka enamuse oma katsetest. Kõige kuulsam neist eksperimentidest, mille tulemused avaldati 1798. a, on Maa tiheduse määramine ehk nn Cavendishi eksperiment. Selle katse, mis tegelikult koosnes seitsmeteistkümnest eri eksperimentidest, tegemise ajal oli Henry juba 67-aastane.

Instrument, mida Henry kasutas maailma kaalumiseks (nii nimetasid Henry ja Michell oma ettevõtmist) oli torsioonkaalu modifikatsioon, mille valmistas inglise geoloog John Michell, kes kahjuks enne eksperimenti suri. Kaal saadeti kohale kastides, ja Henry viis katse läbi aastatel 1797-1798 ning avaldas tulemused. Eksperimentaalne instrument koosnes torsioonkaalust kahe 2 tollise diameetriga ja 1.61 naelase seatinast keraga, mis olid riputatud torsioonkaalu kangile ja kahest palju suuremast paigalolevast seatinast kerast (350 naela). Henry kavatses mõõta gravitatsioonilist tõmmet kahe kera vahel. Ta märkas, et Michelli aparaat on tundlik temperatuuri ja õhuliikumise suhtes, seega modifitseeris ta kaalu sellega, et paigutas kaalu eraldi ruumi ja juhtis kaalu väljastpoolt ning registreeris näitused kahe teleskoobi abil.

Kasutades seda kaalu, Henry rehkendas külgetõmbe kerade vahel torsioonkaalu võnkeperioodi kaudu ja siis kasutas ta seda tulemust Maa tiheduse määramiseks. Henry leidis, et Maa keskmine tihedus on 5.48 korda

suurem kui veel. John Henry Poynting pani hiljem tähele, et Henry andmed oleks pidanud andma tulemuseks 5.448, ja tõepoolest see on keskmine neist 29st määramisest, mis Henry oli oma artiklisse lisanud. Mis on aga erakordne Henry mõõtmistes, on see, et ta kõrvaldas iga võimaliku veallika ja teguri, mis oleks häirinud eksperimenti, ning saavutatud täpsus hämmastavalt väikese külgetõmbe mõõtmisel, mis oli ainult 1/50 000 000 seatinakerade massist. Henry tulemus külgetõmbejõu kohta on vaid 1% erinev tänapäevasest väärtusest.

Henry töö aitas teistel leida täpsed väärtused gravitatsioonikonstandile ja Maa massile. Tema tulemuste baasil saab leida G väärtuse $6.754 \times 10^{-11} \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$, mis on väga lähedal tänapäevasele väärtusele $6.67428 \times 10^{-11} \text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$.

Raamatutes kirjeldatakse sageli Henry tööd kui gravitatsioonikonstandi G või Maa massi mõõtmist. Kuna need on seotud Maa tihedusega lihtsate algebraliste teisenduste abil, siis pole kumbki väide vale, kuid nad ei anna edasi Henry täpset sõnavalikut. Sellel veale on tähelepanu juhtinud paljud autorid. Henry eesmärk oli ikkagi mõõta Maa tihedust.

Esimest korda nimetati seda konstanti gravitatsioonikonstandiks 1873. a, peaaegu 100 aastat pärast Cavendishi eksperimenti, kuid see konstant oli kasutusel juba Newtoni aegadest.

Henry oli tegev ka Maskelyne'i eksperimendis Schehallieni mäe massi mõõtmisel Šotimaal. Tema pakkus välja meetodi, planeeris katse, kontrollis väliinstrumentide ettevalmistust ja mõõtmistulemusi ning osales tulemuste analüüsis, lahkumata seejuures oma kodunt Londonis.

Viimased aastad

Henry maja, Clapham Common, oli tuntud ka kui Claphami seksti maja, kus käisid koos anglikaani kiriku reformijad ehk evangelistid. Nende eesmärgiks oli taastada anglikaani kiriku endine hiilgus ja kaotada korrupsioon parlamendis, barbaarsus kriminaalõiguses, duellide pidamine, kukevõitlus ja kõige tähtsamana - orjus. Evangelistide põhiline kõnemees ja eestvõitleja

orjuse kaotamise küsimustes oli William Wilberforce, kes suri kolm päeva pärast teadet, et orjuse kaotamise seadus võetakse parlamendis vastu (vahemärkusena olgu öeldud, et Williami kolmas poeg Samuel Wilberforce sai Oxfordi piiskopina kuulsaks 1860. a vaidluses Thomas Henry Huxleyga darvinismi küsimustes). Evangelistid töid Inglismaale ka Kesk-Aafrikast lapsi, et neist kasvatada tsiviliseeritud inglased, kuid enamus neist lastest surid neile harjumatu kliima tõttu.

Oma elu lõpu poole tundis Henry suurt huvi astronoomia vastu. Kuigi ta ei teinud regulaarseid vaatlusi, laenas Kuninglik Selts talle kolm teleskoopi, mis olid tehtud Constantine Huygensi (kuulsa Christiaani venna) poolt. Tollased teleskoobid olid aberratsioonide vähendamiseks enamasti ilma toruta, nn aeriaalsed. Henry ülesanne oli uurida võimalusi selliste teleskoopide stabiilsemaks muutmist, sest nende objektiiv oli paigutatud küllalt kaugele okulaarist. Henry teleskoobi puhul oli see kaugus 123 jalga, seega Henry paigutas objektiivi laeva masti otsa, kus ta aga oli tuulte meelevaldas. Mast olevat jäänud veel kauaks Henry krundile seisma.

Kui praktiline astronoomia jäi Henry tegevustest välja, siis teoreetilisega tegeles ta üsna palju, eriti komeetide orbiitide rehkendamisega.

1803. a valiti ta Prantsuse Instituudi välisliikmeks.

Henry suri 1810. a ühe rikkaima mehe na Suurbritannias ja ta maeti oma paljude esivanemate kõrvale kirikusse, mis nüüd kannab nime Derby katedraal. Tänav, millel ta Derbys elas, on nimetatud tema järgi. Väljapaistva panuse eest reaalteaduste arengusse on Kuu Maa poole suunatud külje edelaosas asuv kraater nimetatud Cavendishi järgi ja ümber Päikese tiirleb asteroid Cavendish (12727).

William Cavendish, Devonshire' 7. hertsog, kes oli Cambridge'i ülikooli kantsler aastatel 1861-1891, annetas Cambridge'i ülikoolile Henry Cavendishile kuulunud füüsika laboratooriumi. Cavendishi tööde imetleja James Clerk Maxwell tegi ettepaneku nimetada see Cavendishi

laboratooriumiks. Maxwell valiti ka Cambridge'i ülikooli esimeseks Cavendishi eksperimentaalfüüsika professoriks.

Isiksus ja pärand

Henry päris tohutu varanduse, mis olid nii suur, et Jean Baptiste Biot nimetas teda „kõige rikkamaks tarkade hulgas ja kõige targemaks rikaste hulgas“. Oma surma ajal olevat ta olnud Inglise panga kõige suurem hoiustaja ja tema varad ulatusid 1.15 miljoni naelani.

Henry oli uje mees, kes tundis ennast seltskonnas ebamugavalt. Ta suutis rääkida vaid ühe inimesega korraga, ja see inimene pidi olema talle tuntud ja meessoost, naisi ta vältis nii palju kui vähegi võimalik. Henry vestles vähe, kandis alati vanamoelist ülikonda, ja teadaolevalt ei loonud kellegagi sügavamat sidet väljaspool perekonda. Ta suhtles oma majapidajannaga kirja teel. On teada, et ta laskis oma majja tagumisse ossa ehitada väljapääsu, et vältida majapidajannat ja saada võimalus ootamatute külaliste puhul põgeneda. Tänapäeval arvavad mõned, et Henryl oli Aspergeri sündroom, kuigi tõenäolisemalt oli tal ainult antropofobia.

Tema ainuke suhtlemisviis oli Kuningliku Seltsi klubi kaudu, mille liikmed sõid lõunat enne iganädalasi koosolekuid. Henry puudus neilt üritustelt harva. Siiski tema ujedus pani neid, kes tahtsid kuulda Henry arvamust, raskesse olukord. Tuli rääkida oma probleemist Henryle mitte otsa vaadates, ja ainult sel juhul, kui märkused olid asjakohased, võis kuulda pominal antud heakskiitvat häälitsust. Kuid kaugelt sagedamini kuulsid nad pahast piuksatust ja järgnevalt nägid nad vaid põgeneva Henry selga.

Samal ajal teatakse rääkida, et kui Henry oli kogunud endale suure raamatukogu, siis see polnud sugugi korrastatud. Siis soovitasid tuttavad Henryle üht meest, kes teeks selle töö ära ja sel ajal elaks samas majas, kus raamatukogu oli. Henry oli sellega nõus. Mingi aja pärast oli raamatukogu korrastatud ja mees lahkus. Kunagi hiljem kuulis Henry sellest mehest räägitavat Kuningliku Seltsi klubis. Henry oli tundnud huvi, kuidas selle

mehe käsi käib. Talle vastati, et halvasti, sest ta on väga vaena ja terviski pole enam korras. Ja lisati, et nad lootsid, et Henry seda meest aitab. „Kuidas mina oleksin seda teha saanud,“ oli Henry küsinud. „No näiteks te oleksite võinud talle igal aastal mingi summa raha anda,“ vastati. „Ah nii,“ vastas Henry, „mis te arvate, kas ühekordselt 10 000 naela oleks paras raha?“ küsis Henry. „Kaugelt rohkem, kui paras,“ vastati talle. Ja Henry kirjutas kõhklemata välja 10 000 naelase tšeki mehe nimele.

Teisest analoogilisest juhtumist on rääkinud Lord Burlington, kes kuulis sellest oma vanaemalt. Henry oli läinud kirikusse lapse ristimisele ja tollal oli komme anda lapsehoidjale väike rahaline kingitus. Henry oli pistnud käe taskusse ja andnud talle pihutäie ginisid ilma neid lugemata.

Kuid on olemas ka vastupidine näide, kui Henry ostis 15 aakrit maad Claphamist kellegi Baldwin käest, kuid ostetud maatükkide vahele jäi kitsas pooleaakrine Baldwinile kuuluv siil. Kui Henry tahtis selle ka ära osta, siis Baldwin nõudis selle eest 60 naela, kuid Henry nõustus maksma vaid 40. Pärast kaht aastat ja hiiglapikka kirjavahetust asi lõpuks lahenes Henry kasuks. Henry elulookirjutajad väidavad, et sel korral oli siiski tegu Baldwin kahtlusega Henry aususes. Ja see põhjustaski Henry jäiga positsiooni läbirääkimistel.

Võib vist päris kindlasti öelda, et Henry ei vihanud naisi, vaid ta oli ebatavaliselt tagasihoidlik ja oli vähemalt üks naine, endine Claphami elanik Ms Geer, kes suhtus temasse väga soojalt, sest Henry oli kord päästnud ta tigateda lehma käest.

Siinkohal tuleb rääkida ka Devonshire' 5. hertsogi abikaasast Lady Georgina Spencerist, kes vestles sageli Henryga teadusest, ka ainult kahekesi olles.

Henry usulisi vaateid käsitleti oma ajas ekstsentrilistena. Teda peeti agnostikuks. Üks tema elulookirjutajaist, George Wilson, kommenteeris, et mis puutub Henry usklikkusse, siis seda polnud olemas. Ja samal ajal käis tema majas Clapham Commonis koos evangelistide sekt!

Siinkohal on juba vihjatud, et Henry ei olnud läbinisti kuiv teadusemees. Neid vihjeid võimendab näiteks see, et ta nautis peene mööbli kogumist, mille näiteks võiks olla tema kümme inkrusteeritud rohepuust (*Chloroxylon swietenia*) tooli koos nendega sobiva sohvaga (*cabriole legged*).

Kokkuvõtteks

Henry Cavendish oli väljapaistev teadlane, kelle eksperimendid olid erakordselt täpsed. Tema uurimistulemuste hulgas rõhutame eriti õhu koostise leidmist, vesiniku avastamist, erinevate gaaside omaduste kindlakstegemist, vee sünteesi, elektrilise tõmbe- ja tõukumisjõu seadust, soojuste mehaanilist teooriat ja Maa tiheduse (ja massi) määramist. Tal on veel mitmeid väljapaistvaid tulemusi, kuid kahjuks ta ei publitseerinud neist paljusid, mistõttu kannavad need tulemused hilisemate avastajate nimesid.

Kasutatud kirjandus

1. G. Wilson, *The Life of the Honourable Henry Cavendish, including abstracts of his more important scientific papers, and a critical inquiry into the claims of all alleged discoveries of the composition of water*. London: printed for the Cavendish society, 1851.
2. Chr. Jungnickel and R. McCormmach, *Cavendish: The Experimental Life*, revised 2nd edition, Edition Open Access, 2016.
3. https://en.wikipedia.org/wiki/Henry_Cavendish
4. I. Falconer, *Henry Cavendish: the man and the measurement*, Measurement Science and Technology, 10, 470-477, 1999.