

## ALEXIS-CLAUDE CLAIRAUT



*Alexis-Claude Clairaut (1713 – 1765)*

Alexis-Claude Clairaut (edaspidi Clairaut) sündis 7. mail 1713. a Pariisis matemaatikaõpetaja perekonnas. Clairaut' isa oli endale nime teinud, sest ta oli saanud Berliini akadeemia kirjavahetaja liikmeks. Clairaut' ema Catherine Petit oli hoolimata oma nimest sünnitanud ligi 20 last, kellest küll vähesed ellu jäid. Ellujäänuist said Clairaut ja ta vend korraliku hariduse kodus ja nad näitasid end varaküpsetena. Kahjuks neist noorim – Clairaut' vend - suri kuuteistkümne aastasena.

Clairaut oli matemaatikas nii andekas, et ta oma elulookirjutajate arvates õppis ta tähti tundma ja lugema Eukleidese *Elementidest*. Üheksa-aastasena pani isa teda lugema Nicolas Guisnée raamatut *Algebra rakendamise geomeetrias*. Guisnée oli matemaatikat õppinud Pierre Varignoni juures ja ta ise õpetas matemaatikat paljudele tähtsatele inimestele, nagu Pierre-Rémond de Montmort'ile, René-Antoine Ferchault de Réaumur'ile ja Pierre Louis Moreau de Maupertuis'le.

Guisnée sai matemaatikat õpetada ainult sellepärast, et teda rahastas de Montmort, sest de Montforti isa oli surnud ja pärandanud pojale suure varanduse, millest de Montmort annetas heategevuseks väga suure osa, kui ta oli saanud Notre Dame de Paris kanoonikuks.

Kui Clairaut oli kümne aastane, siis uuris ta L'Hôpital'i postuumselt ilmunud töid *Kooniliste lõigete analüütiline käsitus* ja *Lõpmata väikeste suuruste analüüs*. Viimane töö baseerus Johann Bernoulli loengutel.

Kaheteistkümnenda aastana kandis ta teaduste akadeemias ette töö *Uute kõverjoonte neli probleemi*, mis hiljem avaldati Berliini akadeemia toimetistes *Miscellanea Berolinensia*.

Clairaut oli 13, kui ta koos Jean Paul de Gua de Malves'iga <sup>1</sup> (14), Jean Paul Grandjean de Fouchy <sup>2</sup>(19), Charles Marie le Condamine <sup>3</sup> (25), Jean-Antoine Nollet <sup>4</sup> (26) koos veel mõningate noormeestega asutasid Kunstide Ühingu (Société des Arts). Kuigi see tegutses vaid mõned aastad, oli see ometi mõningaseks vundamendiks tulevasele teaduste akadeemiale.

Umbes sellel ajal alustas Clairaut väga kurviliste kõverate uurimist. Teadustöö nende kohta valmis tal 1729. a ja avaldati 1731. a. Selle töö alusel valiti ta akadeemiasse, kuid kuningas Louis XV kinnitas valimistulemuse alles kahe aasta pärast, kui Clairaut oli saanud 18.

Clairaut hakkas tundma suurt huvi geodeesia vastu, sest Cassini oli just siis mõõtnud meridiaani mööda ühe kraadi pikkuse ja selle alusel järeldanud, et Maakera on vastupidiselt Newtoni teooriale poolustelt välja venitatud. Maupertuis ei uskunud seda tulemust – hiljem selguski, et Cassini mõõtmistulemus oli ekslik - ja Clairaut liitus Newtoni tulemust õigeks pidavate noorte rühmaga. Ta sai Maupertuis heaks sõbraks ja veetis palju aega markii du Châtelet <sup>5</sup> ja Voltaire'iga.

1734. a veetsid Maupertuis ja Clairaut mõned kuud Baseli Johann Bernoulli juures ja järgmisel aastal pöördusid tagasi Prantsusmaale, kus jäid mõneks ajaks elama Mont Valérieni Pariisi lähedal. See oli rahulik ja vaikne koht, kus sõbrad said kontsentreeruda oma uurimistööle.

20. aprillil 1736 alustas Clairaut koos kolleegidega teekonda Lapimaale, et osa võtta meridiaanimõõtmisest Maupertuis ekspeditsiooni koosseisus. Stardipaigaks oli määratud Dunkerque. Reis Rootsimaale poole sai alata 2. mail

---

<sup>1</sup> Jean Paul de Gua de Malves (1713-1785) oli Prantsuse matemaatik, kes oma 1740. a töös suutis leida algebralise kõvera puutuja, asümptoodi ja teised singulaarsed punktid ilma diferentsiaalarvutusega.

<sup>2</sup> Jean Paul Grandjean de Fouchy (1707-1788) oli Prantsuse astronoom.

<sup>3</sup> Charles Marie de La Condamine (1701-1774) oli Prantsuse maadeavastaja, geograaf ja matemaatik. Ta veetis kümme aastat ekspeditsioonil L.-Ameerikas, mõõtes meridiaanikraadi pikkust ja koostades esimese Amazonase piirkonna kaardi. Töi Euroopasse malaariaravimina hiniini.

<sup>4</sup> Jean-Antoine Nollet (1700-1770) oli prantsuse vaimulik ja füüsik, kes tegi mitmeid katseid elektriga ja avastas osmoosi.

<sup>5</sup> Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil, markiis du Châtelet (1706-1749), laiemalt tuntud kui Émilie du Châtelet oli prantsuse loodusfilosoof, matemaatik ja füüsik. Oma sõbra Voltaire'i õhutusel tõlkis Châtelet ladina keelest prantsuse keelde 1687. aastal ilmunud Isaac Newtoni peateose "Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica".

laeval Le Prudent (Mõistlik) ja kuna meri oli kaunis rahutu, siis jäid peaaegu kõik merehaigeks. See mõjus nii, et mitmed ekspeditsiooniliikmed lahkusid Helsingöris laevalt ja jätkasid teekonda maismaal.

21. mail jõudis laev Stockholmi reidile. Pärast kohtumist Prantsuse saadiku krahv Charles Louis de Biaudos de Castejaga ja Rootsi kuninga Fredrikuga jätkasid Maupertuis, Clairaut ja Celsius 4. juunil tõllas Uppsala poole teed. Kahe päeva pärast järgnesid neile Camus <sup>6</sup>, Le Monnier <sup>7</sup>, Herbelot <sup>8</sup> ja Outhier <sup>9</sup> teise tõllaga. Uppsalas imestati turbamätastega kaetud majade katuste üle ja kohtuti maahärra Johan Brauneri ja peapiiskop Johannes Steuchiusega. Küllastati ülikooli ja 1702. a tulekahju ohvriks langenud katedraali varemeid. Ja alles 21. juunil jõuti Torniosse. Kohe alustati rekognostseeringuga – uuriti Botnia lahe randa ning rannaäärseid saari Tornio ja Brahestadi vahel. Tehti kindlaks, et ei rand ega saared ei kõlba triangulatsiooniks - saared ja rand olid madalad ning oleks pidanud ehitama väga kõrgeid signaale. Maupertuis võttis vastu Tornio koolmeistri Johannes Wegeliuse ettepaneku, kes ütles, et Tornio jõgi voolab peaaegu täpselt põhjast lõunasse ning jõeorgu ja seda ümbritsevaid vaarasid (künkaid) saaks edukalt kasutada triangulatsiooniks. 6. juulil alustati reisi mööda jõge ülesvoolu.

Tegelikult ei jäänud see reis kaugeltki vaid rekognostseeringuks, vaid kuu ajaga leiti 11 vajalikku punkti triangulatsiooniks.

Algas ränk mõõtmistöö, mis kestis kuni ekspeditsiooni Pariisi jõudmiseni 20. augustil 1737. aastal. Tulemuste ettekandmiseks määras akadeemia 13. novembri samal aastal. Maupertuis mõõtmistest oli selgunud, et Maa on poolustelt lapik, just täpselt nii nagu Newton oli oma gravitatsiooniteooria abil leidnud. Pärast Maupertuis ettekannet akadeemias kirjutas Voltaire, et Maupertuis lõi lapikuks mitte üksnes Maa, vaid ka mõlemad Cassinid, kes olid Descartes'i keeriste teooria kohaselt olnud seisukohal, et Maa on poolustelt välja venitatud.

Clairaut oli jõudnud Pariisi 20. augustil 1737. Edaspidi hakkas tema huvi kalduma taevamehaanika suunas ja ta avaldas mitu tööd akadeemia toimetistes. Samal ajal juhendas ta markiis du Chatelet'd tema õpingutes ning Newtoni Principia tõlkimises.

Jean Itard arvab, et Clairaut osa selle raamatu valmimises oli isegi suurem kui ainult tõlkimine, sest Clairaut pani sellesse teosesse ka omaenda töid, näiteks valguse refraktsiooni puudutavaid, aga samuti ka olulise osa oma tööst *Théorie de la figure de la terre*.

Clairaut panus teadusesse on suur, eriti kui vaadata tema publikatsioone.

Kõige olulisem neist ongi vast *Théorie de la figure de la terre (1743)*, kus Clairaut näitab ära puudused Newtoni rehkendustes Maa kuju kohta. Selles

---

<sup>6</sup> Charles Étienne Louis Camus (1699 – 1768), oli prantsuse matemaatik, mehaanik ja astronoom.

<sup>7</sup> Pierre Charles Le Monnier (1715 – 1799) oli prantsuse astronoom.

<sup>8</sup> Antoine-Étienne d'Herbelot oli kunstnikuks-joonistajaks Maupertuis ekspeditsioonil Lapimaale

<sup>9</sup> Reginaud Outhier (1694-1774) oli katoliiklasest prantsuse teadlane, kes oli Maupertuis ekspeditsioonil Lapimaale hingehoidjaks, vaatlejaks ja päevikupidajaks.

töös toob ta ära ka teoreemi, mis hiljem sai Clairaut nime ja mis seob raskusjõu pöörleva ellipsoidi pinnal rõhuga ning tsentrifugaaljõuga ekvaatoril. Niisuguse hüdrostaatilise mudeli Maa kohta esitas Colin Maclaurin, kes näitas, et homogeense vedeliku pöörlemisel masskeset läbiva telje ümber võtab vedelik ellipsoidi kuju. Kui oletada, et Maa koosneb ühtlase tihedusega kontsentrilistest ellipsoidaalsetest kihtidest, siis saab Maa kohta kasutada Clairaut teoreemi ning me saaksime rehkendada Maa elliptilisuse raskusjõu mõõtmistest Maa pinnal. See tõestaks Newtoni teooria, et Maa on lapik ellipsoid. 1849. a näitas Stokes, et Clairaut tulemus ei sõltu Maa siseehitusest ega tihedusest, kui Maa pind on väikese elliptilisusega tasakaaluline sferoid.

Clairaut huvitus ka kolme keha probleemist, mille ta lahendas teostes *Théorie de la lune (1754)* ja *Tables de la lune (1754)*. Nendes teostes andis Clairaut esimese ligikaudse lahenduse kolme keha probleemile. Pingutused kolme keha probleemi täpse lahendi leidmiseks kestsid veel pikka aega, enne kui soome astronoom Karl Fritiof Sundman selle probleemi täpse lahendi andis 1909. aastal.

Järgmise probleemina võttis Clairaut ette komeetide liikumise. Edmund Halley oli 1705. a teatanud, et komeet, mida vaadeldi 1552., 1607. ja 1682. aastatel, ilmub uuesti 1758. või 1759. aastal. Halley arvates tekkis niisugune ebatäpsus suurte planeetide Jupiteri ja Saturni mõjust komeedi liikumisele. Selline probleem köitis Clairaut tähelepanu ja ta alustas otsekohe selle probleemi lahendamist, sest aega komeedi ilmumiseni oli jäänud suhteliselt vähe. Suurte planeetide täpsete asendite määramiseks kasutas ta Joseph Jérôme Lefrançois de Lalande'i abi, keda omakorda abistas väga haritud naine Nicole-Reine Étable de Labrière Lepaute. Põhiliselt selle naise rehkendustele toetudes kuulutas Clairaut akadeemia avaistungil novembris 1758, et komeet läbib periheeli 15. aprillil 1759. Tegelik möödumine toimus 13. märtsil. Kahjuks ei märkinud Clairaut üldse seda, et de Labrière Lepaute oli üks põhitegija kuus kuud kestnud maratonrehkendusel. Kõige lõpuks läksid Clairaut ja d'Alembert tülli nende rehkenduste pärast. Clairaut avaldas Halley komeedi liikumise uurimise baasil kaks teost - *Théorie du mouvement des comètes (1760)* ja *Recherches sur la comète (1762)*.

Clairaut kasutas matemaatikat planeet Veenuse uurimiseks, mõõtes täpselt Veenuse läbimõõdu ja kauguse Maast. See oli tegelikult esimene täpne planeedi suuruse hindamine.

1727. a avastas James Bradley valguse aberratsiooni ja Lapimaa ekspeditsioon võttis selle hoolikalt arvesse oma rehkenduste tegemisel. Bradley ei põhjendanud oma avastust ja niipea, kui Clairaut pöördus Lapimaa ekspeditsioonilt tagasi, võttis ta ette aberratsiooni selgitamise. 1746. a näitas

Clairaut, kuidas korrigeerida planeetide, komeetide ja satelliitide koordinaate aberratsiooni tõttu.

Eukleidese geomeetriat oli 16. sajandil kritiseerinud Petrus Ramus<sup>10</sup>. Järgmisel sajandil ilmus kriitika raamatus *Port Royal Logique*<sup>11</sup> ja sellele järgnes kriitika Clairaut raamatus *Éléments de géométrie (1741)*. Selles töös oli matemaatika õpetamine märksa liberaalsem – Clairaut soovis, et õpilane avastaks ise geomeetria alused, näiteks maamõõtmise kaudu.

Tema teine samas stiilis raamat oli *Éléments d'algèbre (1746)*, kus Clairaut tegeleb alguses elementaarsete probleemidega ja siis muudab aine pikkamööda raskemaks, jõudes lõpuks neljanda astme võrrandite lahendamiseni.

Astronoomia kõrval olid Clairaut meelisteemaks matemaatiliste probleemide lahendamine. Ta näitas, et kahe muutujaga funktsiooni segatuletiste leidmine ei sõltu sellest, mis järjekorras me osatuletisi leiame. Ka variatsioonarvutust on Clairaut puudutanud. Ning diferentsiaalvõrrandite hulgas on olemas ka Clairaut' võrrand,

$$y(x) = xy'(x) + f(y'(x)),$$

kus  $f(x)$  on pidevalt diferentseeruv funktsioon. Tegelikult on Clairaut võrrand Lagrange'i diferentsiaalvõrrandi erijuht.

Clairaut ei abiellunud kunagi, kuigi oli elurõõmus ja atraktiivne seltskonnakaaslane. Ta oli edukas ka daamide juures. Ta oli valitud Kuningliku seltsi liikmeks, samuti ka Berliini, Peterburi, Bologna ja Uppsala akadeemiade liikmeks. Ta oli pidevas kirjavahetuses mitmete tuntud inimestega, nagu Leonhard Euler, Gabriel Kramer, Johann Bernoulli, Samuel Klingenstierna<sup>12</sup> jt.

Clairaut suri 17. mail 1765 pärast lühikest haigust 52 aastasena.

---

<sup>10</sup> Petrus Ramus (pr. keeles: *Pierre de La Ramée (1515 – 1572)*) oli mõjukas prantsuse humanist, loogik ja hariduse reformija. Hugenotina oli ta Püha Bartolomeusi tapatalgute üks kõige kuulsamaid ohvreid.

<sup>11</sup> *Port-Royal Logique* on üldnimetus õpikule *La logique, ou l'art de penser (Loogika ehk mõtlemise kunst)*, mille avaldasid anonüümselt esimest korda 1662. a Antoine Arnauld ja Pierre Nicole, kaks kuulsat jansenisti tsistertsi nunnade kloostris Port-Royal'is. Blaise Pascal kirjutas suure osa selle raamatu tekstist.

<sup>12</sup> Samuel Klingenstierna (1698 – 1765) oli väga kuulus rootsi teadlane. Ta õppis advokaadiks, kuid läks üle loodusfilosoofiale. Juba tudengina ta pidas loenguid Newtoni ja Leibnizi analüüsi kohta. Ta oli geomeetria professor Uppsala ülikoolis aastatel 1728 kuni 1750, siis liikus füüsikale, kuid kahe aasta pärast sai kahurväe komandöri nõunikuks. 1756. a ta asus õpetama tulevast kuningat Gustav III.

### **Kasutatud kirjandus**

E. Tobé, Fransysk visit i Tornedalen 1736-1737 om en gradmätningsexpedition och dess nyckelspersoner, I-tryck AB, Luleå, 1986

R. Outhier, Journal från en resa i Norden år 1736-~737, I-tryck Lito Ab, Luleå, 1982

Jordens Figur, upfunnen af herrar De Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier, Ledamöter af Kongl. vetenskaps Academien i Paris, och Herr Abbotn Outhier, Correspondent af samma Academia, Tornedalica, nr 23, 1977

[https://en.wikipedia.org/wiki/Alexis\\_Clairaut](https://en.wikipedia.org/wiki/Alexis_Clairaut)

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

T. Viik, Maupertuis ekspeditsioon Põhjalasse, 18 lk, käsikiri

<https://www.encyclopedia.com/science/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/alexis-claude-clairaut>

<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Strick/clairaut.pdf>