

152  
**SUURMEESTE ELLUOOD**

**NEWTON**



152

**EESTI KIRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS**

# EESTI KIRJANDUSE SELTSI BIOGRAAFILINE SEERIA SUURMEESTE ELULOOD

1933. aastast alates uuel kujul.

Ilmub järjekindlalt 6 elulugu aastas, igaüks 100—160 lk.  
illustratsioonidega.

| Tellimishind:                 |                 | Aastakäigu hinda, 7 kr. 50 s.,<br>võib tasuda osakaupa: |        |
|-------------------------------|-----------------|---|--------|
| Aastakäik                     | 6 nrit Kr. 7.50 | Tellimisel . . . . .                                    | Kr 3.— |
| Pool aastakäiku 3             | „ „ 4.—         | 1. aprilliks . . . . .                                  | „ 2.50 |
| Üksiknumber . . . . .         | „ 1.50          | 1. juuliks . . . . .                                    | „ 1.75 |
| iga numbri iluköide . . . . . | „ —.50          | 1. oktoobriks . . . . .                                 | „ —.75 |

**Tellimisi võtavad vastu postkontorid, raamatukauplused, Seltsi  
usaldusmehed ja Eesti Kirjanduse Seltsi büroo.**

Iga elulugu on sündmustikurohke jutustus mõnest tähtsast isikust, seega siis elav, vahelduv ja huvitav nagu hea romaan, kuid romaanist väärtuslikum selle poolest, et käsitleb tõsiasju, et põnevuse kõrval pakub ka teadmisi, et annab usutava ja tähelepanuvääriva näite elust.

Ühenduses nende töö- ja vaimukangelaste elukäigu kirjeldusega saame kujuka pildi tööalast, kus kangelane teotses: teadusemehe puhul tutvustatakse teaduslikke leiutusi, avastajate puhul uusi maid, riigimeeste puhul ajaloo tagaseina, kirjanikkude ja kunstnikkude puhul nende teoseid jne.

Suured mehed ja naised on parimad eeskujud noortele: nende elu näitab, kuidas tuleb võidelda, edasi püüda, oma ettevõttes kindel olla, kuidas võib olla kasulik oma rahvale ja riigile. Kuid samahästi on siin mõndagi tähele panna ka täiskasvanule ja tihti leiab ta siit julgustust, äratust ning tiivustust.

„Suurmeeste elulood“ kavatsevad tutvustada paljude rahvaste kangelasi ja iga ala töömehi, nagu Amundsen, Loyola, Faraday, Muhamed, Newton, Lincoln, Cervantes, Balzac, Platon, Marx, Rembrandt, Caesar, Dante, Wagner, Livingstone, Linné, Snellman, eesti surmehi jne. jne.

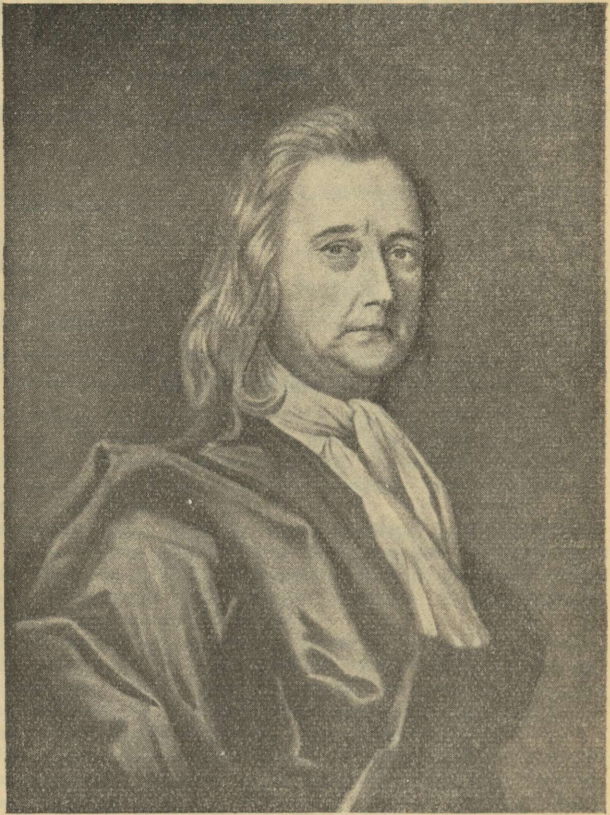
Seni on EKS avaldanud järgmiste isikute elulugusid: C. R. Jakobson, Elisabeth Aspe, Leo Tolstoi, Victor Hugo, Aleksander Suur, T. A. Edison, Vergilius, Aleksis Kivi, Louis Pasteur, Charles Darwin, George Washington, Michelangelo, L. van Beethoven, Giuseppe Garibaldi, J. J. Rousseau j. t.

**EESTI KIRJANDUSE SELTS TARTUS.**

A-8451

SUURMEESTE ELULOOD  
EESTI KIRJANDUSE SELTSI  
BIOGRAAFILINE SEERIA  
TARTU 1933 Nr. 2

ISAAC NEWTON



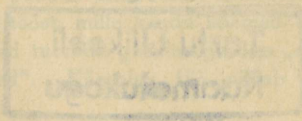
SIR ISAAC NEWTON

A-8451 III

J. LANG JA D. ROOTSMAN

# ISAAC NEWTON

SUURE TEADLASE ELU JA TÖÖ



21450

EESTI KIRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS  
TARTU, 1933

TEGEV JA VASTUTAV TOIMETAJA DANIEL PALGI.

ISAAC NEWTON

SOURE TEADLASE ELD JAVCOO

2



217430

EESTI KIRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS

G. ROHT'I TRÜKK TARTUS, 1933

## Saateks.

Mõni aasta tagasi (1927) pühitses Inglismaa pidulikult oma suure poja sir Isaac Newtoni 200-aastast surma- ning mälestuspäeva. Ja mitte üksi Inglismaa, vaid kogu haritud maailm tegi seda. Ka meil võeti sel puhul sõna ülikoolis korraldatud pidulikul aktusel, füüsika-matemaatika-kosmograafia õpetajate kongressil ja ajakirjanduses.

Igal kodanikul rahvusele vaatamata on põhjust tõsises aukartuses peatuda Newtoni geeniuse laiaulatuselise ja sügava teadusliku loomingu ees, ühtlasi imetleda tema kui inimese tagasihoidlikkust, otsekohesust ja lihtsust ning tunda rõõmu sellest, et kunagi on elanud „säärane inimesoo ehe“. Voltaire tähendas kord: „Kui kõik maailma geeniused kokku tuleksid, siis peaks Newton olema nende juhiks.“ Neis sõnus väljendub Voltaire'i sügav aukartus Newtoni geeniuse ees.

Kahjuks puudub meil senini kokkuvõtlik käsitlus Newtoni elust ja tööst, mille kaudu laiemad hulgad, noored kui vanad, saaksid tutvuda geeniusega, kes „oma vaimuga ületas kõik inimesed“. Käesolev töö püüab osaltki kõrvaldada seda puudust.

Suur osa Newtoni teaduslikust loominguist käsitleb küsimusi, mis vähe tuntud harilikule kodanikule. Need on laiaulatuselised põhiprintsiibid ja töömeetodid ning nende rakendused, mis lähedad ning üksikasjades arusaadavad vaid vastavaile eriteadlasile. Seepärast on autorid Newtoni tööd käsitlenud vaid neid, mis üldisemalt tuntud, ning kasutanud seejuures võimalikult lihtsat esitusviisi. Kuidas see



## Enne Newtonit.

Ei ole kerge luua õige pilt kauges minevikus elanud tegelasest ega hinnata õiglaselt ta tööd. Vahepeal, ajamerre vajunud sajandite jooksul, on muutunud inimeste üldine mõtlemisviis, nende teadmiste ja tõekspidamiste ilm ning tase. Paljud asjad, mis tekitasid varemalt suuri raskusi ja olid kättesaadavad vaid üksikuile, on saanud nüüd laiade hulkade üldiseks varaks; teiselt poolt aga on kadunud tänapäeva kultuurivarade hulgast nii mõndagi, mida hinnati kõrgelt varematel aegadel. Tahame õiglaselt hinnata mineviku tegelasi, siis peame arvestama tolle aja tingimusi ja mõõdupuud. Seepärast lubatagu ka praegusel korral, asudes lähemalt tutvuma sir Isaac Newton'i elu ja tööga, lühidalt meenutada teaduslikku mõtteviisi ja eriti loodusteaduste seisundit enne Newtoni tegevusseastumist.

Keskaja mõtteviisi iseloomulikumaks jooneks oli iseseisva mõtlemise puudumine ja toetumine vanaaja autoriteetidele. Vaimuelu määravaks teguriks oli katoliku kirik. Ilmlik teadus oli

sallitav ainult sedavõrt, kuivõrt ta oli kokkukõlas katoliku kiriku vaadete ning huvidega. Nii näiteks kiriklikkude pühade määramisel ja üldse kalendri tegemise huvides oli tarvilik tutvuda astronoomiliste nähtustega. Vanaaja teaduste kokkuvõttena selles küsimuses esines Ptolemaiiose süsteem. Seepärast on arusaadav, et katoliku kirik võtab Ptolemaiiose süsteemi oma kaitse alla ja kasutab seda oma huvides. Kõik, mis räägib vastu Ptolemaiiose õpetusele, on ekslik ja lubamatu. Kui Kopernik a. 1543 saatis maailma oma kuulsa töö *De revolutionibus orbium coelestium*, kus maailma keskkoha asetatakse Maa asemel Päike, siis käis see risti vastu Ptolemaiiose õpetusele ning Koperniku töö pandi katoliku kiriku poolt keelatud raamatute nimestikku. Sellest hoolimata võidab Koperniku õpetus järjest rohkem pinda. Kuulus Kepler (1571—1630) arendab seda edasi, lähemalt ära määrates planeetide liikumised tee kujult ja liikumise laadilt. Alles Newton annab Koperniku õpetusele kindla aluse, seletades planeetide liikumised lähtudes gravitatsiooniseadusest.

Ka füüsikas valitses uus-aja alul veel suurel määral vanaaja, s. o. Aristotelese pärand. Galilei'l (1564—1642) maksis palju vaeva, et vältida Aristotelese õpetuse ekslikkust, näiteks kehade langemise alal (rasked kehad langevad kiiremini kui kerged!). Alles Galilei kuulsad

katsed Piisa kaldtornist tõid siin pöörde. Valguse õpetuses püsisid aga Aristotelese vaated, eriti värvide õpetuses, edasi. Harjumuse ja autoriteedi tõttu olid vanad vaated sedavõrt sisse juurdunud, et koguni neile risti vastu käivad katsete tulemused ei suutnud seda usku kõigutada.

Tähtsaiks uus-aja teerajajaiks tuleb lugeda ka inglast Francis Bacon'it (1561—1626) ja prantslast René Descartes'i (1596—1650). Esimene neist polnud mitte sedavõrt loodusteadlane sõna otseses mõttes, vaid pigemini filosoof, kes oma töös *Novum Organon* (1620) näitas meetodeid, mida tuleb kasutada teaduslikul uurimisel. Ta näitas, kuidas meid tõe tundmisest kõrvale viivad pime usk autoriteetidesse, mitmesugused eelarvamused, meeltepetted ja eelmistelt põlvedelt päritud mõistete ning kujutluste ebamäärasus. Looduse tundmaõppimisel tuleb lähtuda vaatlusest ja katsest kui küsimusest loodusele. Baconi tööd leidsid tolle aja kõrgemas seltskonnas ja teadlaste ringides tõsist tähelepanu ning seega tasandasid märksa uus-aja teadusliku mõtteviisi võidulepääsu.

Descartes oma töödes andis maailmapildi, mis suurel määral mõjustas teaduslikku mõtlemist 17. sajandi teisel poolel. Selle n. n. kartesianismi järgi kogu maailmaruum moodustab ühtlase terviku ja on täidetud pidevalt ainega, mida me eetriks nimetame. Eetriosakesed on

tihedalt üksteise kõrval ja ühe osakese edasi-  
nihutamine paneb liikuma ka teised. Nagu pime  
kasutab keppi, et selle kaudu saada ühendust  
lähedalolevate asjadega, kusjuures kepp on rõ-  
humise edasiandjaks esemest käele, samalaad-  
selt toimub eetri kaudu ka rõhumise edasiandu-  
mine valgustandvast kehast silmale. Eeter on  
vahendajaks, nähtuse enese tekitavad aineosa-  
keste mitmesugused liikumised. Põhiliikumi-  
seks on pöörlev, pööriline liikumine. Näiteks  
valguse erinevus värvis on tingitud liikuvate  
aineosakeste pöörilise liikumise kiirusest:  
osakesed, mis pöörlevad kõige kiiremini, anna-  
vad punast valgust, aeglasemalt pöörlevad —  
kollast, kõige aeglasemalt pöörlevad —  
rohelist ja sinist. Sedaviisi katsus Descartes oma „pöö-  
riste teooriaga“ seletada kogu looduse nähtuste  
mitmekesisust. Olgugi et Descartes'i „pöörise  
teooria“ põhjenes vaid oletustel ilma ühegi kat-  
selise aluseta, veetles ta kõiki tolle aja teadlasi  
peamiselt oma terviklusega, andes igale looduse-  
nähtusele vastava seletuse. Seetõttu saigi ta  
pea terveks inimpõlveks üldise tunnustuse osa-  
liseks ning seega aitas tunduvalt kaasa Aristo-  
telese vaadete väljatõrjumiseks.

Tolle aja vaimust pakub teatud pilti ka kooli-  
õpetuse seisukord. Õpetus koolis oli läbi ja läbi  
klassiline. Uuriti hoolega rooma ja kreeka kir-  
janikke, kuid oma lähema ümbruse tundmine  
ning matemaatika algmõisted olid väga puudu-

likud. Üks vastutusrikkal kohal teeniv riigiametnik, mr. Pepys, kes lõpetanud Cambridge'i ülikooli magistrina, kirjutab oma päevaraamatus, et ta õhtuti vabal ajal õppis suure huviga ükskordühte. Sama härra nuriseb aga väga, kui ta noorem vend, Cambridge'i ülikooli õpilane, ei tunne Aristotelese nelja elemendi omadusi. Siit näeme, kuivõrt on olukord muutunud võrreldes tolle ajaga: ükskordühte õpitakse meil juba algkooli esimestes klassides, kuna Aristotelese elemendid on jäänud hoopis unustusse ülikooliski.

Sama mr. Pepys seletab edasi oma päevikus, kuidas ta olevat ühelt loodusteadlaselt teada saanud, et Lancashire's rästikud toitvat end lõokestest, heites kinnipüüdmiseks nende peale mürki. Ühel teisel puhul seletab ta, et täiskasvanud konnad ja mitmed putukad vahel langevat meile maha otse taevast.

Neist näiteist selgub, kui puudulikud olid kindlad teadmised ümbritsevast loodusest Newtoni sünniaegu koguni õpetlastel. Seda enam tuleb hinnata Newtoni teaduslikku loomingut, kes oma aja juhtiva suurvaimuna avas väljavaateid looduse tundmisse, mida ei suudetud enne teda aimatagi, ja kes oma gravitatsiooni- ja teiste laiaulatuseliste seadustega õpetas nägema looduses korrapärasust ning korda.

## Newtoni elukäik.

### Esimesed eluaastad.

Kesk-Inglismaa idapoolses osas, Lincolni krahvkonnas, Granthami linnakesest umbes 10 km lõuna pool, asub Woolsthorpe'i küla ühes samanimelise väikese mõisaga. Siin Woolsthorpe'i mõisa härrastemajas sündis kuuluis inglise teadusemees Isaac Newton jõulu esimesel pühal 25. dets. a. 1642. Huvitav on ära märkida, et kuulus Itaalia loodusteadlane Galilei suri umbes aasta enne Newtoni sündimist, õigemini Newtoni sünniaasta algul (8. jaan.) \*).

\*) Arusaamatuste ärahoidmiseks aja-andmete suhtes tuleb silmas pidada, et Newtoni eluajal oli maksev Inglismaal vana ehk Juliuse kalender ning aasta alguseks oli 25. märts, mitte 1. jaanuar nagu praegu. Ehk küll kalendri parandus Rooma paavsti Gregorius XIII poolt tehti a. 1582, ei võetud uut parandatud kalendrit kõikides riikides nii pea tarvitusele. Kõige esiti võeti Gregoriuse kalender tarvitusele loomulikult katoliku maades, hiljem protestantlikkudes. Nii näiteks hakkas uus kalender maksma Roomas, Hispaanias, Portugalis ja osalt Itaalias 5. okt. 1582, Prantsusmaal sama aasta detsembris, Saksamaa katoliku riikides järgmisel aastal. Saksamaa protestandi usku mais püsis vana kalender kuni a. 1700, umbes sama ajani ka Taanis ja Rootsis. Venemaal ja ühes sellega ka meil Eestis on uus kalender tarvitusel 1918. a. veebruari algusest saadik.

Sündides oli Isaac erakordselt väike ja nõrga tervisega. Juuresolijad ei lootnud, et ta elama jääb. Naabrikülla rohu järele saadetud naised olid tagasi tulles väga imestunud, leides lapse veel elus olevat. Ema seletuse järgi olevat Isaac sündides olnud nii väike, et tema pesemiseks oleks väga hästi võinud kasutada suurt õllekannu. Hoolimata nõrgast tervisest ja väikesest kasvust esimestel elupäevadel, oli Newtoni tervis kogu eluaeg üldiselt väga hea. Ta elas kõrge vanuseni (84 a.) ja kaotas kogu eluajal ainult ühe hamba.

Woolsthorpe'i ümbrus on väga ilus ja kliimaliselt terve: künkline maapind on kaetud metsatukkadega, orgudes rohkesti allikaid kristallselge veega, läheduses vähe ida pool voolab

---

Inglismaal püsis vana kalender võrdlemisi kaua. Alles siis, kui suuremast osast Euroopa riikidest erinev ajaarvamine kaubanduses ja muus läbikäimises liiga palju tegelikke raskusi esile kutsus, võttis parlament vastu *Calendar (New Style) Act*'i a. 1750. Selle seaduse järgi nihutati aasta algus 25. märtsi pealt 1. jaanuari peale ja uue ning vana kalendri vahel tekkinud viga — tol ajal 11 päeva — parandati nõnda, et a. 1752 pärast 2. septembrit loeti otsekohe 14. september, jättes seega vahele 11 päeva. Siit on arusaadav, mispärast Newtoni hauamonumendil seisab surmadaatumina 20. märts 1726, mitte aga 1727, nagu see kirjanduses igal pool esineb, sest monumendi püstitamise aegu (1731) oli maksev veel vana kalender ja 1726. a. lõppes 24. märtsiga. Praeguse kalendri järgi, kus aasta algus tahapoole nihutatud, kuulub seega Newtoni surmadaatum muidugi 1727. aastasse.

Ühtluse mõttes on selles raamatus kõik kuupäevad tol ajal maksva Juliuse kalendri järgi antud, kuna aga aastaid loetakse 1. jaanuarist, järelikult on tarvitatud meil varem maksvusel olnud kalendrit.



Joon. 1. Newtoni sünnimaja Woolsthorpe'is.

Withami jõgi. Selles looduselt kaunis maakohas veetis noor Newton oma lapseõlve-aastad.

Woolsthorpe'i härrastemaja, kus sündis Newton, on hästi säilinud ja püsib tugevana praegugi. See on suur kahekordne kivimaja madalate akende ja ustega. Maja sein on tihedalt kaetud väätkasvudega. Välisukse kohale on kinnitatud kivitahvel pealkirjaga: „Selles härrastemajas sündis sir Isaac Newton 25. dets. 1642“. Toad on ruumikad, madalad, kiviõrandaga, ka magamistoas. Newtoni sünniruum asub teisel korral pahemal; seda kasutatakse nüüd magamisruumiks. Sünniruumi kamina äärel kivitahvlile on kirjutatud luuletaja Pope'i salmik:

*Nature and Nature's laws lay hid in night,  
God said „Let Newton be,“ and all was light.*

„Loodus ja loodusseadused olid varjatud  
pimedusega,

Jumal ütles: „Saagu Newton“ — ning kõikjal  
valitses valgus.“

Newtoni esivanemate kohta puuduvad kaugemale ulatuvad täpsad teated. Ühelt poolt arvatakse, et Newton isa poolt põlvneb ühest Šotimaa mõisniku perekonnast; teiselt poolt on teada, et Newton ise hiljem arvas end põlvnevat Wesby'st Lincolni krahvkonnas. Newtoni ema oli pärit Overtonist Rutlandist. Tema esivanemate kohta on veel vähem andmeid kui isa kohta.

Newtoni vanemad kuulusid tole aja ühiskonna keskmisse klassi, keda võiksime võrrelda meie suuremate talupidajatega. Woolsthorpe'i aastane sissetulek oli 30 naela (1 nael on praegu umbes 13 Eesti krooni). Peale selle oli ema kasutada umbes 5 km Woolsthorpe'ist eemal asuv maatükk, mille aastane sissetulek oli umbes 50 naela. Nii siis oli Newtoni perekonna kogu aastane sissetulek umbes 80 naela, mis tole aja olukorras ja hindade juures võimaldas kaunis laheda äraelamise.

Newtoni isa, nime poolest samuti Isaac, suri noorelt (36 a.), paar kuud enne poja sündimist. Newton sündis enneaegsena, — sellest osalt oli ka tingitud ta kidurus ja nõrkus esimesil eluaastail. Väikese Isaac'i kasvatus jäi täiesti ema

ja vanaema hoolde. Hästi hoolitsetud, kosus Isaac peagi ja sirgus priskeks tubliks poisiks.

Isaac'i ema ei jäänud mitte kauaks leseks. Kui Isaac oli kolmeaastane, läks ema teist korda mehele läheduses asuvale preestrile Barnabas Smith'ile. Preestri juurde North Withami, mis umbes 2 km Woolsthorpe'ist eemal, elama asudes, jättis ta Isaac'i kasvatamise Woolsthorpe'is täiesti vanaema hooleks. Võõrasisa Smith suri, kui Isaac oli 14-aastane. Peale seda asus ema uuesti Woolsthorpe'i elama ja võttis Isaac'i kasvatamise kui ka majapidamise juhtimise jälle enese kätte.

Newtoni ema teisest abielust sündis kolm last. Nende lapsed, kokku 8, pärisid pärast Newtoni surma kõik Newtoni isikliku varanduse, mis ulatus kuni 32 000 naelani. Woolsthorpe'i viimseks pärijaks oli isa venna pojapoeg, kes ta a. 1732 ära müüs Edmund Turnorile. Selle järeltulijad elavad Woolsthorpe'is veel praegu.

### Koolipõlv.

Esimese koolihariduse sai Newton läheduses asuvates algkoolides. Õige varakult avaldusid siin Newtoni kalduvused ja võimed iseseisvaks teotsemiseks. Nii on teada, et juba 9-aastaselt tegi Newton päikesekella, kraapides sulenoaga tasasele kivile vastavad märgid. Selle päikese-

kella ta ise kinnitas Woolsthorpe'i elumaja lõunapoolsele seinale. Umbes 50 aastat hiljem võeti kell sealt ja müüriti kui kallis mälestusese lähedalasuva Colsterworth'i kiriku seinale. Kahe-teistkümnne aasta vanuselt viidi Newton Granthami keskkooli (*King's School*) oma haridust jätkama. Elama asus Newton Granthamis apteeker Clarke'i perekonda ja ei lahkunud sealt kogu keskkoolis käimise ajal — ühes väikeste vaheaegadega veetis ta seal ligi 6 aastat.

Clarke'i perekonnas elades olid Newtoni kaaselanikkudeks temaga umbes ühevanused tütarlapsed. Newtonile eriti meeldis üks neist, miss Storey, apteeker Clarke'i kasutütar. Kaks-kolm aastat Newtonist noorem, andekas, iseloomult ja väliselt meeldiv, köitis miss Storey Newtonit enam, kui see sünnib hariliku sõpruse juures. Newton eelistas miss Storey ja ta kaaslaste seltskonda oma kaasõpilaste seltskonnale. Lõbusamaks ajaviiteks Newtonile oli valmistada tütarlastele lauakesi, karbikesi ja kapikesi mängu- ning ehtesjade hoidmiseks jne. Võib arvata, et Newtoni noorpõlvesõprus miss Storey vastu kujunes pikapeale välja vastastikuseks armastuseks. Kuid mõlemate liignoorus ja aine-line kindlustamatus ei lubanud abiellumise küsimust tõsiselt päevakorrale võtta. Pärastpoole takistas seda tegemast Newtoni suur kiindumus teaduslikusse töösse. Nii surigi Newton poiss-mehena. Sellest hoolimata pidas Newton oma

noorpõlvesõpra miss Storey'd meeles eluaeg: käis teda vahetevahel vaatamas ja toetas rahaliselt ainelistes raskustes. Ka miss Storey, kes küll pärast kaks korda mehele läks, ei unustanud Newtonit surmani. Ta rääkis Newtonist alati suure vaimustuse ja austusega; eriti heameelega tuletas ta meelde noorpõlve-päevi apteeker Clarke'i majas. Veel 82-aastase vanakesena andis ta Newtoni kohta palju väärtuslikke andmeid, eriti noorpõlve-aastaist.

Keskkoolis õppides oli Newton tema enese seletuse järgi alguses vähe huvitatud õppeainetest ja kuulus õppimise edu suhtes viimaste õpilaste hulka. Kuid väike vahejuhtumine andis Newtonile tõuke, mis teda hoolega õppima pani. Kord sai Newton oma kaasõpilaselt, kes temast suurem ja edukuse poolest ees oli, valusa hoobi vastu kõhtu. Järgnevas võitluses tuli võitjaks Newton; ta hõõrus vastu seina koguni oma vastase nina. Nüüd arutas Newton edasi: Kui ma suutsin võita oma suurema kaasõpilase rusikavõitluses, mispärast siis ei peaks ma suutma võita teda ka õppimise edukuses? Siis oleks võit kahekordne. Newton asus hoolega tööle. Tagajärjed ei jäänud tulemata. Varsti oli Newton võitnud oma vastase ka vaimses võitluses. Ja mitte üksi oma vastase: ta tõusis esimeseks õpilaseks kogu klassis. Ka apteeker Clarke'i perekonnas oli Newton tuntud andeka ja kõigist lugupeetud noormehena. Üldse peab tähendama,

et Newton oli terve, normaalne poiss, kes polnud vaba ka tollaegsete poiste nõrkustest. Nii näiteks võib kooli aknalauale lõigatud nimede hulgast leida ka Newtoni nime.

Suurte vaimuannete tõttu ei tarvitanud koolitööks ettevalmistamine Newtonil palju aega. Vaba aja kasutas Newton iseseisvaks teotsemiseks mitmesuguste mehhanismide ja aparaatide ehitamise alal, nagu vesiveskid, vesi- ja päikese-kellad, mehaanilised sõidukid jne. Käsitöö tegemiseks varustas ta end juba varakult kõiksugu tööriistadega nagu saed, vasarad, peitlid jne. Noores eas omandatud suur osavus käsitööriistade tarvitamisel oli Newtonile pärast väga kasulik katsete korraldamisel ja uute riistade ehitamisel. Ka oli Newton üpris huvitatud keemiast, nähtavasti apteeker Clarke'i ning koduse ümbuse mõjul. Newtoni päevikus tollest ajast võib leida rohkesti märkmeid, mis eeldavad mitmesuguste keemiliste küsimuste lähemat praktilist tundmist.

Granthami lähedale ehitati tuuleveskit. Newton käis sagedasti ehitustööd pealt vaatamas. Neist vaatlustest saadud kujutluste põhjal ehitas Newton enesele pärast täieliku töötava tuuleveski mudeli, mis äratas üldist imestust. Ta paigutas tuuleveski mudeli vahel Clarke'i maja katusele tuule kätte käima. Kuid Newton ei leppinud sellega, et ainult tuul veskit ümber ajab. Ta tahtis veskit ka mõne teise jõuallika

abil, näiteks loomajõuga ümber vedada lasta. Selleks valis ta „möldriks“ hiire, kes veoratta kohale riputatud terakotikest kätte saada püüdes mööda veorast üles ronis ja sedaviisi veski rattad käima pani. Teiste andmete järgi oli hiire saba külge nöör köidetud. Kui nööri tõmmata, püüdis hiir mööda veorast üles ronida, seda sel teel ümber vedades.

Vesikella ehitas Newton umbes 4 jalga kõrgest kastist, mille ta pr. Clarke'i vennalt sai. Vesi tilkus ülemisest anumast läbi peenikese avause alumisse anumasse. Ühes veetaseme tõusmisega alumises anumast tõusis ka vee peal olev puutükk. Puutükk oli nööri abil seotud kellaosuti võlliga. Puutüki tõusmisega hakkas vastavalt pöörduma ka osuti. Lihtsast ehitusest hoolimata oli niisugune vesikell küllalt täppis, nii et kogu Clarke'i perekond seda ajanäitamiseks tarvitas, koguni veel tükk aega pärast seda, kui kella ehitaja Granthamist oli lahkunud. Kell asus Newtoni magamistoas; iga hommiku varustas Newton kella tarviliku veetagavaraga.

Kuulsa teadusemehena hiljem oma vesikellast rääkides tähendas Newton, et seda liiki vesikella suuremaks puuduseks on asjaolu, et väike avaus, millest vesi läbi tilgub, kergesti ära ummistub ning ühtlast vee läbivoolamist segab. Liivakellade juures on asi ümberpööratud: liiva läbivoolamise tõttu läheb siin avaus järjest suu-

remaks, mis ajanäitamisele vesikellaga võrreldes vastassuunas mõjub.

Vesikell ei rahuldanud Newtonit täiesti. Täpsama ajamõõduriista saamiseks ehitas Newton päikesekella. Selleks vaatles ta Päikese liikumist kauemat aega ja märkis ära sihid, milles paistab Päike teatud kellaajal. Üks neist päikesekelladest, mis ehitatud kodukohas Woolsthorpe'is, oli tuntud Isaac'i kella nime all ja seda tarvitasid kohalikud elanikud väga sagedasti täpsamaks ajamääramiseks. Newtoni ehitatud päikesekellad püsisid Woolsthorpe'is veel tükk aega pärast Newtoni surma.

Newton ehitas ka mehaanilise sõiduriista. See oli midagi raudteel tarvitatava dresiini taolist. Väikese neljarattaga vankri pani liikuma sellekohase käepideme (kangi) abil vankril istuv sõitja ise. Praktilisi tagajärgi sellel riistal ei olnud. Ta võis liikuda ainult mööda rõhtsat ja siledat pinda. Asjaolu, et Newton säärase riista ehitusega hakkama sai, näitab Newtoni suurt algupärast mõtlemisviisi ja praktilisi võimeid.

Kaasõpilaste mängudest ja vallatustest ei armastanud Newton osa võtta. Kuid talle tegi suurt rõõmu oma kaasõpilasile mitmesugust õpetliku iseloomuga lõbu valmistada. Nii näiteks võttis Newton tarvitusele oma koolis paberist lohede lennutamise. Ta uuris suure hoolega, missugune peab olema lohe kuju ja

suurus, mitmest kohast ja kust tuleb nõor külge panna, et lennu tagajärjed oleksid kõige paremad. Ka valmistas Newton paberist laternaid, mida ta kasutas pimedatel talvehommikutel kooli minnes. Vahel köitis ta säärase paberist laterna lohe sappa ja laskis ta ühes lohega õhtupimeduses kõrgele õhku tõusta. Sel teel tahtis Newton külarahvast hirmutada, nagu oleks äkki mõni komeet taevasse ilmunud.

Ei saa jätta mainimata, et koolipoisina Newton armastas ka joonistada ja koguni luuletada. Tema elutoa seintel rippusid tema enese joonistatud ning raamitud pildid, osalt kopeeritud, enamalt jaolt aga joonistatud looduse järgi. Piltidest oleks nimetada: tema koolijuhataja mr. Stokes'i ja kuningas Charles I portreed, lindude, loomade, laevade ning matemaatiliste kujundite joonised jne. Apteeker Clarke'i tõenduse järgi olid kõik Newtoni joonised väga head.

Newtoni luuletiste proovina on säilinud salmik, mis oli kirjutatud kuningas Charles I portree alla. Selles räägib Newton kolmest kroonist: maapealsest, okas- ja au- ning kuulsuskroonist. Kõige väärtuslikumaks peab luuletaja viimast.

Kõik need Newtoni koolipõlve harrastused peale otsese koolitöö näitavad tema mitmekesi-seid suuri võimeid ja iseseisvust töötamises. See oli heaks eelkooliks pärastiste suurte teaduslikkude küsimuste lahendamisel.

Kahjuks ei läinud Newtonil korda järjest edasi töötades keskkooli lõpetada. Võõrasisa preester Smith'i surma järel (a. 1656) asus ema Woolsthorpe'i elama ja ise majapidamist juhtima. Newton oli siis juba 14-aastane. Et ema majapidamises abi vajas, võttis ta Isaac'i koolist ära, sest majapidamises töötamiseks aitas sellest kooliskäimisest. Nüüd tehti noorele Isaacile ülesandeks laupäeviti linnas (Granthamis) turul käimine, karja hoidmine jne. Et põllusaaduste müügiga ja majapidamises tarvis minevate asjade sisseostuga Isaac'it harjutada, seks saatis ema poja linna vana ustava sulase saatel. Kuid selle asemel et omandada kogemusi asjaajamises, jättis Newton kõik toimetused sulase hoolde, ise aga läks endisse korteri apteekri juurde. Siin võis ta uurida apteekri raamatuid, mis teda huvitasid, seni kui sulane kõik asjad õiendas ja teate tõi, et tarvis koju sõitma hakata. Vahel ei läinudki ta linna, vaid jäi tee äärde pöösa alla raamatuid uurima, kuni sulane linnast tagasi tuli. Paremini ei läinud lugu ka karja hoidmisega. Oma mõtetesse süvenenud, ei pannud poiss karja tähelegi ning lambad ja lehmad võisid vabalt vilja minna.

Ühes aastatega kasvas ka Newtoni huvi teaduse vastu ning ükskõiksus kõige muu vastu, mis polnud seotud teaduslike probleemidega. Ema, ära nähes, et Isaac'ist ei saa põllumeest, otsustas teda edasi koolitada. Newton saadeti

uuesti Granthami keskkooli poolelijäänud tööd jätkama. Mitu kuud tegi ta siin suure hoole ja eduga tööd, et ennast ette valmistada ülikooli astumiseks. Newtoni onu, preester W. Ayscough, kes ise oli õppinud Cambridge'i ülikoolis *Trinity College*'is, soovitas ka õepojal samasse õppeasutisse astuda oma haridust jätkama. Nõnda ka sündis. Kaheksateistkümneaastase noormehena, a. 1661, jättis Newton Granthami jumalaga ja astus *Trinity College*'i Cambridge'is. Koolijuhataja õnnistus ja kaasõpilaste kõige paremad soovid olid talle saatjaiks uues olukorras.

### Üliõpilasena Cambridge'is.

Cambridge'i ülikool on vanemaid ja ühtlasi kuulsamaid Inglise ülikoole. Ta on seda olnud kogu oma pika ea kestel algusest kuni meie päevini. Alguse sai Cambridge'i ülikool mitmesugustest usulistest ühingutest (*religious foundations*), nagu augustiinlased (1092), frantsisklased (1224), dominiiklased, gilbertiinlased, karmeliidid jne. Neil oli igäühel oma sisemine korraldus, majapidamine jne. Igaüks neist moodustas suure iseseisva asutise. Need usulised ühingu- ja asutised meelitasid enese juurde õpihimulisi ja varsti oli Cambridge kuulus kui õpetatud meeste ja kõrgema hariduse saamise tähtsaim keskus.

Juba a. 1231 andis kuningas Henry III kohalikule piiskopile teatud distsiplinaarse võimu usuühingute õppeasutiste üle. See näitab, et juba tol ajal olid nad niivõrt arenenud ja teguvõimsad, et nende tegevuse korraldamiseks määrusi vaja läks. Kuid usuühingute mõju õpetamises oli kaunis ühekülgne. Sellele vastukaaluks asutas Walter de Merton omanimelise õppeasutise (*Merton College*) Oxfordis vastava statuudi ehk põhikirja alusel, mis oli eeskujuks kõigile teistele hiljem asutatud samalaadilistele õppeasutistele. *Merton College*'i eeskujul asutas Cambridge'i kohalik piiskopp Hugh de Balam (1281—84) Cambridge'i esimese kolledži, nimega *Peterhouse*. Hiljem asutati terve rida uusi kolledžeid juurde. *Trinity College*, kus Newton õppis ja õpetas, asutati a. 1546.

18-aastase noormehena võeti Newton *Trinity College*'i liikmeks vastu 5. juunil 1661. See tõi Newtoni ellu suure ja põhjaliku muutuse. Senini Granthamis elades töötas Newton täiesti üksinda ja omaette. Ei olnud inimest, kes oleks võinud tema tööd tarviliselt juhtida. Sellest võime järeldada, et keskkoolist ülikooli kaasa võetud teadmiste hulk ei võinud olla kuigi suur. Enam arenenud oli Newton mitmesuguste mehaaniliste konstruktsioonide ehitamise alal, mis seotud tegelikkude oskustega käsitööriistade tarvitamises. Kõige suuremaks varanduseks, mis ta keskkoolist ülikooli kaasa võttis, oli harjumus

tõsisele ja püsivale vaimsele tööle. Siin, Cambridge'is, tolle aja teaduse keskkohas, kuulsate professorite juhatusel avanesid Newtonile soodsad töövõimalused. Eriti oli kuulus Cambridge matemaatika alal, sest matemaatika professoriks oli tolle aja paremaid inglise matemaatikuid dr. Barrow.

Raamatute hulka, mida Newton Cambridge'is alguses uuris, kuuluvad Euklides'e *Geomeetria*, Kepler'i *Optika*, Sanderson'i *Loogika*, Descartes'i *Geomeetria* ja Wallis'e *Aritmeetika*. Mõned tema tarvitada olnud eksemplaridest on säilinud meie ajani. Nad on rikkalikult varustatud mitmesuguste ääremärkustega, mis tõendab, et Newton kõik raamatutes leiduvad küsimused iseseisvalt läbi töötas ja neid osalt koguni edasigi arendas. Mõne biograafi arvamine, nagu ei oleks Newton Cambridge'is pöörnud küllaldast tähelepanu Euklidese *Geomeetria* tundmaõppimisele, on teiste biograafide arvates vähe põhjendatud. Seda ei oleks lubanud teha tolle aja ülikooli õppejõud; teiselt poolt on Newtoni teos *Principia* ise selgeimaks tõenduseks, et Newton oli Euklidese mõtteviisiga väga hästi tuttav.

Cambridge'i ülikoolis õppimise ajast on säilinud Newtoni kohta vähe andmeid. Kolledži raamatute järgi on teada, et a. 1661 oli Newton n. n. *subsizar*, s. o. niisugune üliõpilane, kes sai kas osalise või täielise ülalpidamise ülikoolilt, kuid vastutasuks pidi täitma ülikooli heaks mit-

mesuguseid kohustisi. Tuleb silmas pidada, et Cambridge'i ülikooli üliõpilased elavad suuremalt osalt internaatides ülikooli juures. Seepärast on arusaadav, et laialdases ülikooli majapidamises nii mõnigi üliõpilane leidis füüsilise tööga endale edasiõppimisvõimaluse. Nagu teada, ei olnud Newtoni majanduslik seisukord kuigi hiilgav. Ema suutis oma majapidamise ülejääkidest ainult võrdlemisi väikesi summasid kaasa anda. Seepärast oli ka Newton ülikooli esimestel aastatel sunnitud isikliku tööga endale edasiõppimisvõimalusi muretsema. Kindlasti on teada, et a. 1664 oli Newton täieõiguslik üliõpilane (*scholar*); aastal 1665 lõpetas ta ülikooli kursuse baccalaureuse (*Bachelor of Arts*) ning a. 1668 magistri (*Master of Arts*) astmega.

Veel on teada, et a. 1666 Newton ostis enesele klaasprisma valgusenähtuste uurimiseks. Arvesse võttes klaasasjade kõrget hinda tol ajal, tuleb seda lugeda suureks sündmuseks Newtoni elus.

Mis puutub küsimusse, kuivõrt Newtoni geenius ennast avaldas ülikoolis õppimise ajal, siis puuduvad selle kohta lähemad otsesed andmed. Kaudsed andmed lasevad oletada, et Newtoni talent tol ajal veel silmatorkavalt välja ei paistnud. Nii näiteks oli tarvis umbes a. 1665 valida kolledžile ühte liiget (*fellow*) õigusteaduse alal. Siin esines kandidaadina ka Newton, võisteldes kellegi mr. Uvedale'iga. Et mõlemad kandidaadid

did olid täiesti samasuguste teenetega, siis otsustas dr. Barrow valiku mr. Uvedale'i kui vanema kandidaadi kasuks.

### Avalik tegevus.

Ülikooli lõpetamisele järgneval aastal (1666) puhkes Cambridge'is lahti katk. Ülikool seetõttu ajutiselt suleti ja Newton läks kodukohta Woolsthorpe'i, kus ta maaelu vaikuses jätkas oma teaduslikku tööd. Väga võimalik, et sellest ajajärgust on pärit nii mõnedki Newtoni suuremate leiutiste algidud nagu gravitatsiooniseadus, differentsiaalrvutus jne.

A. 1667 tuli Newton Cambridge'i tagasi, kus ta *Trinity College*'i nooremaks *fellow*'ks<sup>1)</sup> valiti; aasta hiljem sai ta vanemaks *fellow*'ks. Nüüd oli Newton pääsnud ainelistest raskustest, sest *fellow* amet kindlustas sissetuleku, ühtlasi pani peale kohustuse osa võtta õppetegevusest. Veel aasta hiljem ütles Newtoni õpetaja ja sõber dr. Barrow end lahti oma kohast matemaatika professorina, sest teda huvitas usuteadus enam ja ta jäi ülikoolis edasi töötama usuteaduse professorina. Mitu aastat Newtoniga ühes töötanud, tundis dr. Barrow väga hästi tema võimeid matemaatika alal. Enne ametist lahtiütlemist a. 1669 kirjutab dr. Barrow matemaatik Collins'ile, kellele ta Newtoni töö (*De Analysisi*) läbivaatamiseks oli saatnud, järgmist: „Ma olen

rõõmus, et minu sõbra töö sind sel määral rahuldab; ta nimi on mr. Newton, üks meie *College*'i *fellow*, ja väga noor (alles teist aastat *Master of Arts*), kuid erakorraliselt andekas ja osav neis asjades.“ Seepärast on loomulik, et dr. Barrow matemaatika professori kohalt tagasi astudes Newtoni oma asemikuks soovitas. Nii sai Newton 26-aastase noormehena (a. 1669) matemaatika professoriks Cambridge'i ülikoolis. Ühes sellega paranes veelgi Newtoni majanduslik seisukord, sest *fellow* ja professori palk kokku tegi välja umbes 200 naela aastas.

Newton oli tegelikult professoriks Cambridge'i ülikoolis 30 aastat (1669—99). See oli aeg, kus Newton tegi kõik oma leiutised, aeg täis väsimatut tööd mitmesugustel uurimisaladel. Kogu selle aja jooksul elas Newton pea-aegu vahet pidamata Cambridge'is, lahkudes sealt ainult harva 3—4 nädalaks. Peale otseste ülesannete — loengute pidamise — oleks ära märkida Newtoni elust sel ajajärgul veel järgmist.

Esialgse laiema kuulsuse tõi Newtonile peegelteleskoobi leiutamine. Selle mõjul võeti Newton vastu Kuningliku Seltsi (*Royal Society*)<sup>2)</sup> liikmeks Salisbury piiskopi dr. Ward'i ettepanekul a. 1672.

Sellekohaste määruste põhjal aastast 1675 pidid kõik *fellow*'d olema vaimulikust seisusest. Newton aga polnud vaimulikust seisusest ning

seetõttu oleks peaaegu kaotanud koha. Nähtavasti *College*'i sellekohasel palvel vabastas kuningas Charles II Newtoni selle nõudmise täitmisest kogu professoriks olemise aja.

Newtoni avaliku tegevuse hulka tollest ajast kuulub osavõtt kord saatkonnast, mille ülesandeks oli ülikooli õigusi kaitsta. Nimelt oli kuningas James II käskinud (a. 1687) Cambridge'i ülikoolil viimase tahtmise ja kodukorra vastu anda magistri (*Master of Arts*) aukraadi ühele Benedictuse mungale. Ülikool nägi kuninga teguviisis oma õiguste ja privileegiumide rikkumist. Küsimuse lahendamiseks läkitas ülikool Londoni saatkonna, kuhu kuulus ka Newton. Saatkonna töö kandis vilja — kuningas võttis oma käsu tagasi. Väga tähtsat osa selles saatkonnas etendas Newton. Tänutäheks ülikooli õiguste kaitsmisel avaldatud teenete eest valiti Newton Cambridge'i ülikooli esindajaks parlamenti a. 1688. See parlament saadeti laiail juba järgmisel (1689) aastal. Ühes sellega lõppes sedapuhku ka Newtoni parlamentlik tegevus.

Vahetpidamatu tugev vaimne pingutus ligi 30 aasta jooksul lõpuks mõjus Newtoni tervisele. Saades 50-aastaseks jäi Newton tõsiselt haigeks (a. 1692). Harilikult oli Newton rahulik ja tagasihoidlik; nüüd muutus ta rahutuks, närviliseks, ei saanud öösiti magada, ka mälu ei töötanud enam korralikult. Seisukorda halven-

das veel tunduvalt raske kaotus mõnede käsikirjaliste teoste hävimise tõttu. Selle kohta räägiti järgmist.

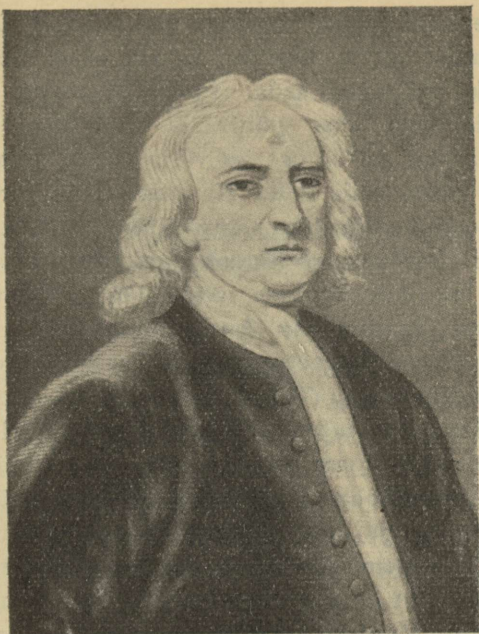
Newton läks vara hommikul kirikusse jumalateenistusele ning jättis küünla lauale põlema. Sealsamas laual olid ka tööde käsikirjad, muuseas suur töö optikast (*New Theory of Light and Colours*, Uus teooria valgusest ja värvidest), kahekümne aasta jooksul tehtud katsete ja uuringuste kokkuvõte selles küsimuses. Kirikust tagasi tulles leidis Newton, et küünal oli ümber kukkunud ja siit alguse saanud tuli oli ära hävitanud palju väärtuslikke käsikirju. Arvatakse, et toas olev väike koer Diamond küünla ümber olevat ajanud.

Nähes oma kauaaegse töö hävimist, oli Newton kurvastusest väga põrutatud ja rahutu. Juuresolijad arvasid, et ta kaotab mõistuse. Arusaadav, et see õnnetu juhtumine käsikirjadega Newtoni tervist veelgi halvendas. Ta muutus selle järel tükiks ajaks kurvameelseks. Kõnesolev Newtoni tervislik seisukord on olnud põhjuseks juttude tekkimisele Newtoni vaimuhälgusest. Sellesisuline märkus leidub koguni kuulsa Huygens'i päevaraamatus. Tõsi on, et Newtoni tervis aa. 1692 ja 1693 ei olnud korras. Kuid Newtoni kirjad, mis kirjutatud sellel ajajärgul dr. Bentley'le, tõendavad selgesti, et jutud vaimuhaigusest on alusetu. Newtoni haiglane olek ei kestnud õnneks mitte kaua. Juba

a. 1694 peab ta vaidlust Flamsteed'iga, kuningliku astronoomiga, Kuu liikumisega ühenduses olevate küsimuste asjus.

Lähemad aastad töid Newtoni ellu suure muutuse. Ta lahkub Cambridge'ist ja asub elama Londoni. See on õieti viimne järk tema elust— kokku umbes 30 aastat.

Londoni üle kolimiseks andsid põhjust järgmised asjaolud. Newtoni hea sõber Charles Montague sai a. 1694 Inglise rahaministriks (*Chancellor of the Exchequer*). Inglise rahamärkide asi oli tookord halvas seisukorras ja nõudis ümberkorraldust. Suurt abi lootis selle küsimuse lahendamisel rahaminister Newtonilt, kelle ta määras Rahapaja direktoriks (*Warden of the Mint*). Et uue ametiga seotud kohustused ei takistanud professoriametit Cambridge'is edasi pidamast, võttis Newton pakutud koha vastu (a. 1696). Suure osavusega täitis Newton oma ülesande rahamärkide uuendamisel. Ülesnäidatud teenete eest määrati nüüd Newton Rahapaja ülemdirektoriks (*Master of the Mint*) a. 1699. Uus amet ei lubanud Newtonil enam täita tegelikult oma professorikohuseid Cambridge'is. Ta saatis sinna asemikuks mr. Whiston'i, kes ka Newtoni professoripalga endale sai. A. 1703 ütleb Newton enese lõplikult lahti professori kohast Cambridge'is. Seega lõppes üle 40 aasta kestnud ühendus Newtoni ja *Trinity College*'i vahel.



Joon. 2. Newton vanemas eas.

Aastal 1701 ülikooli esindajaks parlamenti tagasi valitud, pidi ta a. 1705 teiste kandidaatide eest taganema. See oli viimne kord, kus Newton parlamendi tegevusest osa võttis. Eemale jättes poliitiliselt alalt, ei jäänud Newton eemale tegevusest teaduse põllul. Aastal 1703 valiti Newton Kuningliku Seltsi presidendiks. Hoolimata iga-aastasest ümbervalimisest püsis ta sellel kohal kuni surmani, s. o. ligi 24 aastat.

Newtoni teened teaduse alal leidsid üldist hindamist mitte üksnes Kuninglikus Seltsis, vaid ka väljaspool seda. Pariisi Teaduste Akadeemia, kes oma põhikirja muutmise tõttu 1699. aastal sai õiguse ka välismaalasi liikmeks vastu võtta, valis kohe Newtoni selle kõrgesti lugupidatud teadusliku asutise liikmeks. Ka Inglise riigivalitsus ei jätnud hindamata Newtoni suuri teeneid teaduse alal. 1705. a. kevadel külastas kuninganna Anna Cambridge'i. Sel puhul tõsteti Newton ühes paari teisega teenete eest aadliseisusse (*Sir*).

Viimasel Londonis elamise perioodil ei loonud Newton enam midagi uut. Tema tööjõud kulus ametikohuste täitmisel Rahapaja ülemdirektorina ja oma endiste tööde kaitsmiseks teiste teadusemeeste arvustuste ja kallaletungide vastu. Kuid huvi teaduse vastu ei kustunud tal surmani. Kuningliku Seltsi presidendina oli ta kogu aeg kontaktis oma aja teaduse arenemisega.

## Gravitatsiooniseaduse avastamine ja taevamehaanika sünd.

Newtoni avastused ja mõtted täpsa loodusteaduse alal löid uue ajastu, mida kaua valitses ainuüksi Newtoni autoriteedi võim. Kuid siiski ka praegusel ajal, millal on tekkinud suuri muutusi uurimisviisides ja on tehtud enneaimamatuid avastusi kosmose ehitises, on Newtoni poolt seatud küsimused veel ikka päevavärsked ja ajakohased. Temas kajastuvad kui fookuses mitte ainult oma ajajärgu, vaid üldse uudse loodusteaduse ideed ja püüded, mis leidsid temas endale suureandelise tõlgitseja, mõtleja ja loova töömehe. Seetõttu ongi arusaadav kaasaeglaste ja järelkäijate imetus, kes nägid temas mingisugust „taeva andi“, nagu see väljendub poeedi hüüdes (vt. Pope'i värsid lk. 14).

Kuid oleks ekslik mõelda, et teadust loova geeniuse võimsus on absoluutne ning peitub ainult temas endas ja mitte sugugi ümbruse ning suurvaimu vastastikusel mõjustuses. Teadusliku uurimise alal ei saavutata tähtsaid edusamme üksnes geeniuse isikulisel tegevusel,

vaid ka paljude, sagedasti keskpäraste üksikjõudude koostöö abil. Newton ise ütles sellest: „Kui ma üldse suutsin korda saata rohkem teistest, siis oli see võimalik ainult seetõttu, et asusin hiiglaste õlul.“

Ja ongi selge — loodusteaduse aluseks on empiiriline, s. o. katsel ning vaatlusel, üldse otsesel kogemusel põhjenev tunnetus. Kogemus aga ei piirdu üksiku olendi vaimse saavutisega, vaid sel on suurem ulatus üldise, koguainimliku kogemuse näol. Sellest ammendab ka suurim ja edukaim uurija endale andmeid ning ehitab sel alusel oma teadusliku õpetuse ehk teooria. — Ent ta on seotud üldsusega ka veel teisel viisil. Tal on tarvidus mitte ainult võtta, vaid ka anda, kuid seejuures leida tunnustust ja vastukõla oma loovaile mõtteile, mis mõnikord peavad ootama kaua, et leida soodsat pinda võrsumiseks.

On vaieldud selle üle, missugust teaduse ala Newton mõjustas kõige edukamalt — matemaatikat, füüsikat või astronoomiat. Kuid kahtlemata kõige laiemais ringkonnis Newtoni nime kõige sagedamini seotakse raskuse- ehk gravitatsioonitungi uurimisega.

Lapsel ja lihtmeelsel inimesel võib vaevalt tõusta küsimusi, miks kehad langevad, miks nad rõhuvad oma raskusega, kui nende langemine on takistatud, ja kas raskus ongi kehade langemise põhjuseks? Raskus ja langemine paistavad lan-

geva keha enese omadustena ja see kõik näib nii lihtis, igapäevane ja iseenesestmõistetav.

Ometi on sel ürgpõhjusel, millest siin on kõne, kosmose ehituses võrratu suur tähtsus. Nii tekitab see vesi- ja õhkkonna voolud ning lained veepinnal, lumehelbekese tasase liuglemise õhus kui ka purustava laviini. See paneb meie pendelkella toas korrapäraselt tiksuma ja ühtlasi korraldab tähtede lakkamatut ja suurejoonelist lendu mõõtmatus ruumis. Ent gravitatsioonitung haarab väga sügavalt ka meie eneste kehalist olemist. Paarikümnetonnise raskusega rõhub õhk meie keha pinnale, ilma et me seda ise tunduvat aimaksimegi. Kindlasti on ka meie veresoonte, südame, luustiku ehitis ja üldine keha sümmeetria tekkimine mõjustatud olnud sellest põhjusest, s. o. raskustungist.

Kuid olgugi et gravitatsiooni ehk raskuse mõju ulatub läbi kogu looduse, jõuti selle olemasolu, üldmaksvuse, iseloomu ja seaduse matemaatilise kuju tunnetamisele alles aegamisi. Esimesi katseid seletada gravitatsiooni olemust leiame juba vanas Kreekas, kust on enamasti pärit kõik meie vaimsed harrastused. Kreeka filosoofidel leidub eona ka juba samu vaatepunkte, mis esilduvad raskuse olemuse moodsa seletamise katseis.

Üks osa mõtlejaid Demokritos'ega eesotsas, kes leidsid hiljem luuletaja Lucretius'es oma mõtete kunstipärase väljendaja,

taandasid kehade liikumise, rõhumise ja iga-suguse tungi aine jagamatute alkosade ehk aatomite liikumisele. Nende arvates aatomite liikumisest tekib ka rõhumine, mida tuntakse raskusena.

Vastupidi atomistikuile väitis Aristoteles (408—322 e. Kr.), et liikumise kutsub esile immanentne, s. o. kehade eneste loomuses peituv tung. Algained ehk elemendid püüavad asetuda igaüks oma määratud kohale: vesi ja maa kui raskemad elemendid — allapoole, tuli ja õhk kui kergemad — ülespoole. Viies<sup>3)</sup> ehk n. n. taevane element, nimetatud eetriks, pole aga ei raske ega kerge, ei püüa asetuda ei üles- ega allapoole, vaid oma enese seesmisele loomule vastavalt tiirleb ringides muutumatu kiirusega igavesti maailma, s. t. Maa tsentri ümber. Ja sarnaselt eetriga liiguvad ka taevakehad — Päike, Kuu, planeedid ja tähed — täielikes ringides ümber Maa. Selline vaade, mis vastab hariliku inimese arusaamale ja meie otsesele muljele, valitses teaduses kuni uus-aja alguseni kuulsa Ptolemaiose õpetuse näol.

Pärast seda, kui pääsis võimule Koperniku (1473—1543) õpetus, mille järgi planeedid ja meie Maa ringlevad ümber Päikese, muutus põhjalikult ka vaade raskusele. Meie Maad polnud enam võimalik pidada Maailma tsentriks, — järelikult polnud ka enam mõtet väita, et kehad püüavad tungida Maailma keskpunkti poole.

Esiotsa võis selliseks keskpunktiks küll veel lugeda Päikest, kuid varsti selgus, et Päike on samasugune harilik täht nagu teisedki, millega on täis külvatud lõpmatus. Samuti oli sellega hoopis muutunud ka inimese eesõigustatud asend maailmas.

Nõnda selgus aegamisi, et maailmal polegi keskpunkti, vaid meil on tegemist üksikute taevakehadega, kuhu aine püüab koguneda; seega on siis aine põhilisemaid omadusi kehade vastastikune külgetõmme. See on üldine kogumaailmne tung, mis Maa pinnal meie juures esineb raskusena.

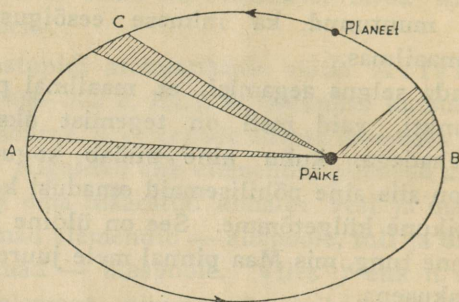
Kuid sellise arusaamisastmeni jõudmiseks kulus palju keerukaid mõttekäike. Millist võimsat osa seejuures etendas Newton, selgub alles siis, kui jälgida üksikasjalikumalt ideede arengut.

Koperniku õpetuse pooldaja ja edasiarendaja Johannes Kepler (1571—1630) ohverdas suurema osa oma eluajast planeetide liikumise uurimisele. Tema innuka püüde tulemuseks olid tähtsad tema poolt avastatud seadused, millele alistub nii planeetide kui ka nende kaaslaste tiirlemine.

1. seadus: Iga planeet tiirleb ümber Päikese ellipsil<sup>4</sup>), mille fookuses asub Päike.

2. seadus: Planeedi liikumine ellipsit mööda toimub nõndaviisi,

et raadiusvektor (sirge, mis ühendab planeeti Päikesega) võrdseil aegadel kujutab võrdsed pindalad.



Joon. 3. Planeedi liikumise tee ümber Päikese.

Nõnda näit. pindala, mida kujutab Maa raadiusvektor ühe päeva jooksul, kui Maa asub Päikesele oma tee lähimas kohas ehk periheelis (punkt B, 1. jaanuaril, vt. joonis), on niisama suur kui pindala, mille Maa raadiusvektor kujutab ühe päeva jooksul Maa liikudes oma tee kaugeimas kohas ehk afeelis (punkt A, 1. juulil).

Need kaks seadust suure täpsusega kirjeldavad iga üksiku planeedi liikumist, kuid kolmas seadus seob kõigi planeetide liikumisi isekeskis:

Kui valida kaks mistahes ümber Päikese tiirlevat planeeti, siis osutub, et keskmiste kauguste kuuparvud suhtuvad kui tiirlemisperioodide ruutarvud.

Näitena rakendame Kepleri 3. seaduse Jupiteri ja Maa kohta. Jupiteri orbiit ehk tee asub keskmiselt 5,2 korda kaugemal Päikesest kui Maa ja ta tiirlemisperiood on 11,9 aastat. Seejuures osutub, et kauguste suhte kuup ( $5,2^3 = 140,6$ ) ligikaudu võrdub tiirlemisväldete suhte ruuduga ( $11,9^2 = 141,6$ ). Kui suhete arvud oleksid võetud täpsamalt, oleks ka resultaate ühtivus olnud veel täielikum.

Need lihtsad matemaatilised tõed, Kepleri seadused, olid leiutatud induktiivsel teel paljude katsetamiste tulemusena kuulsal astronoomil Tycho de Brahe (1546—1601) rohkearvuliste ja täpsate vaatluste põhjal. Kepleri tõdedel oli suur teaduslik väärtus. Ta ise oli vaimustatud kokkukõlast, mis valitseb planeetide ringlemist Päikese peres, ja pidas seda võrdseks üleva „sfääride muusikaga“. <sup>5)</sup> Taevakehade liikumisi valitseb matemaatiline korrapärasus, mis on nende liikumise õpetusele kindlaks aluseks.

Kuulus matemaatik Henri Poincaré <sup>6)</sup> tähendas selle kohta kujukalt, et pärast seda, kui looduse seadusepärasus oli avastatud taevases avaruses, me hakkasime seda otsima ka enese juures siin maa peal, ning leidsimegi. Selles suhtes astronoomia näitas eeskju teistele loodusteadustele.

Kuid Kepleri tõe ja kauni otsimine taevakehade liikumiste alal polnud veel kaugeltki rahuldatud. Ta püüdis tunnetada planeetide

liikumise põhjust. Selleks pidas ta Päikese ja planeetide vastastikust külgetõmmet, mida võiks näit. võrrelda magneti külgetõmbega; sellelaadiline külgetõmme ehk atraktsioon tulebki esile tuttavas tõusu ja mõõna nähtuses, mis tekib Päikese ja Kuu tõmbe mõjul. Kuid Kepleril ei õnnestunud Päikese külgetõmbe põhjal seletada planeetide liikumisi. Saatuslikuks takistuseks sai talle asjaolu, et ta ei tundnud dünaamika aluseid<sup>7)</sup>, eriti n. n. inertsiseadust, mille järgi iga keha, kui väline tung teda ei mõjusta, püüab liikuda sirgjoonelist teed mööda ning ühtlase kiirusega. Liikumise ja tungi vahekorda tundis juba hästi Galilei (1564—1642), kes hoolega uuris liikumisnähtusi katsete põhjal; kuid alles Newton, mõnikümend aastat pärast Kepleri surma, sõnastas täpsalt mehaanika põhilauseid ehk seadused.<sup>8)</sup> See pärast oli Kepleril võimatu aru saada, miks planeet liigub ümber Päikese ringi või ellipsit mööda, kui Päikese külgetõmbe- ehk gravitatsioonitung mõjub ristsuunas planeedi liikumise suunale. Keplerile näis, et peale gravitatsioonitungi peab mõnesugune tung mõjuma veel planeedi liikumise enese suunas. Sellest lõi ta endale kujuka, kuid kahjuks veidra ja ebaõige pildi. — Planeedid tema arvates on seotud Päikesega just kui mõnesuguste materjalsete seoste, näit. niitide abil, mis nii-öelda hoiavad planeete Päikese küljes. Päikese pööreldes ümber oma

telje hakkavad ka mainitud külgetõmbesidemed ühes sellega pöörlema ja tõmbavad planeeti liikuma oma teel. Miks pöörleb aga Päike? Selle põhjus omistatakse mingisugusele „hingele“ Päikeses, mil pole küll mõistust, ent mis püsib muutumata.

Taevakehade liikumise tunnetamises kahtlemata sügavamale jõudis itaalia õpetlane Alfonso Borelli, kes peale gravitatsioonitungi taevakehade vahel arvestas ka veel kehade inertsi omadust. Oletades, et mingisugune tung planeedi liikumist maailmaruumis ei mõjusta, peaks planeet püüdma liikuda mööda sirget joont ühtlasel kiirusel. Kui Päike planeeti külge ei tõmbaks, läheks viimane Päikesest eemale ja kauguks lõpmatusse ruumi. Teiselt poolt aga, kui planeedil poleks esialgset kiirust, langeks ta gravitatsioonitungi mõjul Päikesse. Tõelikult aga omab planeet teatavat algkiirust; see püüab teda asetada Päikesest kaugemale ja takistab teda nõndaviisi ühinemast viimasega. Tulemuseks on planeedi perioodne liikumine ümber Päikeses kinnisel teel — ellipsil.

Borelli näitas ka, et planeedi kiirus peab olema vahelduv. Kuid ta ei suutnud esitada matemaatilist tõestust, et planeedi liikumise tee on just ellips, olgugi et ta oletas gravitatsiooni olenevust pöördvõrdeliselt kauguse ruudust.

Samal ajal kui gravitatsiooniprobleemi kallal juba elavalt nõnda vaieldi mõnedes asjaomaseis

ringes, juurdles selle kallal ka tagasihoidlik noor Cambridge'i üliõpilane Isaac Newton. Sellesse lukku on põimitud veetlev legend. Nii jutustab sellest 1733. a. Voltaire Newtoni sugulase poolt saadud andmeil järgmist. Aastal 1665 või 1666, kui Cambridge'i ülikool suleti seal möllava katku pärast, Newton asus elama maale, oma sünnikohta Woolsthorpe'i, kus veetis oma puhkeaja üksindases vaatluses ja mõtiskelus. Kord istudes aias näinud ta puust langevat õuna. Nähtus äratanud teda mõtlema gravitatsioonist ja sel teel jõudnudki ta viimaks suure looduseaduse avastamisele. Hiljem näidati ka puud, millest veerenud kord ilmakuulus õun Newtoni jalge ette, ja kui puu vananes, lasknud üks Newtoni sõpradest sellest valmistada tooli, milles Newton olevat armastanud istuda vanas eas.

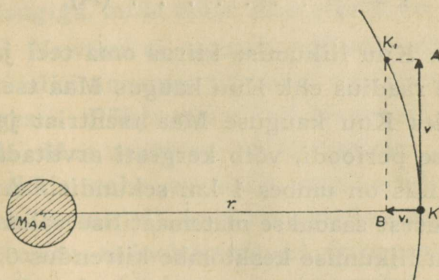
On vähe tõenäone, et õuna kukkumine oleks tekitanud täitsa uue küsimuse, küll aga võis see juba olemas olevat, teadvuses pesitsenud mõtet uuesti ergutada.

Edasi jutustatakse, et õuna langemist nähes tõusnud Newtonil küsimus, kui kaugele võib ulatuda raskuse mõju. Kas ulatub see ka kõrgete mägede tippudeni, veel edasi — kuni Kuuni, või veel kaugemale?

Newton varsti leiutas eeldused, mille põhjal oli võimalik vastata neile küsimusile. Kui Kuu liigub ümber Maa peaaegu ringikujulisel teel,

siis järeldub sellest, et Kuule on rakendatud tung, mis alati on suunatud Maa poole. Silmas pidades, et tung on võrdeline kiirendusega, võib määrata viimase väärtus.

Kujutleme, et Kuu tee on ringikujuline, mille keskpunktis asetseb Maa. Oletades, et mõnel momendil Maa Kuud külge ei tõmbaks, siis Kuu, mis liikus muutumatu kiirusega  $v$  oma teel, läheks puutujat sirget mööda edasi ja sekundi pärast oleks punktis A.



Joon. 4. Kuu liikumine ümber Maa.

Tõelikult aga Maa tõmbab Kuud enda poole, andes talle esimesel sekundil lisakiiruse  $v_1$ , mis on suunatud Kuu tee raadiust mööda, s. o. Maa poole. Võttes nõndaviisi osa kahest liikumisest korraga, puutujat mööda kiirusel  $v$  ja raadiust mööda kiirusel  $v_1$ , peab Kuu kiiruste parallelogrammiseaduse põhjal esimese sekundi lõpul jõudma punkti  $K_1$ . Kiirus  $v_1$  näitab, kui palju keha esimesel sekundil „langeb“, s. o. kui palju

ta läheb esimesel sekundil puutujast sirgest kõrvale. Teisel sekundil tuntud seaduse järgi langeb keha, antud juhul Kuu, 3, kolmandal sek. 5 korda enam kui esimesel sekundil jne. Nõnda on kiiruse juurdekasv ehk kiirendus kahekordne  $v_1$ , mille tähendame  $k$  abil. Newton näitas, et kui keha liigub ringikujulisel teel, siis  $k$  ehk  $n$ .  $n$ . kesktõmbe kiirendus väljendub matemaatilise valemi (A) abil:

$$k = \frac{v^2}{r} \dots \dots \dots (A),$$

kus  $v$  on Kuu liikumise kiirus oma teel ja  $r$  on Kuu tee raadius ehk Kuu kaugus Maa tsentrist.

Teades Kuu kauguse Maa tsentrist ja Kuu tiirlemise perioodi, võib kergesti arvutada Kuu kiirust, mis on umbes 1 km sekundis. Arvutatud kiirusest saadakse matemaatilise valemi (A) abil Kuu liikumise kesktõmbe kiirendus 0,27 cm sekundis. Poole sellest suurusest „langeb“ Kuu ühes sekundis, s. o. kaldub sirgest joonest kõrvale Maa poole. Nõnda on olemas mingisugune tung, millega Maa tõmbab Kuud enese poole, andes talle sekundis kiirenduse umbes  $\frac{1}{4}$  cm.

Edasi tõuseb küsimus, kas Maa külgetõmme, mis on Kuu kiirenduse põhjuseks, ongi samane raskustungi ehk gravitatsiooniga. Maa pinna lähedal kehade langemise kiirus esimesel sekundil on 4,9 meetrit, igal järgmisel 9,8 m enam jne. Seega on gravitatsioonitungi kiirendus Maa pinnal 9,8 m sekundis. Oletades, et gravitatsiooni-

tung on pöördvõrdeline kauguse ruuduga, arvutame gravitatsioonitungi kiirenduse Kuu kaugusel. Kuu asub keskmiselt umbes 60 korda kaugemal kui Maa tsenter<sup>9)</sup>, järelikult peaks Kuu juures Maa gravitatsiooni kiirendus 60<sup>2</sup> olema vähem. Arvutades leiame, et viimane on 0,27 cm sekundis, s. o. just niisama suur kui Kuu kesktõmbe kiirendus liikumisel oma teel. Sellest tuleb järeldada, et Maa gravitatsioonitung, mis hoiab Kuud tema teel, on samane raskustungiga, mille mõju Maa pinnal me teame.

Kuid Newton ei saanud selliseid ühtuvaid kokkukõlalisi arvutuse tulemusi ühekorraga ega nii kergesti. Põhjuseks oli, et Newtonil polnud kasutada Maa raadiuse täpsat suurust. Selle tõttu tekkis vahe arvutuse resultaates, mis polnud küll suur<sup>10)</sup>, kuid Newtonile näis täiesti vastuvõtmatu; ta loobus mõneks ajaks teotsemast gravitatsiooni küsimusega, pühendades oma vaimujõu teistele probleemidele.

Alles 16 aastat hiljem Newton kord Kuningliku Seltsi koosolekul kuulis prantslase P i c a r d'i poolt toimepandud Maa suuruse uuest mõõtmisest. Selle mõõtmise järgi erines Maa raadiuse pikkus tunduvalt sellest, mida Newton tarvitas varem oma arvutustes. Ta tuli mõttele, et tema oletused gravitatsiooniseaduse iseloomu kohta olid vististi õiged, kuid erivus järgnes Maa suuruse ebatäpsaist andmeist. Ta ruttas koju ja hakkas uuesti arvutama. Aimates oma

arvutuse kokkukõlalist lahendust ja teadlik olles selle tulemuse suurest teaduslikust tähtsusest, vallanud Newtonit suur avastamisrõõm, nõnda et ärevus takistanud teda oma arvutust isiklikult lõpule viimast, mida ta palunud teha siis oma sõpra.

See oli esimene ja tähtsaim samm Newtonil ülemaailmse gravitatsiooni avastamises. Newtoniga ühel ajal teotsesid gravitatsiooni uurimisega ka mitmed teised teadlased nagu Borelli, Bullialdus, Halley, Wren ja Hooke. Eriti viimane oli tõele õige lähedale jõudnud. Ta kadestas Newtonit, mis põhjustas ägeda vaidluse sellest, kes neist on esimesena avastanud gravitatsiooniseaduse.

Teadlaste järelpõlv andis selle au Newtonile. Nii ütles Lagrange, et „Newton oli suurimaid geeniusi ja kõigist õnnelikem, sest et avastas maailmasüsteemi, ja ainult kord on antud inimesele seda teha“. Kuid Newtoni suur edu polnud tingitud niipalju õnnelikust juhusest kui tema võimsast matemaatilisest andest ja veel enam tema iseloomu omadusist — visast tahtest ja suurest kannatusest. Olgu selle karakteri kirjeldamiseks antud sõna Newtoni elulookirjutajale.

„Newton oli tõeline esimese suuruse isiksus. Teda ei juhtinud väiklane auahnus ega tung meelitada odavate abinõudega hulkade poolehoidu. Tema ei püüdnud kaasa rääkida paljudes

küsimusis ega lasta paista oma valgust. Teda ei piinanud kärsitus eesmärgi taotlemisel ega tundnud ta ahastust jääda võistluses maha.

Teda ei kohutanud ülesannete raskus. Ta suutis oma tervist ja heaolu panna oma eesmärgi saavutamiseks kaalule — ning lahke saatus tasus talle selle ohvri.

Tema vaimu suurus ei ilmne mitte ainult probleemide lahendamises, vaid ka nende käsitlemises ja arendamises. Viis, kuidas ta oma püstitatud põhitõdesid ehk printsiipe kõigekülgselt rakendas; kuidas ta nende kaugeleulatuvat mõju, nende suhtumist lugematusse hulka teistesse küsimusisse ning nende viljakust teiste teadusalade kujundamiseks mitte ainult selgelt läbi ei näinud, vaid selle ka tõelikult oma isikliku tööga teostas või selleks kaasa mõjus: seesugune vaimu aktiivsus näitab tema andekust, meisterlikkust ja võimsust.“

Newton erineb oma võistlejaist nii oma iseloomu kui ka suure matemaatilise andega. Ta mitte ainult ei aimanud gravitatsiooniseadust nagu teised, vaid tõestas selle matemaatilisel teel, tuletades sellest hulga järeldusi.

Juba noores eas näitas ta Kepleri 3. seaduse põhjal, et Päikese külgetõmbe mõju planeetidesse on pöördvõrdeline nende kauguste ruuduga. Selle tõestamiseks tuletas ta valemi tungi jaoks, mis püüab ringikujulisel teel tiirlevat keha (planeeti) hoida oma teel. Ta tegi seda

täiesti rippumata hollandi teadlasest Ch r. Huygens'ist (1629—95), kelle töid ta polnud lugenud. Hiljem näitas ta Kuu liikumise põhjal, et raskustung on samane gravitatsiooniga, s. o. kehade üldise ehk kogumaailmse külgetõmbega. Pärast laiendas ta gravitatsiooniseaduse kõigi aineosakeste, kõigi masside kohta, andes gravitatsiooniseadusele üldtuttava lihtsa sõnastuse:

„Kaks keha tõmbuvad vastastikku neid ühendava sirge sihis, kusjuures tõmbetungi tugevus on otsevõrdeline kehade massidega ja pöördvõrdeline neid eraldava kauguse ruuduga.\*)

Newton tuletas Kepleri seadusist matemaatilisel teel üldise gravitatsiooni seaduse ja vastupidi näitas, et Kepleri seadused on üldise gravitatsiooni seaduse lihtsad järeldused. Kui kaks taevakeha alistuvad ainult nende eneste vastastikusele külgetõmbele, siis nad liiguvad nõnda viisi, et nende ühine raskus- ehk massikeskpunkt jääb paigale või liigub sirget joont mööda ühtlase kiirusega, kuna nende teede kujud on n. n. koonuse lõiked, s. o. ring, ellips, hüperbool või parabool.<sup>11)</sup> Sellega lahenes kergesti

---

\*) See seadus lihtsas matemaatilises valemis laseb end väljendada järgmiselt:

$$F = G \frac{m m_1}{r^2},$$

ka komeetide ehk sabatähtede liikumise küsimus, mis valmistas suuri raskusi Keplerile, kes arvas, et komeedid liiguvad sirget joont mööda Päikese poole ja sellest eemale. Kuid Newton tõestas matemaatiliselt, et komeetide teed võivad olla mitte ainult ellipsid, vaid ka paraboolid ja hüperboolid, mis osutuski hiljem vaatluste põhjal tõeks.

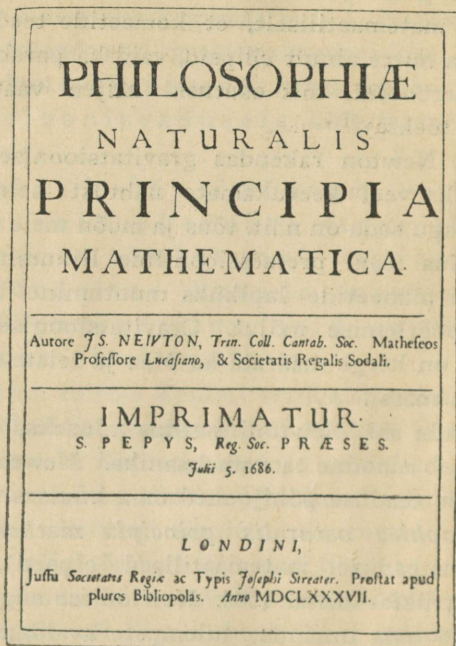
Ent Newton rakendas gravitatsiooniseadust eduga ka veel keerukamate nähtuste seletamiseks, nagu seda on näit. tõus ja mõõn meie meredes, Maa n. n. pretsessiooniline liikumine<sup>12)</sup>, Maa ja planeetide lapikuks muutumine ümber telje pöörlemise mõjul. Gravitatsiooniseaduse põhjal on kerge määrata ka Maa ja teiste taevakehade massi.

Nõnda sai Newtoni seadus aluseks, millel põhjeneb moodne taevamehaanika. Newton esitas selle teaduse põhijooned oma kuulsas teoses *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Loodusteaduse matemaatilised alused), mis ilmus trükist aastal 1686. Newton ise sugugi ei rutanud oma uurimise tulemuste avaldamisega, vaid ta pidi need trükis avaldama oma sõprade pealekäimisel. Teadlaste keskel oli tekkinud vaidlus, missugune on tee kuju, kui keha liigub

---

kus  $m$  ja  $m_1$  on vastavalt kahe keha massid,  $r$  — nendevaheline kaugus,  $F$  — tõmbetung, mis neid masse seob, ja  $G$  ehk n. n. gravitatsioonikonstant võrdub  $6,66 \cdot 10^{-8}$ . Siit näeme, et  $G$  on võrdne tungi suurusega, kui iga mass on võrdne ühe grammiga ja nende vahe ühe sentimeetriga.

gravitatsioonitungi mõjul. Newton alguses sel-  
lest vaidlusest ei võtnud osa. Astronoom Halley  
pöördus selgituse saamiseks otse Newtoni poole,



Joon. 5. Newtoni *Principia* tiitellehekülj.

kes vastas lihtsalt, et liikumise tee on ellips,  
ning esitas selle kohta matemaatilise tõestuse.  
Sellega ühtlasi oli Newton kistud avaliku vaid-  
luse keerisesse. Oma seisukoha kaitseks otsus-

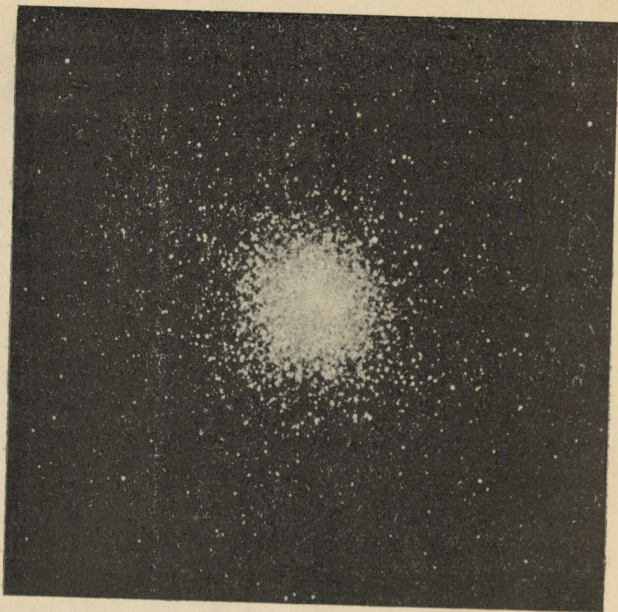
tas Newton oma vaadete põhjendused avaldada trükkis. Sellest saigi alguse Newtoni suurteos *Principia*, mille väljaandmine toimus Halley isiklikul hoolitsusel ja toetusel.

See teos valas uut valgust maailma ehitisele, mis senini oli peitunud pimeduses. Meie Päikesesüsteem ei koosne mitte ainult kahest kehast, Maast ja Päikesest, vaid paljudest kehast, mis oma külgetõmbega vastastikku mõjustavad üksteist. Seepärast ei liigu planeedid ja komeedid täpsalt ellipseid mööda, vaid tekivad väikesed erivused ehk kõrvalekalded. Viimaste suurust aga on võimalik täpsalt arvutada.

Aastal 1682 ilmus hele komeet ehk sabatäht taevavõlvile. Newtoni sõber Halley arvutas hiljem selle komeedi tagasituleku momendi toetudes gravitatsiooniseadusele. Halley ennustus läks hiilgavalt täide, kui komeet, mis sest ajast kannab tema nime, 75 aasta pärast jälle jõudis tagasi Päikese lähedale ja sai nähtavaks Maa elanikele. Halley oli juba ammu surnud, ta haud rohtunud ja unustatud, kui korraga ühel õhtul oli taevavõlvil tähele pandud mingit salapärast udust valguskuma: Halley komeet oli saabunud.

Nõnda algas taevamehaanika oma võidukäiku, mida kroonis tundmatute planeetide Neptuni ja Plutoni avastamine teoreetiliste arvutamiste varal.

Gravitatsiooniseadus andis võimaluse seletada



Joon. 6. Üks tüüpilisi kerakujulisi täheparvi (Herkulese tähtkujus). — Iga täht selles parves on päike. Me näeme, kuidas gravitatsioon valitseb tähtede liikumist, andes nende kogumikule korrapärase sümmeetrilise kuju.

mitte ainult meie Päikesesüsteemi, vaid ka laialdase tähtedemaailma ehitust. Osutus, et ka teistes päikesesüsteemides ja n. n. kaksiktähtede liikumist valitseb gravitatsiooniseadus. Samuti võlgnevad suured päikeste ühiskonnad nagu täheparved, nende hulgas ka Linnutee, sellele oma korrapärasuse. Gravitatsioon hoiab koos neid hunnituid (suurepäraseid) tähtede süs-

teeme ja põhjustab üksikute päikeste liikumisi nende piirkonnas.

Nõnda valitseb kõikjal maailmaruumis gravitatsioon, millele alistuvad kehad eranditult. See seadus võimaldab suure edu teadusele, mille ülesandeks on uurida taevakehade liikumist ja mille vaimukale eeskujule püüavad järgneda ka teised teadused.

Viimaks kerkib küsimus, mille kallal palju on nähtud vaeva sellest ajast saadik, kui avastati gravitatsiooniseadus: milline on gravitatsiooni olemus ja algpõhjus ning kas Newtoni poolt antud selle seaduse matemaatiline avaldis on absoluutselt täppis?

Huvitav oleks selles küsimuses teada Newtoni enese arvamust; kuid kahjuks on tema väljendid sel alal väga tagasihoidlikud ja ebaselged, mis andis põhjust mitmesuguste lahk-arvamuste tekkimiseks. Avalikult näis Newton sesse küsimusse suhtuvat kui matemaatik või loodusteadlane, kes uurib ainult nähtust, kuna ta selle olemuse kohta ei tee mingeid oletusi.

Kuid on tõenäone, et Newtonit küsimuse filosoofiline külg siiski huvitas. Mõned tema kaas-aegseid omistasid talle vaate, nagu oleks gravitatsioon viimne põhjus, mille otseseks autoriks on Looja. Mr. Bentley loengud püüdsid suurele hulgale teha selgeks, et Newton tõestas maailma isikulise, vaimse Hooldaja ja Valitseja olemas-olu. Selline asjaolu õhutanud inglise patrio-

tismi ja avalikku arvamust Newtoni vaadete ka-  
suks, et halvata Descartes'i filosoofia mõju Ing-  
lismaal. Räägitakse, et koguni leedid võtnud  
Newtoni filosoofia oma nii armulise kui ka  
võimsa kaitse alla!

Mis puutub gravitatsiooni teguviisisse, siis  
omistati Newtonile mõnikord vaade, nagu mõ-  
juks gravitatsioon ilma ühegi vahemediumita  
(kaugmõju — *actio in distans*) ja nii-öelda silma-  
pilkselt tühjast ruumist üle hüpates. Näib siiski,  
et Newton gravitatsiooni pidas mingisuguseks  
nähtuseks, mis taandub millekski muuks, lihtsa-  
maks, millesse süvenemine pole veel saanud või-  
malikuks.

Hiljem on gravitatsiooni põhjust püütud  
seletada mitmel viisil. Ühe algupärasemaid vaa-  
teid andis uudne relatiivsuseõpetus. \*) Selle  
järgi gravitatsioon sarnaneb inertsiga, kui hari-  
liku kolmemõõtmelise ruumi asemel käsitleda  
„neljamõõtmelist“ aeg-ruumi paljusust.

Kui relatiivsuseõpetus ei osutu ainult mate-  
maatilise fantaasia mänguks, vaid kui sellega on  
seotud looduse, maailma konkreetne sisustus,  
siis oleks meil tõepoolest tegemist suure loodus-  
filosoofilise murrangu, kuid ühtlasi kokkuvõt-  
tega, mille tähtsus on niisama suur kui Newtoni  
poolt maailmasüsteemi avastamine.

---

\*) Vt. J. N u u t: *Millest kõneleb Einsteini relatiivsuse-  
õpetus.* Tartu, 1930.

Relatiivsuseõpetuse järgi on Newtoni seadus õige teatava lahendusena või erijuhuna. Et sele-  
tada mõningaid väga väikesi erivusi taevakehade  
liikumises, tuleks rakendada gravitatsioonisea-  
duse üldisemat avaldust, kui seda on Newtoni  
valem.

Kuid sellest ei järgne, nagu kaotaks Newtoni  
gravitatsiooniseadus oma tähtsuse. Vastupidi,  
Newtoni seadus etendab taevakehade liikumises  
ja maailma ehituses niisama suurt osa kui tava-  
line Euklidese geomeetria igapäevases elus,  
moodsas tehnikas ja kõigis matemaatikateaduse  
rakenduses, sellest hoolimata et on esitatud teisi  
geomeetrilisi süsteeme.

On raske leida teaduse ajaloos teist monu-  
menti, mis oleks nii kokkuvõtlik, võimas ja mõ-  
juv kui Newtoni teos; seda vaadeldes me õpime  
austama midagi kõige õilsamat, mida sisaldab  
inimsus.

## Newtoni teeneid matemaatikas.

Newton ei ilmutanud lapsepõlves n. n. „ime-lapse“ omadusi, vaid võlgnes oma loovate mõtete avaldumise noormehe-eale. Tema vaimne arenemine nõudis pikemat aega ja ta anded olid peidetud, kuni need viimaks kahekümneaastasest noormehes löid äkitselt õitsele.

Newtoni esialgne ja ka pärastine suur huvi oli suunatud oskuslikule alale ja looduse uurimisele. Huvi matemaatika vastu ärkas temas tarvidusest sügavalt tunnetada looduse seadusepärasust. Näib kummaline, kuid ometi on see teostunud, et 22-aastane noormees peaaegu täiesti iseseisvalt leiutab uue võimsa matemaatilise tööriista, matemaatilise analüüsi, mida meie nimetame infinitesimaalseks arvutuseks (ka differentsiaal- ja integraalarvutuseks). See leiutis tähendab uut ajajärku mitte ainult matemaatika ja looduse uurimise alal, vaid on ka silmapaistvaks soodustajaks nende teaduste tehnilistes rakendustes. Nõnda osutus, nagu see mitte harva teaduse ajaloos ette tuleb, et abstraktsed juurdlemised annavad tähtsaid konkreetseid ja elulisi tulemusi.

Et mõista teisi Newtoni poolt tehtud rohkeid leiutisi matemaatika alal (olgu see kuulsa binoomi valemi üldistus, kõverjoontest piiratud pinna kvadratuur, lõpmatud read, võrrandite ligikaudse lahendamise viis, interpolatsiooni-valem vm.), tuleb ikka lähtuda infinitesimaalse arvutuse seisukohast kui alusest; need muud leiutised olid enamasti mööda minnes nopitud õied tema süstemaatlikul teotsemisel „lõpmata vähenevate“ suurustega.

Kui võrrelda matemaatikateaduse seisukorda enne ja pärast Newtonit, siis on vahe väga suur ja silmapaistev. Enne Newtonit matemaatika-teadus koosnes üksikuist osadest, mis olid eraldatult üksteise kõrval ilma omavahelise sisemise seoseta. Pärast Newtonit aga on pilt põhjalikult muutunud: laialipaisatud teadmisi kannab idee, mis ühendab neid üheks orgaaniliseks tervikuks.

Newtoni matemaatilised teadmised ajal, kui ta sai Cambridge'i ülikooli kasvandikuks, olid üsna piiratud. Newton ise ei aimanud veel eneses peituvaid võimeid. Ka veel mõni aeg hiljem on võimalik tähele panna Newtoni matemaatilise ettevalmistuse puudulikkust. Seda ei tunne keegi nii teravalt kui Newton ise. Huvi matemaatika vastu ärkas temas eriti ühe astroloogilise teose uurimisel. Teadmisejanus haarab ta parimate alglatete järgi ja tühjendab need. Nii uurib ta läbi lühikese ajaga Euklidese geomeet-

ria *Elemendid*, leides, et tõesed selles on silmanähtavad ja justkui iseenesestmõistetavad. Ka töötab ta läbi Kepleri töö optika alal ja Wallis'e *Aritmeetika*. Viimane teos, mida iseloomustab induktiivne meetod, tõsiasiast järeldusele läh-tuv käsitlus, mõjustab nähtavasti sügavalt New-toni arengut. Edasi tutvub ta Descartes'i poolt leiutatud geomeetria uue viisiga — analüütilise geomeetria koordinaatide meetodiga.

Harva on esinenud selline juhus, et õpilase töö seevõrra lühikese ajaga on andnud nii suuri tähtsaid tulemusi kui Newtoni puhul. Läbi uuri-nud klassilised ja muud saadaval olevad väär-tuslikud allikad ja nõnda jõudnud oma aja tea-duse tippudele, Newton asub kohe ehitama tea-duse hoonet edasi. Ta leiab eneses tulvil uusi mõtteid, mida vaevalt suudab esialgu kinnista-dagi ja mille väljaarendamiseks ning viimistle-miseks jätkub tööd aastakümneiks.

Oma kiire teadmiste kasvu ja loomisvõime arenemise eest Newton võlgneb muidugi tänu kõigepealt oma loomulikule andele, kuid ei tule siiski jätta mainimata mõjusid, mida ta sai oma parimailt eelkäijailt: tema õpetaja ning sõber, matemaatika professor Barrow, andis talle mõ-ningaidki vihjeid ja ergutusi infinitesimaal-arvutuse alal töötamiseks.

Newton ise nimetas infinitesimaalset arvu-tust fluktsioonide õpetuseks ehk teoo-riaks. Selle loomise põhjuseks oli tarvidus

käsitleda matemaatiliselt looduses toimuvaid nähtusi. Igas nähtuses muutuvad mingisugused suurused, olgu see kiirus, temperatuur, elektrivoolu tugevus, valguse heledus jm. Fluktsioon tähendab voolamist, liikumist. Fluktsiooni mõistet saab rakendada selliste suuruste jaoks, mis muutuvad, kusjuures muutumine toimub pidevalt.

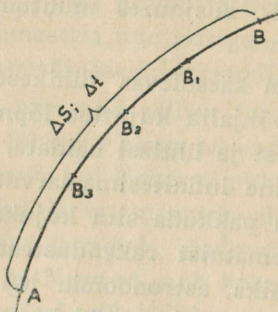
Võimatu on käesolevas lühikeses ülevaates anda vähegi põhjalik kujutlus lõpmata vähenevaist suurustest ja ühtlasi näidata, kuidas neid käsitleb moodne infinitesimaalarvutus. Samuti oleks võimatu pakkuda siin kujukat pilti selle arvutuse lugematuist rakendustest loodusteadustele (füüsika, astronoomia jt.) ja moodsa tehnika aladele. Meie püüdeks on sisendada lugejale ainult sissejuhatavat üldarusaamist ideede vallast, kuna asjasse süveneda soovijaid tuleks juhtida vastavate allikate juurde.<sup>13)</sup>

Võtame näitena punkti liikumise mõnda joont mööda, kusjuures punkti liikumise kiirus on muutuv.

Säärane juhtum esineb näit. kehade langemise puhul püstjoont mööda või kaldtasapinnal.

Punkti liikumisel (7. joon.) punktist kujutatud joone pikkus (AB), mis loetakse mõnest lähtekohast (punkt A), muutub ühes ajaga. Mida lühemana mõtleme ajavahemikku ( $\Delta t$ ), mille jooksul jälgime punkti liikumist, seda vähem on selles ajavahemikus punkti poolt läbi-

käidud tee pikkus ( $\Delta s$ ; näit.  $AB, AB_1, AB_2$  jne.). Kui kujutleme, et meie ajavahemik lõpmata muutub vähemaks, siis ka vastav tee pikkus ( $AB, AB_1, AB_2$  jne.) järjest väheneb ehk, nagu öeldakse, lõpmata väheneb.



Joon. 7. Tee pikkuse olenevus ajast.

Siin on tegemist n. n. lõpmata vähenevate suurustega: lõpmata vähenevale ajavahemikule ( $\Delta t$ ) vastab lõpmata vähenev punkti poolt läbikäidud tee pikkus ( $\Delta s$ ). Jagades selle vastava ajavahemikuga, saame jagatise ehk suhte, mis määrab keskmise kiiruse ( $\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ ) nimetatud ajavahemikus. Keskmise kiiruse teadmine annab ainult ligikaudse pildi liikumisest; kuid meid see siiski ei rahulda, kui soovime üksikasjalikult uurida liikumisprotsessi. Niisugusel juhul tuleb meil vaadelda, kuidas muutub keskmine kiirus lõpmata vähenevate aja-

vahemike vältel. Kujutleme, et vaatluseks võetud ajavahemik  $\Delta t$  lõpmata väheneb, püüdes saada nulliks; siis ka punkti poolt läbikäidud tee pikkused  $AB$ ,  $AB_1$ ,  $AB_2$ , mida me tähistame  $\Delta s$  abil, samuti lõpmata vähenevad, püüdes saada nulliks. Seejuures aga keskmine kiirus  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  järjest muutub ja püüab saada üldiselt teatavaks kindlaks väärtuseks, näit. 3 m/sek., mida kutsutakse muutuva suuruse (antud juhul suhte  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ ) piiriks. Nõnda saame liikuva keha kiiruse sel momendil, kui ta läbib punkti A.

Eeltoodud näite abil võime tutvuda ka infinitesimaalarvutuses tarvitusel olevate oskusõnadega. Suurused, millega meil siin on tegemist, on muutuvad suurused, kusjuures nende muutumine toimub pidevalt. Peale selle paneme tähele, et suurused sõltuvad ehk olenevad teineteisest, näiteks ajavahemiku vältelst oleneb selles ajavahemikus läbikäidud tee pikkus ja ümberpöördult. Kui valime ühe muutuja, näit. ajavahemiku, ja nimetame selle rippumatuks muutujaks (argumentiks), siis teine muutuja, vastav teepikkus, on rippuv ehk olenev muutuja (funktsioon). Igale rippumatu muutuja väärtusele vastab teatav funktsiooni väärtus. Nõnda meie näites käidud tee pikkus on vastava ajavälte funktsioon.

Lõpmata vähenevad suurused  $\Delta t$  ja  $\Delta s$  on muutuvate suuruste, aja ( $t$ ) ja käidud tee pik-

kuse (s) juurdekasvud. Nende jagatise ehk suhte  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  piiri kutsutakse tehniliselt funktsiooni s tuletiseks argumendi t järgi ja tähistatakse moodsas arvutuses nõnda: s, või s', või  $\frac{ds}{dt}$ . Nagu me varem nägime, tähendab tuletis meie näites liikuva keha kiirust mõnes tema tee punktis või mõnel momendil.

Edasi võiksime vaadelda kiirust kui uut muutuvat suurust ja leida ka selle, s. o. kiiruse tuletise; see viimane kujutab väga tähtsat mõistet, liikuva punkti kiirendust mõnes tee punktis või mõnel momendil. Nõndaviisi kiirendus on tuletise tuletis ehk teine tuletis tee pikuse suhtes, võetud aja järgi.

Tuletise ja muutuva suuruse lõpmata vähenevate juurdekasvude (differentiaalide) mõiste on põhilise tähtsusega differentiaal-arvutuses. Kui on antud mõnede muutuvate suuruste olenevuse seadus matemaatilise valemi kujul (funktsioon ehk funktsionaalne seos), siis differentiaal-arvutus õpetab leidma selliste funktsioonide tuletisi, ehk nagu tehniliselt öeldakse — „differentesima funktsiooni“.

Vastupidi, kui meil on mõni muutuv suurus või olenevus, siis võime seda vaadelda kui mõne teise, tundmatu muutuja või olenevuse tuletist. Küsimus on siis, kuidas antud tuletisest leida esialgne funktsioon. Selle küsimuse lahendab integraal-arvutus. Seosed

differentiaalide vahel lasevad ennast looduses kergemini tabada kui seosed esialgsete funktsioonide vahel. Siit integraalarvutuse tarvidus. Nõnda näiteks kui liikuva keha tee pikkuse tuletis on kiirus, siis vastupidi, kiiruse integraal on tee pikkus. Näiteid, millest selguks siin esitatud mõistete viljakus, saaks rohkesti tuua eriti matemaatilise analüüsi rakendusalaadelt — tehnika ja täpsate loodusteaduste vallast.

Praegusel ajal ei tarvitata harilikult matemaatilises analüüsis fluktsiooni nimetust, nagu seda tegid Newton ja ta lähemad järglased, vaid kõneldakse tuletistest ja differentiaalidest. Samuti ei tarvitata ka vastavaid tähistusi, nagu neid andis Newton, vaid võeti tarvitusele nimetused ja tähistused, mis olid esitatud Leibniz'i poolt. Seepärast tekib küsimus, missugune on Newton'i poolt esitatud fluktsiooni mõiste sisu.

Peab tähendama, et selles küsimuses pole valitsenud alati ühtlane arusaamine. Nõnda üks Newtoni õpetuse paremaid levitajaid, Hayes, kirjutab oma töös: „Suurust võib jagada lõpmata... lõpmatu väikest suuruse juurdekasvu või kahanevust kutsutakse selle suuruse fluktsiooniks... lõpmatu väikesed osad on jälle lõpmata jagatavad; neid mõne suuruse lõpmatu väikesi osi kutsutakse *infinitesimae infinitesimarum* ehk fluktsioonide fluktsioonideks.“

Nagu siit küllalt selgesti paistab, tähendab fluksioon lõpmata vähenevat suurust; seega oleks tal peaaegu sama tähendus mis differentiaalil. Seda vaatepunkti näis esiotsa pooldavat ka Newton ise. Kuid aastal 1704 ilmus Newtoni töö kõverjoonte kvadratuurist, milles fluksiooni nimetusele on antud ilmselt teissugune sisu, nimelt esineb see siin pideva muutuva suuruse muutumise kiiruse ehk tuletisena. Töö sissejuhatuses Newton kirjutab: „Ma ei vaatle matemaatilisi suurusi koosnevaina võimalikest väikseimaist osist, vaid kujutatuna pideva liikumise abil.“

Infinitesimaalse arvutuse sündimine viib meid tagasi aastasse 1665, kui Newton oli alles kahekümnekaheaastane. Temale omase tagasihoidlikkusega ei rutanud Newton sellega, et oma leiutist teatada avalikkusele. Ta sõbrad teadsid siiski sellest ja olid uue meetodiga koguni tuttavad. Kuid samad mõtted ilmusid ka, võib-olla küll hiljem, kuid nähtavasti siiski ripumata Newtonist kuulsa filosoofi Leibniz'i pähe, keda ühes Newtoniga loetaksegi uue matemaatilise viisi leiutajaks. Analoogseid juhtumeid on veel mõnigi kord ette tulnud matemaatika ajaloos.

Leibniz publitseeris oma leiutise aastal 1684, kui Newton selle probleemi alal polnud veel midagi avaldanud. Leibnizi töö sai tuttavaks ka Inglismaal ning tekitas arusaamatusi. Ühed

arvasid, et Leibniz on oma mõtted laenanud Newtonilt ja need oma nime all avaldanud. Teised pidasid Newtonit Leibnizi poolt avalikku-  
sele esitatud ideede plagiaatoriks. Tekkis piin-  
lik seisukord nii Leibnizile kui Newtonile, mis  
arenes koguni niikaugemale, et Leibniz oli sunni-  
tud paluma Kuninglikku Seltsi määrata uuri-  
miskomisjon asja selgitamiseks.

Newton polnud Leibnizi ideedega tuttav  
enne nende avaldamist. Sama võib nähtavasti  
pidada õigeks ka Leibnizi kohta, olgugi et ta oli  
olnud kirjavahetuses Kuningliku Seltsi sekre-  
täriga, kes pidas kirjavahetust ka Newtoniga.  
See asjaolu ärataski mõnedes Leibnizi suhtes  
kahtluse; kuid nagu selgus, polnud kirjavahe-  
tuses kõnet olnud fluktsioonidest, küll aga n. n.  
binoomi valemist.

Binoomi valemi nagu paljude oma üksik-  
leidude juurde Newton jõudis samuti infinitesi-  
maalsest arvutusest lähtudes. Kahe arvu summa  
(binoomi) ruut kirjutatakse järgmise valemi  
näol:

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2.$$

Edasi:

$$(a + b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 \text{ jne.}$$

Newton näitas induktiivsel teel, s. o. lähtu-  
des üksikjuhtudest ja püüdes üldseadusele, et  
on maksev ka analoogne valem üldkujul

$$(a + b)^n = a^n + \frac{n}{1} a^{n-1} b + \frac{n(n-1)}{1 \cdot 2} a^{n-2} b^2 + \dots + b^n,$$

kus  $n$  on mõni täisarv. Kui  $n$  on aga murdarv, siis saadakse lõpmatud read, mis etendavad tähtsat osa matemaatilises analüüsis.

Newtoni matemaatilisi võimeid hinnates tähendas Leibniz erapooletu õiglusega, et kui võtta kõik matemaatikud maailma algusest kuni Newtonini, siis Newton on teinud enam kui kõik teised kokku.

Newtoni suurt vaimujõudu ja edurikkaid tulemusi imetledes oleks siiski raske võrrelda omavahel kaht geeniust, kui neid eraldab küllalt pikk aeg ja erinevad ümbruskonna tingimused. Näiteks võiksime küsida: kui Newton oleks elanud Sürakuusa kreeklasena Sitsiilia saarel mõni sajand enne meie ajaarvamist, kas ta oleks siis suurem olnud kui Archimedes? Või kui viimane oleks elanud Inglismaal 17. sajandil, kas ta oleks siis olnud vähem kui Newton? Sääraseid küsimusi võiksime veelgi seada. Aga kes suudaks anda neile usaldusväärse vastuse?

## Newtoni töid optikast.

Optika ehk õpetus valgusest on ala, kus Newton kõige esiti oma vaimujõuga katsetas ja kus ta ka oma esimese kuulsuse omandas.

Huvi valgusenähtuste uurimise vastu tärkas Newtonil õige varakult. Juba 22-aastase üliõpilasena vaatleb ja mõõdab Newton värvilisi rõngaid Kuu ümber. Veidi hiljem ostab ta endale koguni kalli klaasprisma, et „uurida huvitavaid valguse värvide nähtusi“. Kümme aastat järjest töötab nüüd Newton suure hooga valgusenähtuste uurimise kallal ja avastab ning seletab sel alal rea uusi nähtusi, mis said põhjapanevaks optika arenemisele edaspidi.

Oma uurimuste tulemused avaldas Newton Londoni Kuningliku Seltsi ajakirjas *Philosophical Transactions*, kus 1672.—76. aastani ilmus temalt 16 mitmesugust tööd optika alalt. Kokkuvõttena neist töist ühes mõningate täiendustega hilisemast ajast avaldas Newton a. 1704 trükist oma kuulsa teose *Opticks: or, a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light* (Optika ehk uurimus valguse

peegeldumise, murdumise, paindumise ja värvide kohta).

Sellest tööst ilmus 1706. a. ladinakeelne tõlge Samuel Clarke'i poolt, mille eest Newton maksis talle vaeva- ja autasu £ 500. Ladinakeelne tõlge oli tarvilik, et teha Newtoni uurimusi kättesaadavaks kõigile tolle aja teadusemeestele, sest üldiseks nii-öelda rahvusvaheliseks teadlaste keeleks tol ajal oli ladina keel. Me teame ka, et Newtoni tähtsaim töö *Principia* on kirjutatud ladina keeles. Et aga *Opticks* oli peamiselt varem Londoni Kuningliku Seltsi ajakirjas ilmunud ingliskeelsete artiklite kokkuvõte, siis on ka arusaadav selle ilmumine inglise keeles.

Newtoni *Opticks* äratas tolle aja teadusemaailmas suurt tähelepanu. Veel Newtoni eluajal ilmus teosest kaks uut trükki (1717 ja 1721). Neljas Newtoni enda poolt redigeeritud trükk ilmus alles pärast Newtoni surma (1730).

Vaatleme allpool lähemalt mõnd tähtsat Newtoni uurimuste tulemust valguseõpetuse alalt. Siia kuuluvad eeskätt peegelteleskoobi ehitamine, valguse lahutamine värvideks ja õpetus valguse loomust. Ühes sellega puudutame ka vastava küsimuse arenemist tolle ajani.

Reflektor- ehk peegelteleskoobi ehitamine.

Kuulsaks ja laiematele ringkondadele tuttavaks sai Newton peegelteleskoobi ehk -pikk-

silma ehitamise kaudu. Tuleb silmas pidada, et optika oli ala, mis 17. sajandil paelus nii teadusemeeste kui ka laiemate hulkade tähelepanu. Selle põhjuseks tuleb lugeda teleskoobi ja mikroskoobi leiutamist 17. sajandi alul.

Kes just esimese pikksilma ehitas, pole suudetud senini täiesti kindlaks teha. Igatahes on teada, et a. 1608 Hollandis klaasilihvijad ja prillitegijad pikksilmi mõistsid valmistada. Esimesed pikksilmad olid n. n. läätsipikksilmad ehk refraktorid, s. o. niisugused, kus asjade kujutiste saamine toimus läätsede abil.

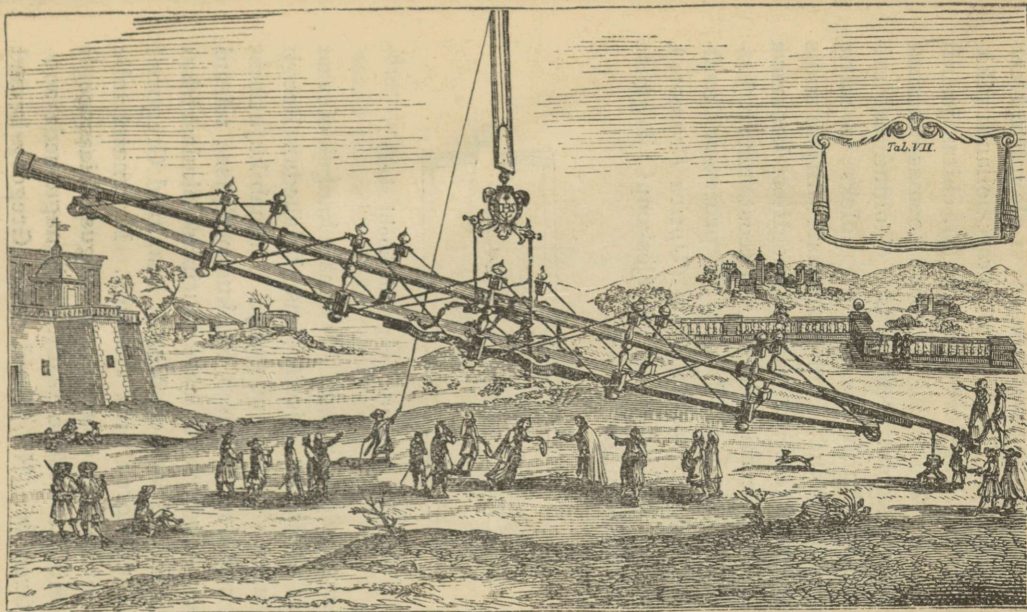
Varsti pärast pikksilmade leiutamist hakati neid kasutama ka taevanähtuste vaatlemiseks. Mida tugevam oli saadud suurendus, seda rohkem võidi panna tähele taeva laotuses üksikasju, peenusi. Juhitud sellest praktilisest tarbest, sai järjest suuremate pikksilmade ehitamine uut hoogu. Nõnda näeme, et 17. sajandi teisel poolel kuulsad astronoomid Huygens, Cassini, Hevelius ja teised ehitasid ning kasutasid oma vaatlustel pikksilmi, mille pikkus oli 30—40 m ja veel enamgi.

Pealiskaudsel käsitusel paistab, nagu võiks riistade suurendamisega saavutada järjest paremaid vaatlustulemusi. Tegelik kogemus näitas aga vastupidist. Suuremate riistade ja suurenduste abil saadud kujutised läksid segaseks, kujutiste ääred värvilisteks. Mis oli siis selle nähtuse põhjuseks? Asi selgub kohe, kui tule-

tame meelde, mis on teleskoop. Kumer lääts, n. n. objektiiv, annab kaugel olevast asjast fookuse läheduses kujutise. Seda kujutist vaatleme teise läätse, n. n. okulaari kui luubi abil. Vaadeldav kujutis oleks selge ja terav, kui kumerlääts annaks asjast sääraseid kujutisi. Aga viga seisabki selles, et kumerlääts abil saadud kujutised pole just selged ega teravad. Ainult tasapeegli abil saadud kujutised rahuldavad enam-vähem neid nõudeid.

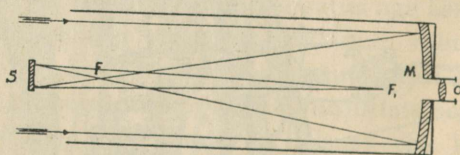
Esialgu arvati, et viga seisab ebaõigelt valitud läätse kujus. Selle vältimiseks andis Descartes läätsedele isesuguse kerapinnast erineva kuju. Nende lihvimine osutus aga äärmiselt raskeks. Kuigi oleks korda läinud valmistada läätsi Descartes'i poolt soovitatud kujul, poleks see siiski suutnud kõrvaldada kujutiste segasuse peapõhjust, s. o. nende värvilisust ehk kromatismi, mis on tingitud valgusekiire lagunemisest värvideks. Kulus üle saja aasta, enne kui see puudus, n. n. kromaatileine aberratsioon, suudeti kõrvaldada. Newton arvas koguni, arvesse võttes oma katsete tulemusi värvide lahutamisel, et läätsede abil saadud kujutiste värvilisust ehk kromatismi pole üldse võimalik kõrvaldada, mis aga õnneks osutus ekslikuks. Et peegeldumisel värvid üksteisest eraldu, siis arvas Newton, et ainult peegli abil on võimalik valmistada head ja suurt teleskoopi.

Idee, kasutada pikksilmas kujutise saamiseks



Joon. 8. Suur pikksilm (refraktor) 18. sajandi alult.

lääitse asemel nõgusat peeglit, ei ole mitte Newtonil tekkinud. Mõni aasta pärast hollandi pikksilmade tarvituselevõtmist (1608), ehitas jesuiit Niccolo Zucchi a. 1616 Roomas esimese peegelteleskoobi. Nähtavasti ei olnud see esimene riist kuigi hea, muidu poleks ta mitte unustusse jäänud. Umbes 20 aastat hiljem andis prantslane Mersenne samuti peeglitest koosneva pikksilma skeemi, mis aga jäi teostamata. James Gregory, Edinburghi professor, avaldas a. 1663 töö optika kohta (*Optica Promota*), milles ta kirjeldab peegelteleskoopi järgmise konstruktsiooniga:

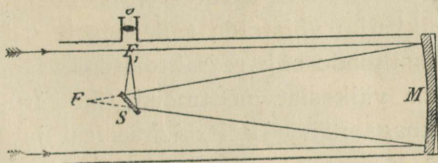


Joon. 9. Gregory' peegelteleskoobi skeem.

Suur nõgus peegel M annab kaugel olevast asjast tõelise kujutise fookuses  $F$  lähedal. Peegli sees asuv väike nõgus peegel S annab kujutisest uue kujutise fookuses  $F_1$ , kus peeglistse tehtud avause kaudu vaadeldakse kujutist okulaari kui luubi abil. Plaan oli õige ja hea, kuid Gregory'l ei läinud korda seda teostada. Parematel tolle aja optikuil ei õnnestunud nõgusa klaaspeegli lihvimine 6-jalalise raadiusega, nagu seda soovis Gregory. Nii läksid nurja Gregory katsed

(a. 1664 või 1665) ehitada peegelteleskoopi. Alles 10 a. hiljem, s. o. a. 1674, läks Robert Hooke'il korda Gregory plaani järgi valmistada peegelteleskoop.

Vahepeal aga asus ka Newton teleskoobi probleemi lahendamisele. Descartes'i ja Gregory teooria järgi pidi olema võimalik lihvida sääraseid läätsi, mis koondavad kõik rööpsed kiired ühte punkti. Tegelikult ise läätsi lihvides ja katseid tehes jõudis Newton varsti veen-



Joon. 10. Newtoni peegelteleskoobi skeem.

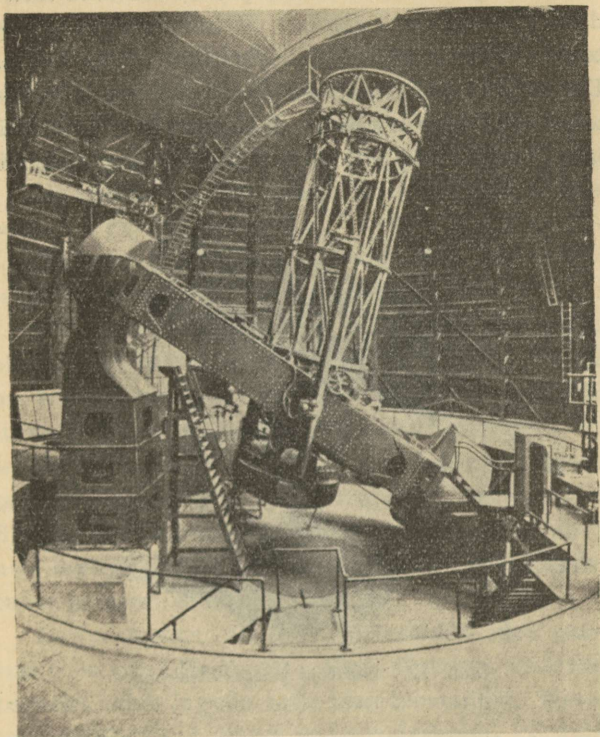
dumusele, et see on võimatu. Kaotanud lootuse saada läätsede abil teleskoobis värvita ehk akromaatseid kujutisi, pööris Newton oma tähelepanu peegelteleskoopidele. Newtonile ei meeldinud Gregory' peegelteleskoobi ehitusviis. Suure peegli sisse augu tegemine kujutise vaatlemiseks raskendab suurte peeglite valmistamist. Et sellest puudusest mööda pääseda, otsustas Newton ehitada peegelteleskoobi järgmise plaani järgi.

Nõgusa peegli *M* abil saadud tõeline kujutis juhitakse tasapeegli *S* abil toru küljel oleva

avause O ette, kus teda võib vaadelda okulaari kui luubi läbi. Sel ehitusviisil on Gregory omaga võrreldes suur paremus ses mõttes, et pole tarvis teha peegli sisse auku, mis raskendab peegli lihvimist. Newton valmistas säärase teleskoobi ja teatas sellest (23. veebr. 1669) oma sõbrale mr. Ent'ile. Newtoni esimene teleskoop oli vaid 6 tolli (umbes 15 cm) pikk ja 1 toll läbimõõdus, kuid suurendas siiski 30—40 korda. Peegel oli valmistatud metallist, vase ja tina sulamist. Newtoni arvates võis ta 6-tolliline peegelpikksilm võistelda tollaegsete 6-jalaliste läätsipikksilmade ehk refraktoritega. Hoolimata pikksilma väikesest mõõtmeist, õnnestus Newtonil temaga näha Jupiteri kaaslasi ja Venuse faase.

Newton ennustas peegelteleskoobile suurt tulevikku. Tõesti, peegelteleskoobil on teaduse arenemises suured teened, kuigi Newtoni arvamus läätsteleskoobi parandamise võimalustest, kromatismi kaotamise mõttes, osutus ekslikuks. Praeguse aja observatooriumide hiiglasteleskoobid on reflektorid. Suuremad neist on: Mount Wilsoni observatooriumis Kalifornias, kus peegli läbimõõt on 258 cm; Victorias, Kaanadas — 184 cm; Parsonstownis, Iirimaa — 183 cm; Pariisis — 120 cm.

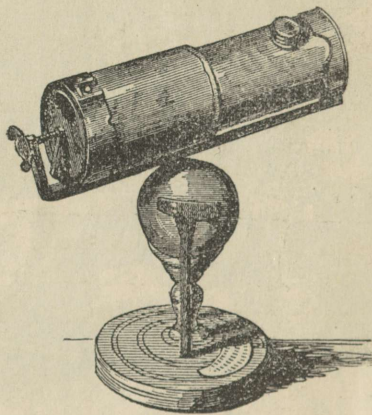
Saavutatud edu kihutas Newtoni uuele tööle. Ta valmistas isiklikult veel teise teleskoobi, mis oli parem esimesest. Tehtud teleskoobid ärata-



Joon. 11. Moodne hiigelteleskoop (reflektor) Mount Wilsoni observatooriumis Kalifornias.

sid Cambridge'is suurt huvi. Ka üks Newtoni kolleegidest tegi Newtoni näpunäidete järgi samasuguse riista, mis osutus Newtoni omast koguni paremaks.

Teated Newtoni teleskoopidest ulatusid Londoni Kuningliku Seltsini. Viimane palus Newtonit saata temale see uus leiutis tutvumiseks. Detsembris 1671 saatis Newton oma peegelteleskoobi Kuninglikule Seltsile. Siin imestati ja prooviti teda kui suurt uudist ning näidati



Joon. 12. Newtoni peegelteleskoop.

koguni kuningale. Siis määrati Kuningliku Seltsi poolt komisjon (R. Maray, P. Neale, Chr. Wren, R. Hooke) uue leiutise hindamiseks. Komisjon oli riistast väga heas arvamises. Et kindlustada Newtonile leiutaja au ja õigusi, soovitati tal riista täppis kirjeldis saata Pariisi, kuulsale Huygens'ile. Kuningliku Seltsi sekretär Oldenburg isiklikult koostas riista ladina-

keelse kirjeldise, mis pärast Newtoni poolt tehtud parandust Pariisi saadeti.

Joonis 12 kujutab kõnesolevat riista, mida praegu kui kallist mälestuseset alal hoitakse Londonis, Kuningliku Seltsi raamatukogus. Riist kannab pealkirja:

*„Invented by Sir Isaac Newton and made with his own hands, 1671.“*

(Leiutatud sir Isaac Newtoni poolt ja valmistatud tema enese kätega, 1671.)

Pole teada, et Newton peale nimetatud kahe oleks veel mõne teleskoobi valmistanud. Küll on teateid sellest, et a. 1678 Newton aitas üle lihvida ja parandada suurt (fookusekaugus 14 jalga) klaaspeeglit, mis pidi asendama senitarvitatud metallpeeglit ühes suuremas teleskoobis. See klaas aga osutus ebäühtlaseks ja töö ei andnud tagajärgi. Alles hiljem (1730) õpiti valmistama klaasist kõverpeegleid.

Nagu nägime, oli peegelteleskoobi idee tuntud juba enne Newtonit. Kuid Newtoni suureks teeneks tuleb lugeda selle idee teostamist. Newtoni järeltulijad viisid peegelteleskoobi kõrgele täiusastmele ja kogusid tema abil palju väärtuslikku materjali kosmose uurimiseks.

Valguse lahutamine värvideks on teiseks suureks optika küsimuste rühmaks, millega teotses Newton. Nagu varem mainisime, ostis Newton juba üliõpilasena endale klaas-

prisma, et uurida valguse värvide nähtusi. Kuid vaevalt võib arvata, et Newtonil juba tol ajal oleks olnud täiesti selge värviliste kiirte mitmesugune murdumine ja valge valguse koosseis. Selle tõenduseks on järgmine asjaolu. Newtoni õpetaja ja sõber dr. Barrow, matemaatika ja optika professor Cambridge'is, avaldas trükis oma loengud optikast a. 1669 pealkirjaga *Lectio-nes opticae*. Selle töö eessõnas nimetab dr. Barrow, et Newton on käsikirja läbi vaadanud ja teinud mõned parandised ning andnud väärtuslikke näpunäiteid. Kõigest hoolimata on dr. Barrow' valguseõpetus, eriti selles osas, mis käsitab värvide tekkimist, Newtoni pärastisest optikast täiesti erinev. Kui Newtonil juba siis oma valguseteooria oleks olnud välja kujunenud, ta ei oleks lubanud oma sõbral dr. Barrow'l avaldada nimetatud raamatus selles küsimuses ekslikke vaateid.

Näitena toome dr. Barrow arvamuse keha värvide kohta. Valge on see värv, mis saadab välja rohkesti valgust, mis on igas sihis ühteviisi heledasti näha. Must on see, mis ei saada valgust välja kas üldse või väga vähe. Punane on see värv, mis saadab välja valgust heledamat kui harilikult ning kus valgus vaheldub valgustamata vahebadega. Sinine saadab välja hõrendatud valgust nagu kehad, mis koosnevad valgetest ja mustadest osakestest. Roheline on lähedalt seotud sinisega. Kollane on segu: tub-

listi valget ja vähe punast. Purpur koosneb suurelt osalt sinisest, segatud vähe punasega. Mere sinine värvus tuleb merevees oleva soola valgest ja puhta vee mustast värvusest, kui nad esinevad segatult.

Nagu teame, valiti Newton professoriks juba a. 1669. Järgnevatel aastatel (1669, 1670, 1671) peetud optika loenguil käsitles Newton ka oma leiutisi optika alal. Kuid imelikul kombel ei saadud sellest laiemates ringkondades teada. Alles teleskoobi ehitamine tõi Newtonile esimese kuulsuse ja ühes sellega avas talle tee tolle aja teadusemeeste ringkondadesse. Nimelt tegi dr. S e t h W a r d Londoni Kuninglikule Seltsile ettepaneku Newtoni selle seltsi liikmeks vastu võtta. Valimine toimus jaanuaris. Vastuses valimistele lubab Newton saata seltsile leiutise valguse kohta, mis õieti oligi teleskoobi leiutamise põhjuseks. Newton ise nimetab seda leiutist, mis käsitleb värviliste kiirte erisugust murdumist, üheks kõige imelikumaks, kui mitte tähtsaimaks leiutiseks, mis loodusenähtuste seletuseks üldse on tehtud.

Newton täitis varsti oma lubaduse ja saatis Kuninglikule Seltsile kokkuvõtte oma tööst valguse ja värvide kohta. Töö trükiti Kuningliku Seltsi ajakirjas „*Philosophical Transactions*“; aruandmiseks valiti kolmeliikmeline komisjon: dr. Seth Ward, R. Boyle ja dr. R. Hooke. Kõik komisjoni liikmed peale kadedada Hooke'i olid

Newtoni leiutisest väga vaimustatud. Tekkis elav vaidlus puudutatud küsimuste kohta, millest osa võtsid mitmed tuntud teadlased, nende hulgas ka Huygens ja Hooke. Viimaste vaated valguse loomu kohta läksid põhjalikult lahku Newtoni omadest. Sellest siis eeskätt olidki tingitud arusaamatused. Kõik need vaidlused valmistasid Newtonile sedavõrt meelehärmi, et ta pärast kahetses, miks ta üldse oli avaldanud oma katsete tulemused. Eriti pahandas teda Hooke. Edaspidise kohta andis Newton tõotuse, et ei avalda enam ühtegi tööd optikast enne Hooke'i surma. Ja tõepoolest, Newton täitis selle lubaduse. Tema *Opticks* ilmus 1704. a., s. o. 2 aastat pärast Hooke'i surma.

Vanaaja teadusemehed tundsid valguse koonustumist tuleklaasi abil ja ühes sellega pidid ka tuttavad olema nähtusega, kus valgus klaasist läbi minnes laguneb värvideks. Tõepoolest Seneca (2.—66. a.) oma töös (*Quaestiones naturales*) nimetab, et asjad läbi nurgelise klaasi vaadates paistavad värvilistena. Kuid kaugemale sellest ka ei jõutud. Alles 17. sajandi keskpaiku arstiteaduse prof. Prahast Johannes Marcus Marci de Kronland (1595—1667) käsitles lähemalt valguse lahutamist prismaga. Läbi klaasprisma rööpse valguse kiirtekimpu lastes, sai ta ekraanil värvilise kujutise, mis esialgsest kimbu läbilõigust oli tublisti suurem. Oma töös a. 1648 Marcus Marci väidab selle nähtuse

põhjal, et kõik valgusekiired ei murdu ühteviisi ja sellest siis tekivad värvid. Kõige vähem murduvad kiired paistavad punastena, kõige rohkem murduvad — violetsetena. Edasi tähendab Marci, et teiskordsel murdumisel prisma valguse värv ei muutu. Kuid värvide tekkimise kohta teeb Marci imeliku oletuse: värvid tekiavad mitmesugusest valguse tihenemisest murdumisel.

Teadmata on, kas Newton oli tuttav Marcus Marci katsetega valguse lahutamise kohta või mitte. Igatahes tuleb silmas pidada, et vikerkaare värvide uurimisele pühendati 17. sajandil väga palju tähelepanu. Seda põhjustas suurel määral püüd kõrvaldada sajandi alul leiutatud pikksilma peapuudust — kujutiste värvilisust.

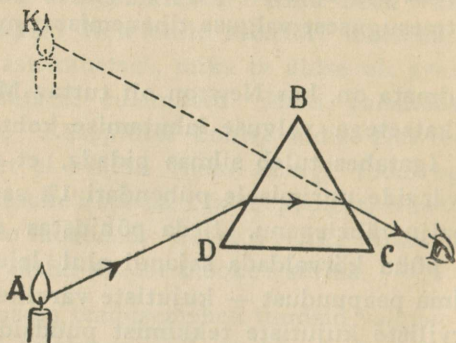
Värviliste kujutiste tekkimist püüdsid selatada niihästi Descartes kui ka Hooke, kuid asjata. Alles Newtonil läks korda terve rea katsete varal värvide tekkimise küsimuses selgusele jõuda. Katsume allpool lühidalt jälgida Newtoni mõttekäiku selles küsimuses.

**Lause 1.** Valgusekiire murdumise võime oleneb kiire värvist.

Üldiselt on tuntud, et valgusekiir klaasprismast läbi minnes kaldub prisma aluse (DC) poole. Seetõttu kõik asjad läbi säärase prisma vaadatuna paistavad kõrgemal kui nad on tõepoolest; nimelt tõstab prisma asjad murdjaseriale (B) lähemale. Mida tugevamini murrab

kiiri prisma, seda kõrgemal paistab kujutis K võrreldes asjaga A (antud juhul küünal).

Vaatame nüüd läbi eespoolkujutatud asendis oleva prisma rööpsete äärtega pabeririba, mille üks pool on värvitud punaseks, teine siniseks. See riba on kleebitud mustale paberile, et värvid

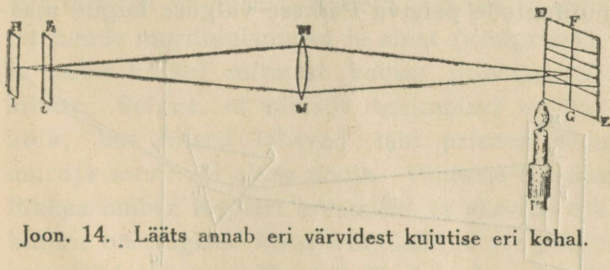


Joon. 13. Läbi prisma vaadates paistavad asjad tõstetuna murdja serva poole.

hästi välja paistaksid. Nüüd ei paista värviline riba enam samas sihis, vaid sinine osa punasest kõrgemal. Sellest järeldame, et sinised kiired pidid prismast läbi minnes murduma tugevamini kui punased. Prisma murdjat serva allapoole pöörates näeme, et nüüd paistab sinine riba punasest madalamal. Samasuguseid katseid ka teiste värvidega tehes, võime kõik värvid seada järjekorda nende murdumise tugevuse suhtes.

Kiirte murdumise tugevuse olenevuse näita-

miseks kiirte värvist teeb Newton veel järgmise huvitava katse. Kahest värvilisest poolest (DG — sinine ja FE — punane) koosnev papitükk mässitakse ümber musta niidiga ja temast saadakse lääts MN abil kujutis (HI) ekraanil. Kui sinise poole kujutis on terav, siis punase poole



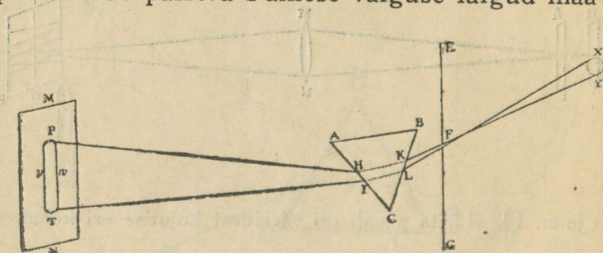
Joon. 14. Lääts annab eri värvidest kujutise eri kohal.

kujutis pole seda mitte. Et viimast teravaks teha, tuleb ekraan pisut edasi nihutada. Samuti ümberpöörduvalt. See katse näitab kujukalt suurt raskust, mis on tingitud valguse värvide erisuguse murdumise tõttu optiliste riistade ehitamisel. Kehade pinnalt tulnud valgus pole miljalgi puhas, ühevärviline, vaid segavalgus; seetõttu pole võimalik selge kujutise saamine, sest iga värv valguse kiired murduvad iseviisi.

**Lause 2.** Päikese valgus on liitvalgus ja koosneb kiirtest, mille murdumisvõime on erisugune.

Seda tõendas Newton järgmise katse abil. Täiesti pimedas toas oli tehtud aknaluugi sisse ümmargune avaus umbes  $\frac{1}{3}$ -tollilise (8 mm)

läbimõõduga. Selle avause kaudu tungis Päikese valgus tупpa ja andis vastasseinal Päikesest valge kujutise. Kujutis oli täiesti ümmargune, kui ekraan oli asetatud risti päikesekiirte sihiga. Avause kuju polegi siin mõõduandev, vaid selle asja kuju, millest kujutis saadakse. Nii on läbi puulehtede paistva Päikese valguse laigud maa-



Joon. 15. Prisma lahutab Päikese valguse värvideks.

pinnal ikka ümmargused. Ekraanil saadud Päikese ketta kujutise suurus vastas täiesti sellele, mis annab arvutus. Nimelt on teada, et Päikese ketas paistab  $\frac{1}{2}^\circ$ -lise nurga all, järelikult pole raske arvutada kujutise läbimõõtu ekraanil, kui on teada nurk XFY.

Asetades avause (F) taha kiirte teele klaasprisma ABC, nagu joonisel kujutatud, tekib imelik nähtus: endine Päikese valge kujutis ekraanil kaob ja selle asemele tekib piklik värviline riba PT, mille küljed kahelt poolt on sirged ja rööpsed ning otsad ümmargused. Prismat oma telje ümber pöördes nihkub värviline

riba üles ja alla. Riba kõige madalama asendi juures on värvid kõige tihedamad ja kiirte käik prisma suhtes ühesugune, sümmeetriline.

Sedaviisi saadud värvilist Päikese kujutist nimetas Newton spektriks ja uuris seda kõigekülgset, et leida nähtusele õiget seletust. Nii tarvitas ta mitmesuguseid prismaid, muutes nende murdumisnurka ja ainet (vesiprisma), ja lastes kiirtel mitmest kohast prismast läbi minna. Selgus, et värvide tekkimisel on ükskõik, kas kiired lähevad läbi prisma enam murdja serva või aluse poolt. Viimane tulemus lükkas ümber Kepleri arvamuse, et värvide tekkimine on tingitud klaasis läbikäidud tee pikkusest. Edasi katsus Newton järele, mis saab siis, kui prismast läbi läinud värvilised kiired uuesti teisest prismast läbi lasta. Selgus, et teiskordsel prismast läbiminekul kiired enam värvi ei muuda. Üksikute spektri värvide liitmisel prisma või läätse abil saadi ekraanil jällegi valgevärviline ketas. Kõigist neist katseist järeldas Newton, et Päikese valgus on liitvalgus ja koosneb mitmesuguse murdumisvõimega värvilistest kiirtest.

Spektri värvid esinevad järjekorras: punane, oranž, kollane, roheline, helesinine, tumesinine, violetne. Neist murduvad kõige tugevamini violetsed, kõige nõrgemini punased kiired. Et spektris just 7 peavärvi nähakse, see on õieti kunstlik ja püsib Newtoni ettepanekul. Tõe-

poolest — oranži eraldamine kollasest ja sinise lahutamine kaheks — hele- ja tumesiniseks — pole mitte just silmatorkav. Seitsme värvi eraldamine spektris oli tarvilik selleks, et saada vastavust heliredeli 7 toonile. Spektri värvid moodustavad Newtoni arvates samasuguse värvide astmestiku kui helid muusikas. Siit ongi pärit kõnekäänd „värvitoonid“. Minki koguni niikaugemale, et keegi füüsik projektis midagi „valguse oreli“ taolist, kus värvide kooskõla abil taheti silma kaudu avaldada samasugust mõju kui toonide mõju kõrva kaudu.

Valge valguse lahutamine spektriks ja seega valguse iseloomu selgitamine on äärmiselt tähtis valguseõpetuse edaspidisel arenemisel. Katsetelisel tõendatud lause — valge valgus on liitvärv — on aluseks tervele reale laiaulatuslikele järeldusile, paratamatuks eeltöök suuremate pikksilmade ja mikroskoopide ehitamisel ning aluseks ligi 200 aastat hiljem avastatud spektraalanalüüsile.

Õieti algaski Newton oma värvide uurimisi selleks, et vältida läätspikksilmade ehitamisel esile tulnud raskusi — kujutiste värvilisust ehk kromatismi. See ei läinud aga Newtonil mitte korda. Oma katsete põhjal jõudis ta koguni veendele, et kromatismi kaotamine on üldse võimatu, sest tema arvates pidi valguse suuna muutumine prismast läbi minnes olema võrdeline värvide hajumise ehk dispersiooniga ning

mitte olenema prisma ainest. See Newtoni väide oli õieti saatuslik läätspikksilmade edaspidisel arenemisel, sest ta pani edasitöötamise sel alal kui lootusetu pikaks ajaks seisma. Õnneks aga osutus Newtoni eeltoodud väide ekslikuks. Inglise Hall'il õnnestus esimesena ehitada ilma värvide hajumiseta ehk akromaatne objektiiv 1729. a., ja natuke hiljem (1747) näitas saksa matemaatik Euler teoreetiliselt, et akromaat- sed läätsed on võimalikud. Suuremal viisil hakkas valmistama akromaatseid läätsi John Dollondi firma Londonis. Ka Tartu ülikooli tähe- torni esimesed riistad (passaažinstrument, üles seatud a. 1807) on pärit Dollondi firmalt. Kõige selle pika arenemiskäigu juures on ikkagi alu- seks ja lähtekohaks Newtoni eeltoodud kaks lauset.

Ent Newtoni värvide uurimised polnud vil- jakad üksnes optiliste riistade (tele- ja mikro- skoopide) ehitamisel. Siit sai aluse ka n. n. spektraalanalüüsi meetod, mis kind- lalt põhjendati R. Kirchhoff'i ja R. Bun- sen'i poolt 19. sajandi keskel. Mitmesuguste valguseallikate spektrit uurides selgus, et nad kõik pole ühesugused. Kui valgus tuleb hõõgu- vast kõvast (elektripirni niit) või vedelast (raud) kehast, siis saame temast spektri, millel on kõik värvid ja üleminek ühest värvitoonist teise toimub pidevalt. See on n. n. pidev spek- ter. Hõõguvad gaasid aga annavad spektris vaid

üksikuid värvilisi jooni, kusjuures igal ainel on need jooned värvilt ja asetuselt erisugused. Seetõttu on võimalik spektri väljanägemise põhjal otsustada, missugusest aimest on tulnud spektrit tekitav valgus. Oma äärmise tundlikkuse tõttu võimaldab spektraalanalüüsi meetod laiaulatuslikku rakendamist, olgu see näiteks kuritegude kindlakstegemisel (mürgitusaine määramine) või kaugete taevakehade ainelise koosseisu uurimisel. Newton ise aimas väga õieti oma värvideõpetuse laia ulatust edaspidistel rakendustel, tähendades: „Kes neid küsimusi tähelepanuga ja hoolega uurib, ei jää ilma rikkaliku viljata oma tööst.“

Newtoni värvideteooria aitas seletada ka kehade värvi küsimuse. Tuleb silmas pidada, et kui räägime „punastest“, „sinistest“ jne. kiirtest, siis ei tule arvata, nagu oleksid valgusekiired iseenesest värvilised. Kõik valgusekiired iseenesest on täiesti nägematud. Selle tõendusks on fakt, et valgusekiired võivad meie silmade eest väga hästi mööda minna, ilma et me neid näeksime. Ainult siis, kui valgusekiireteel olevad kehakesed, näiteks tolmu- ja peegeldavikesed, osa valgust meile silma peegeldavad, „näeme“ seda valgust. Muidu võiksime näha ka öösiti Maast mööda minevat Päikese valgust. Nagu akustikas ei ole väljaspool meie peaaegu kõrget ega madalat tooni, vaid võime rääkida ainult kiiremast ja aeglasemast õhuvõnkumisest,

mis meie kõrva kaudu tekitab hääle mulje, samuti ei ole ka optika seisukohalt meist väljaspool ühtegi värvi, vaid ainult mitmesuguse murdumisvõimega kiired, mis silma tulles meie silmaerku igauks isemoodi ärritab ja seetõttu tekitab ka erisuguse valguse aistingu (sinine, punane, valge jne.). Kui mõnesugused kiired ärritavad meie nägemiserku just samuti kui Päikese kiired, siis saame valge valguse aistingu. Sama võime ütelda ka teiste värvide kohta. Lihtsuse mõttes muidugi on väga otstarbekohane rääkida punastest, sinistest jne. kiirtest, kuigi teame, et valgusekiir iseenesest ei ole punane ega sinine harilikus mõttes.

Kui nüüd rääkida kehade värvist, siis peab ütlema, et ka kehadel (peale hõõguvate) ei ole oma värvi. Muidu peaksime nägema värvilisi kehi ka pimedas. Kogemustest aga teame, et pimedas toas on valge asi sama nägematu kui mustki. Tähendab, kehade nägemiseks on vajalik, et valgusekiired tungiksid kehast meie silma. Tulevad kehast meie silma punased kiired, siis ütleme, et see keha on punane jne. Järelikult on kehade värvi kujunemisel tähtis, missugused kiired kehast kas peegelduvad või läbi tungivad. Seega oleneb keha värv ühelt poolt selle keha pinnale langevate kiirte värvist, teiselt poolt aga keha omadusest neid kiiri kas ära neelata või peegeldada. Harilikult laseb keha endast läbi samu kiiri mis peegeldabki.

Näiteks punane klaas laseb läbi ja peegeldab punaseid kiiri, sinine siniseid, roheline rohelisi jne. Ainult üksikuil erandjuhtumel on vahe peegeldunud ja kehast läbitunginud valguse vahel. Nii näiteks õhukesest kullakihist läbi minev valgus on roheline, kuna kuld peegeldab aga kollaseid ja punaseid kiiri. Tuleb silmas pidada, et valgus ei peegeldu just keha pinnast, vaid tungib osalt keha sisse ja peegeldub pinna all olevatest osakestest. Kui peegeldumine toimuks ainult pinnast, siis näiteks paistaks iga keha punases värvis punasena, kollases kollasena jne., mis aga pole kokkukõlas katsetega. Sellest siis tulebki, et harilikult kehad paistavad samavärvilistena nii peegeldunud kui ka läbitunginud valguses vaadeldes.

Edasi Newtoni värvide õpetus võimaldas seletada paremini ka vikerkaare nähtust. Aristotelese arvates on siin tegemist Päikese valge kujutise ja „pimeduse“ segunemisega. Ka Seneca arvas vikerkaare Päikese peegelduse olevat. Et vikerkaar on tublisti suurem Päikesest, tulla sellest, et veepiisad kui luubid suurendavad kujutist. Kuigi keskajal ja uus-aja alul õige mitmed õpetlased püüdsid seletada vikerkaare tekkimist, ei läinud see neil siiski korda. Alles Newtoni õpetus, et Päikese valgus murdumisel ühtlasi ka värvideks laguneb, andis vikerkaare seletusele õige aluse.

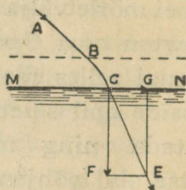
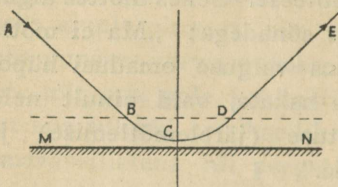
Lõpuks peatume veel lühidalt Newtoni õpe-

tusel valguse loomu kohta. Juba vanad kreeka filosoofid (Demokritos) arvasid, et valgus pole muud midagi kui väikesed osakesed, mida valgust andev keha endast välja saadab; sattudes vaatlaja silma võimaldavad nad asjade nägemise. Säärane vaade valguse loomu kohta püsis läbi keskaja ja ulatus Newtonini. Newton ei armastanud teha nähtuste seletuseks oletusi. Tuntud on tema ütlus: *hypotheses non fingo* — ma ei mõtle välja hüpoteese. Selles mõttes algab Newton oma *Optikat* sõnadega: „Ma ei mõtle sugugi selles raamatus valguse omadusi hüpoteeside abil seletama hakata, vaid ainult neid esitada ning mõistuse (järelemõtlemise) ja katse abil põhjendada.“

Tõepoolest valguse värvide seletamisel ei tarvita Newton mingisugust hüpoteesi. Ainult sõprade pealekäimisel avaldas Newton oma arvamused valguse loomu kohta, kuigi nad teda ennast täiel määral ei rahuldanud.

Newton võttis omaks vanaaja teadusemeeste arvamuse, et valgustandev keha saadab välja ehk kiirgab väikesi valguskehakesi, mis silma sattudes ärritavad silmaerku ja nii tekitavad valguseaistingu (emissioonihüpotees). Valguse eri värvid olenevad valguskehakeste suurusest: punase valguse kehakesed on kõige suuremad, violettvalgusel kõige vähemad. Peegeldumisnähtusi võiks võrrelda elastsete kehade põrkamisega tasapinnast, näiteks kummi- või piljardipalli peegeldu-

misega. Kuid siin tekivad siiski raskused. Valguskehakesed on väga väikesed ja nende suhtes pole meile harilikult sile pind küllalt tasane. Raskusest üle saamiseks oletas Newton, et peegli aine valguskehakesi eemale tõukab. Nõnda siis peegeldunud valguskehakesed õieti ei ulatugi peegliini, vaid jõudes peegli lähedusse liiguvad kõverjoonelist teed mööda peeglist uuesti eemale (joon. 16, a).



Joon. 16 a. Peegeldumine emissioonihüpoteesi põhjal. b. Murdumine emissioonihüpoteesi põhjal.

Valguse murdumise seletamiseks tuli oletada, et aine, milles murdumine toimub, valguskehakesi ligi tõmbab risti keskkondade lahtuspinnale (joon. 16, b). Järelduseks on, et lahtuspinnaga risti võetud kiiruse komponent suureneb ja seetõttu valgusekiir kaldub kõrvale oma esialgselt sihist. Ühtlasi järgneb sellest murdumise seletusest, et optiliselt tihedamas keskkonnas (vees) peab valguse kiirus olema suurem kui hõredamas keskkonnas (õhus). Tol ajal veel ei tuntud valguse kiiruse mõõtmise viisi üksikuis kehaes. Olaf R ö m e r avastas esimesena

valguse kiiruse alles a. 1675. Esimesena valguse kiiruse vees määras a. 1850 prantsuse õpetlane Foucault. Katse näitas, et valguse kiirus vees moodustab valguse kiirusest õhus ainult umbes  $\frac{3}{4}$ , kuna Newtoni hüpoteesi põhjal ta pidi olema esimesest suurem. Selle otsustava katse ehk n. n. *experimentum crucis*'e tulemus andis Newtoni valguseteooriale raske hoobi, sest katse oli risti vastu hüpoteesi najal tehtud järeldusele.

Suureks komistuskiviks sellele hüpoteesile oli juba Newtoni eluajal ka järgmise nähtuse seletamine. Nagu teada, iga läbipaistva keha pinnast, näiteks vesi, klaas jne., osa valgust peegeldub, teine osa murdub. Newtoni hüpoteesi põhjal tuli oletada, et lahutuspinna poole, teine osa tõukub aga sellest eemale. Et niisugune nähtus igat värvi valgusega sünnib, tuli jällegi endisele uusi oletusi juurde lisada, nimelt et iga valgusekiir koosneb vaheldumisi kaht liiki valguskehakestest: ühed kehakesed on seesugused, mis kergesti peegelduvad, teised jälle, mis kergesti murduvad. Et saada asjast konkreetsem kujutus, võiksime võrrelda valgusekiirt helmeste reaga, mis koosneb vaheldumisi kahest helmeste liigist, näiteks ringikestest

○ ○ ○ ○ ○ x x x x x ○ ○ ○ ○ ○ x x x x †

(peegelduvad) ja ristikestest (murduvad). Kuigi viimane oletus raskustest kuidagiviisi üle aitab,

läheb selle abil nähtuste seletamine siiski kunstlikuks ning keeruliseks.

Mitte vähemate raskustega ei tulnud kokku põrgata Newtonil ka teiste valgusenähtuste seletamisel emissioonihüpoteesi abil. Siia kuulusid hiljuti jesuiit Francesco Grimaldi (1618—63) poolt avastatud valguse paindumise ehk diffraktsiooni ja interferentsi nähtused. Nimelt võidi sellekohastes katsetes tähele panna, et valgus mõnest läbipaistmatust kehast mööda minnes paindub kõrvale sirgjoonelisest teest, läheb n. ö. nurga taha. Sama nähtus oli kõigile tuntud hääle ja vee lainete levimisel, kuid valguse kohta oli selle nähtuse avastamine suureks uudiseks, samuti kui valguse interferentsinähtuski, kus kahest valguseallikast tulev valgus võib summas anda pimeduse. Interferentsinähtusi võime tähele panna ka vee lainete liitumisel, kus kaks lainete süsteemi liitudes kas vastastikku nõrgenevad, hävivad või jälle tugevamaks muutuvad, olenedes sellest, kas liitub ühe laine hari teise laine põhjaga või harjaga. Nendele nähtustele seltsis veel Kopenhaageni professori Erasmus Bartholinus'e (1625—98) poolt 1657. a. esmakordselt tähele pandud valguse kaksikmurdumine islandipaost läbi minnes, mis hiljem viis valguse polarisatsiooni nähtustele.

Kui juba kõige lihtsamate valgusenähtuste, nagu peegeldumine ja murdumine, seletamine nõudis emissioonihüpoteesilt rohkeid lisa-

oletusi, seda raskemaks muutus emissioonihüpoteesi rakendamine diffraktsiooni, interferentsi ja kaksikmurdumise nähtuste seletamisel. Kõik need raskused sundisidki teadlasi varakult otsima uusi lähtekohti, tegema uusi hüpoteese ehk oletusi valgusenähtuste seletamiseks. Juba Grimaldi ja Hooke esitasid oletuse, et valgus on lainetamisnähtus, kuid nad ei suutnud seda oletust kaugemale välja arendada valgusenähtuste seletamiseks. Tõeliseks valguse lainetamisteooria loojaks tuleb pidada Newtoni kaasaeglast Christian Huygens'it (1629—95), kes a. 1690 avaldas oma kuulsa töö *Traité de la lumière* (Traktaat valgusest), milles ta annab valgusenähtuste seletuse lainetamishüpoteesi seisukohalt. Selle järgi pole valgus muud kui maailmaruumi täitva eetri lainetamis- ehk võnkumisenähtus; valguselained, tungides silma, ärritavad silmaerki ja sedaviisi tekitavad valguseaistingut. Huygens arvates pidid valguselained olema pikilained nagu häälelainedki. See oletus osutus aga ekslikuks.

Kuigi Huygens'i teooria andis valgusenähtustele tolle aja seisukohalt palju tõenäosema seletuse kui Newtoni oma, ei pääsnud ta siiski maksvusele just Newtoni suure autoriteedi tõttu. Peamiseks põhjuseks, miks Newton suhtus eitavalt Huygens'i teooriasse, oli asjaolu, et Huygens ei suutnud anda rahuldavat seletust värvide tekkimisele. Ka pidi Newton arvates maailma-

ruumi täitev eeter takistama taevakehade vaba liikumist. — Saksa matemaatik **Leonhard Euler** (1707—83) oli esimene, kes aitas teed murda Huygeni lainetamisteooriale. Lähtudes valguse värvide võrdlusest hääle toonide kõrgusega, andis ta rahuldava seletuse valguse värvide tekkimisele lainetamisteooria abil. Nagu hääle tooni kõrgus oleneb võnkearvust, samuti oleneb ka valguse värv võnkuva eetri võnkearvust. Edasi tõi Euler rea väiteid emissiooniteooria vastu, nagu: kui Päike kogu aeg kiirgab valguskehakesi, siis peaks ta mass järjest kahanema ning lõpuks hoopis otsa lõppema; samuti pole arusaadav, kuidas valguskehakesed levivad maailmaruumis sirgjooneliselt, sest kokku põrgates teistest valguseallikatest tulevate valguskehakestega, peaksid nad alatasa muutma oma liikumissuunda, — seega õieti osutuks võimatuks valguse sirgjooneline levimine. Kõige kaaluvamaks vastuväiteks emissiooniteooriale luges Euler läbipaistvate kehade olemasolu. Euler arutas järgmiselt: valguskehakesed tungivad läbipaistvast kehast vabalt läbi, järelikult peab selles kehas valguskehakeste liikumise suunas olema tühja ruumi. Kui aga keha on läbipaistev igas suunas, siis ei saa selle keha aine osakesed olla üksteisega tugevasti seotud, sest kehaosakesed on igas suunas läbi puuritud tühjade kanalitega. Meie aga tunneme küllalt tihedaid läbipaistvaid kehi (klaas), mis viib vastuollu emissioonihüpo-

teesiga. Euler esitas oma vastuväited emissiooni-  
hüpoteesile kirja kujul ühele saksa printsessile,  
millise kirja lõpul loeme järgmist: „Mina arvan,  
et esitatud põhjendused suudavad veenda Teie  
Kõrgust selles, et emissioonihüpotees ei leia loo-  
duses mingisugust kinnitust, ja Teie Kõrgus  
vististi on imestunud, kuidas säärase õpetuse  
loojaks võis olla nii suur geenius kui Newton ja  
kuidas see õpetus on omaks võetud mitmete  
terava mõistusega filosoofide poolt. Kuid juba  
Cicero ütles, et pole võimalik kujutleda midagi  
sedavõrt imelikku, mida mõni filosoof ei võtaks  
tõendada. Mina aga olen liiga vähe filosoof, et  
jagada säärast vaadet valguse loomu kohta.“ Hu-  
vitaval kombel leidsid Euleri ideed äärmiselt vähe  
vastukõla tolle aja teadlaste ringides. Sedavõrt  
värske ja valdav oli Newtoni ideede mõju veel  
ligi pool sajandit pärast Newtoni surma. Kuid  
19. sajandi alul saab Huygeni lainetamisteooria  
endale uusi tuliseid pooldajaid ning edasiaren-  
dajaid. Inglise Thomas Young, prantsla-  
sed Malus, Fresnel ja teised arendasid  
edukalt edasi Huygeni lainetamisteooriat, kuni  
viimaks Foucault valguse kiiruse määramisega  
vees (a. 1850) andis lõpliku otsuse lainetamis-  
teooria kasuks. Seega jõudis lõpule enam kui  
poolteistsada aastat kestnud ideede võitlus kahe  
hüpoteesi vahel valgusenähtuste seletamiseks.

Hoolimata lainetamisteooria võidust ei vä-  
henda see põrmugi Newtoni poolt avastatud fak-

tide tähtsust valguseõpetuse alal. Veel enamgi. Viimasel ajal füüsikas tunnustust leidnud Max Planck'i poolt põhjendatud kvantiteooria alusel toimub ka valguse energia levimine väikeste energiahulgakeste ehk kvantidena, mis lähedalt meelde tuletab Newtoni emissiooniteooria valguskehakesi. Seega on füüsika oma arenemiskäigus jällegi lähedale jõudnud Newtoni põhi-ideedele, kuigi lähtekohad on kummalgi puhul olnud erinevad. Newtoni geeniuselintuitsioon on selleski küsimuses tabanud üldiselt õige suuna, hoolimata raskusist üksikasjus.

---

Eespool on lühidalt käsitlust leidnud Newtoni tähtsamad teaduslikud leiutised ning õpetused. Kuid üksi nendega kaugeltki ei piirdu nud Newtoni teaduslik looming. Ka õige mitmekesistel teistel aladel võime leida Newtoni geeniusel jälgi, nagu temperatuuride skaala koostamine, peegelsekstandi ehitamine, Maa pöörlemise tõestamine kehade langemise kaudu, pikilainete levimiskiiruse määramine elastses keskkonnas, liikumiskiiruse määramine takistavas keskkonnas jne. Oma laiaulatusliku geeniusel abil leidis Newton igal alal, kuhu ta aga oma tähelepanu pööras, uusi korrapärasusi, mis aitasid inimvaimul tungida looduse saladustesse ning olid vajalikuks lüliliks teaduse arenemisel edaspidi.

## Newtoni viimased eluaastad ja surm.

Kuigi sündides oli Newton väetike ja lapsena üldse õrna tervisega, elas ta siiski kõrge vanuseni ja kuni 80. eluaastani oli ta tervis erakordselt hea. Elu lõpuaastail tuli Newtonil siiski tõsiselt võidelda ka haigustega. Suurt vaeva tegid talle põiekivid. Elanud juba kogu eluaja väga korrapäraselt, võttis Newton nüüd haiguse vältimiseks tarvitusele erilised ettevaatusabinõud: loobus külaskäikudest ja külaliste vastuvõtmisest, peale kõige lähemate sõprade, et hoiduda liigsest pingutusest; tõllas sõidu asemel laskis end ajada tugitoolis; toiduks tarvitas vähe liha, peamiselt aga aia- ja puuvilja. Kõik need ettevaatusabinõud tõid Newtonile märgatavat kergendust, kuigi ajutiselt. Sügisel 1724. a. paranes põiehaigus tunduvalt ja mõni kuu tundis Newton end võrdlemisi hästi. Jaanuaris 1725 haigestus Newton külmetuse tagajärjel kopsupõletikku. Nüüd asus Newton elama Londoni lähedusse, Kensingtoni, kus õhk parem, ja ta tervis paranes tunduvalt. Lisaks kopsuhaigusele tuli ilmsiks kange luuvalu jal-

gades. Seegi möödus ja märtsis oli Newton jälle enam-vähem rahuldava tervise juures.

Kõrge vanus ja hädine tervis ei lubanud Newtonil 1725. a. peale enam täita oma kohuseid Rahapaja ülemana. Neid täitsid Newtoni asemel tema õetütar ja selle mees Conduit. Seega tegelikust tööst täiesti vabanenud, võis Newton rahulikult veeta Kensingtonis oma vanadusepäevi. Täieline rahu ja puhkus olid tervisliku heaolu eelduseks. Kuid Newtonil hakkas Kensingtoni üksinduses igav. Arstide ja lähemate sõprade nõuandeist hoolimata kippus ta sageli Londonis käima, mis oma väsitavuse tõttu mõjus tervisele halvasti.

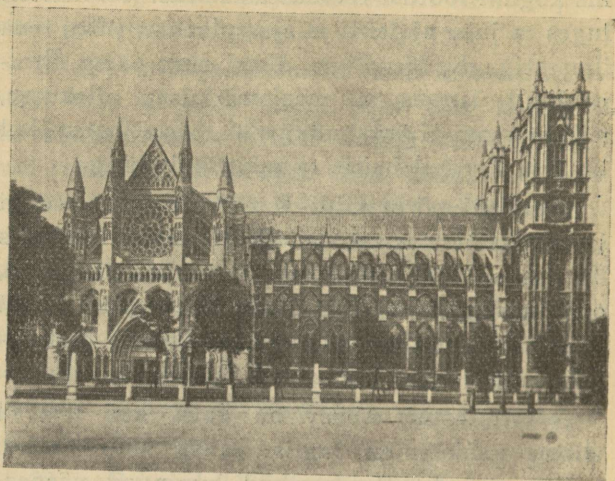
28. veebruaril 1727 tundis Newton end veel sedavõrt tugevana, et sõitis Londoni juhatama Kuningliku Seltsi koosolekut. Ka teisel päeval pärast koosolekut tundis Newton end hästi ja oli väga rõõmus selle üle. Siis aga tulid vanad hädad uuesti tagasi, ta haigestus tõsiselt. 4. märtsil, tema Kensingtoni tagasijõudmisel, tunnistasid arstid, et haigus tuleb põiekividest ja et paranemiseks pole lootust. Tugevad valuhood järgnesid lühikeste vaheaegade järel. Newton kannatas mehiselt. Ehk küll suurte valude tõttu pisarad voolasid mööda palgeid alla, ei tulnud Newtoni suust siiski ohkeid ega kaebeid. Valuhooegade vaheaegadel oli Newton endiselt rõõmus, naljatas ja vestles lõbusasti. 15. märtsiks Newtoni tervis pisut paranes. Tek-

kis koguni lootusi terveksaamiseks. 18. märtsil luges ta juba ajalehti ja ajas pikemat juttu oma ihuarstiga dr. Mead'iga. Kuid sama päeva õhtu-poolikul langes ta meelemärkuseta olekusse, millest enam ei ärgranudki. 20. märtsi hommikul kl. 1 ja 2 vahel heitis ta rahulikult hinge.

Newtoni põrm viidi Kensingtonist Londoni ja sängitati maamulda Westminster Abbey's 28. märtsil 1727. Matused korraldati hiilgavad, otse kuninglikud. Osa võtsid Kuningliku Seltsi liikmed ja teised kõrged aukandjad. Matuse-talituse toimetas Rochesteri piiskopp.

Westminster Abbey on koht, kus leiavad viimse puhkepaiga inglise rahva suurvaimud: teadusemehed ja kunstnikud, kuningad, väepea-likud ning politikamehed. Saada maetud West-minster Abbey'sse tähendab suurimat austust, mis võib osaks saada inglasele.

Westminster Abbey asub Londoni keskel parlamendihoone kõrval ja on õieti määratu suur kirik, mille ehitamisega on tehtud algust juba 7. sajandil. Gooti stiili ehitis, kõrgete sam-maste ja teravate võlvide ning hämara valgu-sega, jätab ta sügava müstilise mulje igale kü-lastajale. Siin toimetatakse Inglise kuningate kroonimist; siin puhkab peasissekäigu kohal tundmatu sõduri põrm — tema haud on alati maetud lilledesse; siin võite leida Darwini, Dickens'i, Gladstone'i, Disraeli ja teiste suurte inglaste nimesid. Newtoni haud asub eriti au-



Joon. 17. Westminster Abbey, kus maetud Newton,

väärses kohas, otse peasissekäigu vastas, tund-  
matu sõduri haua läheduses. Hauatahvel kannab  
ladinakeelset pealkirja:

*Hic depositum est  
Quod Mortale fuit  
Isaaci Newtoni*

See tähendab: Siia on paigutatud, mis sure-  
likku oli Isaac Newtonis.

Hiljem on maetud Newtoni lähedusse rida  
kuulsaid inglise loodusteadlasi nagu Ch. R. Dar-  
win, lord Kelvin, J. Fr. Herschel, J. C. Adams,

J. P. Joule, W. Ramsay ja teisi. See on nii-  
õelda loodusteadlaste nurk.

Newton jättis järele suure pärandi — umbes  
£ 32 000. Sellest annetasid pärijad 500 naela  
Newtonile mälestusmärgi, monumendi püstita-  
miseks, mis teostati 1731. aastal. Monument on  
asetatud seinale otse haa vastu. See on mar-  
morist bareljeef. Newton on kujutatud pool-  
lamavas asendis, ümbritsetud oma tööde süm-  
boolsete kujudega. Monument ise kannab ladina-  
keelset pealkirja, mis vabas eestikeelses tõlkes  
kõlaks järgmiselt:

Siin puhkab

Sir Isaac Newton,

Kes peaaegu jumaliku vaimujõuga

Esimesena seletas

Planeetide kuju ja liikumised,

Komeetide teed, ning ookeani tõusu ja mõõna.

Ta avastas valguse kiirte erinevuse murdumisel

Ja sellest oleneva värvide omaduste tekkimise,

Mida enne teda keegi ei aimanud.

Looduse, Muistseaja ja Pühakirja

Usin, tark ning ustav tõlgendaja,

Jumala vägevust ta oma õpetuses tunnistas

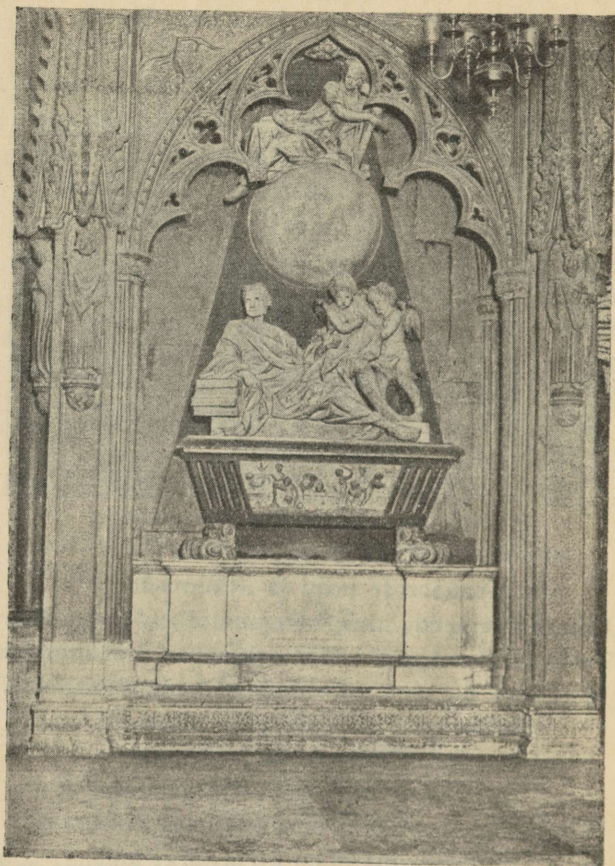
Ja omas elus püha kirja järgi käis.

Oo surelikud, olge rõõmsad,

Et kord on elanud nii suur ja kaunis

INIMESSOO EHE.

Sündinud 25. dets. 1642, surnud 20. märtsil 1726.



Joon. 18. Newtoni hauamonument Westminster Abbey's.

Samal aastal, kus püstitati Newtonile Westminster Abbey's monument, laskis Inglise valitsus lüüa Newtoni auks mälestusraha. Selle ühel

küljel on kujutatud Newtoni pea ning tekst *Felix cognoscere causas* (põhjuste teadasaamine teeb õnnelikuks), teisel pool — matemaatiline joonis.

Paarkümmend aastat hiljem (1755) püstitati Newtonile Cambridge'i ülikooli *Trinity College*'is, kus ta õppis ja üle 30 aasta õpetas, valgest marmorist elusuurune kuju. Siin on kujutatud Newton seismas alusel; tal on käes prisma ja vaatab sügavas mõttes ülespoole. Kuju alusele on kirjutatud

*Qui genus humanum ingenio superavit*

— kes ületas kõik inimesed oma vaimuga — lause, mis veel nüüdki, paarsada aastat hiljem, õieti hindab Newtoni vaimujõu suurust.

## Newton inimese ja teadlasena.

Harilikult möödub inimese elu töös ja askeldusis, võitluses oma eluüalpidamise eest. Surmaga kustuvad ka varsti mälestused meie tegudest. Elu on kui laine, mis tõuseb ja vajub, tekib ja kustub, alalõpmata vaheldudes ja asendudes uutega. Suurvaimude elutöö aga ei kao, nende mälestus ei kustu. Mida kaugemale minevikku jääb geeniuse töö, seda selgemini ja säravamalt ta meile paistab. Newtonit võime täieõigusega lugeda selliste silmapaistvaimate suurvaimude hulka. Kuigi juba üle 200 aasta on möödunud ta surmast, pole vahepeal keegi suutnud tumestada ta geeniuse suurust. Seda huvitavam on vaadelda lähemalt säärast geeniust inimesena, õppida tundma ta igapäevast elu, veendumusi ja ta suhtumist teistesse ning endasse.

Välimuselt ei olnud Newton silmapaistev. Kasvult mitte üle keskmise, vanemas eas pisut tüse. Elavad läbitungivad silmad, armas ning südamlük näoilme, tihe hõbevalge juus juba võrdlemisi noores eas. Juust kattis tolle aja kombe järgi harilikult parukas. Vanaduses muutus

Newtoni näoilme tunduvalt ning polnud enam nii väljendusriikas kui noorelt. Prille ei kandnud Newton üldse; hammastest kaotas surmani ainult ühe.

Riietus Newton lihtsalt, kuid korralikult. Ainult kord elus pani ta selga piduliku väljõmmeldud professori-ülikonna. See oli siis, kui ta 1705. a. kandideeris parlamenti Cambridge'i ülikooli esindajana ja tal tuli võistelda oma vastaskandidaadi Annesley'ga. Käitumises pisut kohmakas, alati täis mõtteid, seltskonnas rääkis vähe ning mitte silmapaistvalt. Üldse polnud Newtonil väline esinemine tugevamaks küljeks. Räägitakse, et kogu parlamendis olemise ajal olevat Newton ainult kord sõna võtnud. Ja seegi esinemine olevat piirdunud vaid ühe lausega: „Palun, pange aken kinni.“ Kõik see tagasihoidlikkus välimuses ning esinemises on kokkukõlas Newtoni tõsise teadlaseloomuga, millele on võõras igasugune väline ja näiline hiilgus ning väljapaistmine.

Läbikäimises teiste inimestega oli Newton lahke, tagasihoidlik ja otsekohene. Ta sobis igas seltskonnas ja väljendas end viisil, mis ei lasknud tekkida kahtlust uhkuses või upsakuses, kuigi suur kuulsus ja seltskondlik seisund vahest oleksid võinud valmistada selleks soodsat pinda. Newton oli äärmiselt salliv teiste vaadete suhtes; ühtlasi nõudis ta ka teistelt samasugust suhtumist. Dr. Pemberton, kes oli

*Principia* 3. trüki redigeerijaks ja seetõttu sageli puutus kokku Newtoniga, iseloomustab teda järgmiselt: „Ei väga kõrge vanus ega ülemaailmne kuulsus ei teinud teda oma arvamustes kangekaelseks ega mingis suhtes uhkeks. Seda oli mul võimalus kogeda pea iga päev. Märkused, mida ma temale *Principia* kohta järjest saatsin, võttis ta vastu äärmise heatahtlikkusega. Nad polnud temale sugugi ebameeldivad, vaid just vastuoksa — põhjustasid rääkima minust palju head mu sõpradele ning austada mind avaliku tunnistusega oma poolehoiust.“ Newtoni loomulik lihtsus ja otsekoheus leiab muuseas huvitava väljenduse liigutavas kirjas J. Locke'ile, kus ta tunnistab, et on mõelnud ja rääkinud temast halvasti. Alandlikkus ja otsekoheus andekspalumisel annab selget tunnistust Newtoni õilsast ja puhtast hingest.

Pärit võrdlemisi kehvast perekonnast, tuli Newtonil nooreas ülikoolis õppides rohkesti võidelda majanduslike raskustega. On säilinud ülestähendused Newtoni kulutusist ülikooliaastail. Neist selgub, et Newton on elanud väga kokkuhoidlikult ja kehvalt. Isegi hiljem, kui Newton valiti Kuningliku Seltsi liikmeks, oli ta nii suures rahapuuduses, et ei suutnud tasuda liikmemaksu, kuigi see oli vaid 1 shilling nädalas. Kuninglik Selts vabastas teda esialgu sellest kohustusest. Hiljem paranes Newtoni aineiline seisukord ja elu viimseil aastail võime

Newtonit juba päris jõukaks lugeda. Rahapaja ülemdirektorina Londonis elades pidas ta suurt korterit, tal oli 3 mees- ja 3 naisteenrit, sõitis tõllas, võttis vastu külalisi, üldse elas tolle aja ülemkihi viisi.

Oma sugulastele pärandas Newton õige suure varanduse, umbes 32 000 naela (praeguse kursi järgi Eesti rahas üle 40 miljoni senti). Kuid Newton pole kunagi pannud rõhku varanduse kogumisele. Elades kokkuhoidlikult kogunes see nagu iseenesest ta harilikust palga tulust. Võib koguni märkida Newtoni juures teatud ükskõiksust raha vastu. Heldel käel jagas ta abi ning toetust kõigile, kel seda oli tarvis. Eriti suuri summe annetas ta oma sugulasile. Hiljemini kuulsaks saanud matemaatik Maclaurin sai Newtonilt iga-aastast stipendiumi £ 20 teadusliku edasitöötamise võimaldamiseks Edinburghi ülikoolis prof. Gregory juures. „Kestestele midagi ei anna, enne kui ta sureb, see pole üldse midagi andnud“ — tähendas ta oma helduse põhjendamiseks.

Alatasa tegeldes mitmesuguste teaduslike probleemide kallal, koondas Newton kogu oma tähelepanu vaimsele tööle ning unustas seetõttu sageli oma ümbruse. Sellest on tingitud hulk anekdoodilisi näiteid Newtoni hajameelsusest. Need annavad tunnistust Newtoni suurest siseemisest keskendumisvõimest ja mõttetõesse kiindumisest. Toome selle kohta mõned näited.

Voodist tõustes jäi Newton vahel tundide kaupa voodi servale istuma rõivastumata, olles kibedasti ametis mõne huvitava küsimuse lahendamisega. Ka jättis ta sageli söömise pooleli, siirdudes selle juurest mõne teda paeluva probleemi uurimisele. Lähedalseisjad pidid nii mõnigi kord talle einestamise lõpetamist meelde tuletama.

Kord külastas Newtonit tema hea sõber dr. Stukely, Kuningliku Seltsi sekretär. Newtonit polnud kodus. Oli parajasti lõunaaeg. Teenija tõi lõunaks lauale muuseas praetud kanapoja. Külalisel läks ootamine igavaks ja ta otsustas lõunastada. Kanapojast jäid järele ainult kondid, mille külaline jättis vaagnale ja kattis kaanega. Varsti ilmus koju ka Newton. Pärast harilikku tervitust ja lühikest jutuajamist läks ta kohe lõunalauda, et pärast seda olla vaba külalise vastuvõtuks. Kaant vaagnalt ära võttes märkas ta seal vaid konte ning tähendas siis: „Küll meie, filosoofid, oleme aga hajameel- sed! Ma tõepoolest arvasin, et polegi veel lõunastanud, kuid nagu näha ometi olen.“ — Kord külaliste puhul läks ta keldrist veini tooma, sattus teel nii sügavasti mõttesse, et unustas veinitoomise ja oma külalised ning ei tulnudki enam nende juurde tagasi. — Vahel aias jalutades jäi ta järsku seisma, tormas siis tuppa ja hakkas hoolega kirjutama esimesele kättejuhtu- vale paberitükile. Sarnaseid lugusid Newtoni

hajameelsusest on teada õige palju. Olgu nende tõelikkusega kuidas tahes, nad on siiski tõepäraseid ja iseloomustavad Newtoni töötamisviisi ning suhtumist töösse. Newton ise tähendas tagasihoidlikult, et tema avastused pole mitte erilise tarkuse, vaid pigemini põhjaliku, usina ja kannatliku järelemõtlemise tulemus. Kui talt kord küsiti, kuidas ta avastas gravitatsiooni-seaduse, vastas ta: „Vahetpidamata selle üle järele mõteldes.“

Suurt lugupidamist ja austust väärrib Newtoni usuliste ning kõlblate tõekspidamiste kindlus. Ta uuris palju ja põhjalikult Pühakirja, eriti Ilmutuse raamatut, ning avaldas vanemas eas terve rea usuteaduselisi töid. Salliv teiste usuliste ja kõlblate vaadete suhtes, ei lubanud ta kunagi nalja heita ega rääkida üleolevalt usuliste ning kõlblate küsimuste kohta. Kord kui dr. Halley väljendas end mitte küllalt lugupidavalt usu kohta, peatas teda Newton kohe ja tähendas: „Mina olen neid küsimusi uurinud, teie mitte.“ Kindlad usulised tõekspidamised tekkisid Newtonil juba võrdlemisi noores eas. Aastal 1676 pidi ta selle pärast koguni kaotama oma koha *Trinity College*'i *fellow*'na. Nimelt pandi maksma korraldus, et kõik *fellow*'d pidid olema vaimulikust seisusest. Newton kategooriliselt keeldus seda nõudmist täitmast. Et Newtonit mitte lahkuma sundida, palus ülikool kuningalt luba erandina jätta teda ametisse *Col-*

*lege'i fellow*'na kui ilmikut. Kuningas rahuldas palve ja seega jäi Newton oma kohale edasi. — Esialgu paistab imelikuna, miks Newton nii kindlasti oli vaimulikku seisusse astumise vastu. Oli ta ju sügavalt usklik inimene, kes alati tundis suurt huvi usuliste küsimuste vastu. Näib kindel olevat, et peapõhjus peitus õpetuses Jumala Kolmainsusest, mida Newton ei tunnustanud. Hiljem kirjutas ta koguni arvustavaid artikleid selle õpetuse vastu, toetudes Pühakirjale.

Millised olid Newtoni usulised veended — selle üle on palju vaieldud. Raske on seda ka kindlaks teha. Tagasihoidliku loomu tõttu ei armastanud ta sellest eluajal palju kõnelda; kirjutised aga lasevad end mitut viisi tõlgitseda. Kindel usk Jumalasse ja suurim austus Kristuse vastu, seda võime tema juures kindlasti sedastada. On koguni tõenäone, et *Principia* kirjutamise peamotiiviks oligi — tõestada, et Jumal juhib ja valitseb Maailma. Newton oli veendunud, et Maailmas valitseb kõikjal kindel kord, mille kohta ta leidis küllaldasi tõendusi igalt poolt. Maailma korra ja korrapärasuse viimseks põhjuseks ongi Newtonile Jumal. Inimese vaim tungib looduse saladustesse, avastab seal korrapärasusi — looduseseadusi, millest lähtudes võime kergesti seletada loodusenähtuste mitmekesiseid üksikasju. Üldseadustest tuletatud järeldused, üksikasjad, peavad muidugi olema kokkukõlas looduse enesega, katsega.

Lõpuks peatume lühidalt Newtoni vaimu-  
suuruse, tema geeniusse juures. Huvitav on  
tähele panna, mis arvasid selle kohta Newtoni  
kaasaegsed ja hilisemad suurvaimud. Matemaatik  
ning filosoof Leibniz, kes matemaatika alal  
differentiaalrvtuse avastamisel võistles New-  
toniga, kui talt küsiti, mis ta arvab Newtonist,  
tähenas järgmist: „Kui võtta kõik matemaati-  
kud maailma loomisest kuni Newtoni ajani, siis  
on Newton nende kõigi tööst teinud suurema ja  
parema osa.“ Newtoni kaasaegne astronoom  
Halley, *Principia* läbi lugenud, tähenas, et mil-  
lalgi veel pole ühe inimese jõud nii palju korda  
saatnud, kui Newton seda tegi. Kuulus prant-  
suse teadusemees Laplace väitis, et Newtoni  
*Principia* seisab kõrgemal kõigist inimese vaimu-  
tooteist. Samuti kõrgelt hindas Newtonit prant-  
suse matemaatik Lagrange, pidades teda  
kõige suuremaks ja kõige õnnelikumaks gee-  
niuseks.

Mis Newtoni teistest suurvaimudest esile  
tõstab, see on määratu suur vaimujõud, tema  
abstraktsiooni- ja intuitsiooni- (sissetungimis-)  
võime. Seda tunnistab kogu tema teaduslik loo-  
ming. Muuseas iseloomustavad Newtoni mate-  
maatilisi võimeid veel järgmised näited. Juunis  
1696 andis kuulus matemaatik J. Bernoulli  
kõigile maailma matemaatikuile lahendamiseks  
2 väga rasket ülesannet. Newton lahendas nad  
juba kättesaamise päeval, kuna Leibniz palus

lahendamiseks antud kuuekuulist tähtaega pikendada ühe aastani. Õiged lahendused saatsid Bernoullile Leibniz, L'Opital ja Newton. Viimane ilma nimeta. Kuid juba lahendusviisist tundis Bernoulli ära, et nimeta vastus kuulus Newtonile — *tanquam ex ungue leonem*, just kui lõvi tuntakse küüntest, tähendas sel puhul Bernoulli.

Teine kord 1716. a., kui Newton oli juba ligi 75-aastane, saatis Leibniz õige raske ülesande lahendamiseks kõigile inglise matemaatikuile. Mõeldud oli siin muidugi eeskätt Newtonit. Newton sai ülesande kätte kl. 5 p. l., tagasi tulles töölt Rahapajas. Hoolimata väsimusest ja kõrgest vanusest lahendas ta ülesande veel samal õhtul. Siit näeme, et Newtoni vaimujõud püsis tugevana veel õige kõrge vanuseni.

Peab tunnistama, et Newtoni vaimset loomingu osalt soodustas ka ajajärk, millal Newton elas. See oli aeg, kus pärast pikka seisakut keskajal matemaatika ja loodusteadused olid kiires arenemishoos ja eelmisel sajandeil kogutud materjalid ning eeltööd võimaldasid laiaulatuslike kokkuvõtete tegemise. Newton ise kord, kui talt küsiti, kuidas ta on suutnud nii palju ära teha, tähendas tabavalt: „Kui ma olen näinud kaugemale kui teised, siis ainult seetõttu, et seisan hiiglaste õlul.“ Säärane seisukoht ei vähenda sugugi Newtoni tähtsust ning suurust. Ka geeniuse loomingul on piirid, mis tingitud

ta elupaigast, olgu see Archimedes, Napoleon või mõni teine. Geenius oma sügavale ja kaugele ulatuva intuitsiooniga näeb seoseid ja korrapärasusi, mida harilik surelik ei aimagi. Selles suhtes võime täie õigusega lugeda Newtonit küll suurimate hulka. Põhjalikkus, millega Newton uuritavad küsimused välja töötas, on tema poolt avastatud tõdedele andnud jäädava väärtuse. Nad jäävad püsima niikaua kui inimsugu elab ning mõtleb.

Kui tõsine suurvaim Newton ise väga õieti hindas tema poolt avastatud tõdede tähtsust, ühtlasi aga ka inimese — kõige targemagi teadmiste piiratust. Väga ilus ja sügavamõtteline on see hinnang, mis Newton endast andis vähe aega enne surma: „Ma ei tea mitte, mis maailm minu töödest arvab, kuid enesele tundun ma poisikesena, kes mängib mere kaldal ja tunneb rõõmu sellest, et vahetevahel leiab siledama kivikese ja ilusama karbikese kui teised mängukaaslased, kuna määratu tõeookean seisab täiesti avastamata minu ees.“

## Mõningaid lisandeid.

1) *Fellow*'ks nimetati Inglismaal ülikooli juhtiva organi (valitsuse) liiget. Nende ülesandeks oli ülikooli kui asutise juhtimine ning valitsemine. Selle töö eest maksti neile kindlat palka. *Fellow* amet võis olla ühendatud ka õpetamisega (*tutor*).

2) Londoni Kuninglik Selts — *Royal Society*, mille eesmärgiks teaduste edendamine, tekkis 17. sajandi keskpaiku. Tema põhjendajaiks olid tolle aja tuntud teadlased nagu Robert Boyle, Seth Ward, dr. Wallis, dr. Petty, Christopher Wren ja teised. Esialgu käidi omavahel üksteise juures koos arutamas mitmesuguseid teaduslikke küsimusi. Keelatud oli usuliste ja poliitiliste küsimuste käsitus. Seda viisi lähemalt koondunud teadlaste rühma tähtsus omandas varsti üldise tunnustuse ja a. 1660 kuningas Charles II kuningliku käskkirjaga muutis senise eraviisilise teadlaste koondise iseseisvaks asutiseks Kuningliku Seltsi (*Royal Society*) nime all. Kuningliku Seltsi liikmeid kutsutakse *fellow*'deks. Siit Kuningliku Seltsi liikme lühendatud tähistamine: *F. R. S.* *Royal Society* tegevus teaduste arendamisel ja edendamisel on olnud väga viljakas. Selle seltsi liikmeks vastuvõtmine tähendab suurimat austust, mis võib saada osaks teadlastele.

3) Aristoteelse järgi maailma aineeline koostis põhjeneb viiel elemendil. Viimaseid ei tule muidugi segada moodsa keemia elementidega kui lihtkehadega, milliseid on teada umbes 90, nagu hapnik, süsinik, väävel, raud jne. Aristoteelse vaade maailma ainelisele koostisele näib moodsa loodusteaduse seisukohast üsna naiivne. Vesi näit. pole lihtkeha ja seega ka mitte „element“, vaid kahe gaasi — hapniku ja vesiniku — ühend; õhk on mitmesuguste gaaside segu; tuli polegi eriline aine, vaid aine hõõgumus, s. o. energiat väljakiirgavas seisukorras; maa (muld) on väga keeruka koostisega; eeter on veel nüüdki hüpoteetiline substants (oletatav ollus).

4) Ellips on ovaalne kinnine kõverjoon (vt. joon. 3), mida võib joonestada näit. järgmiselt. Pistame lauasse kahes punktis F ja F<sub>1</sub> kaks nöela; võtame tüki nööri ja seome selle otsad kinni; asetame nööri, rõngakujuliselt väljavenitatuna, nöelte ümber ja tõmbame nööri pliiatsi terava otsa abil pinguli. Lastes pliiatsi otsal nööri mööda libiseda, joonestub laual ellips, kusjuures kaht punkti, milles asuvad nöelad, kutsutakse ellipsi fookuseiks ja sirget, mis ühendab mõnd ellipsi punkti fookusega, kutsutakse r a a d i u s - v e k t o r i k s. Ellipsil on kaks sümmeetriatelge. Esimene neist, n. n. pikk telg, läheb läbi fookuste, ja teine, n. n. lühike telg, on risti pikale teljele ja lõikab viimase pooleks. Telgede lõikepunkti kutsutakse ellipsi tsentriks, mille suhtes kõik ellipsi punktid on sümmeetriliselt paigutatud. — Eelnevast joonestusviisist järgneb ka ellipsi tähtsamaid omadusi: ellipsi iga punkti kauguste summa kahelt fookuselt on muutumatu pikkus ja võrdub ellipsi pikema teljega.

5) Pythagoras ja teised vanaaja filosoofid pidasid võimalikuks, et planeetide liikumisel tekivad muusikalised helid, kusjuures igal planeedil on oma põhitoon.

6) Henri Poincaré, geniaalne prantsuse matemaatik. Ta tähtsamad tööd kuuluvad taevamehaanika, kosmogoonia ja puhtmatemaatika alale. Oma teoseis *La science et hypothèse* (Teaduse ja hüpotees) ja *La valeur de la science* (Teaduse väärtus) esitas ta omi filosoofilisi vaatekohti. Poincaré väljendusviis on ehtprantsuslik — täppis, elegantne ja vaimukas.

7) D ü n a a m i k a on mehaanika tähtsaim osa, mis käsitleb liikumisi ja nende põhjusi.

8) Vt. Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastusel ilmunud „Elav Teadus“ nr. 10, O l i v e r L o d g e, *Energia*, lk. 76 ja edasi.

9) Oluline on, et kaugused tulevad lugeda Maa tsentrist, mitte pinnalt. Kui näit. Maa pinnal, s. o. ühe Maa raadiuse kaugusel Maa keskpunkti raskustungi kiirendus on 9,8 meetrit sekundis, siis Maa kahe raadiuse kaugusel Maa tsentrist (mitte pinnalt!) on raskustungi kiirendus neli korda vähem, s. o. 2,45 meetrit sekundis. Newton tõestas selle lause, et kaugused tulevad lugeda Maa tsentrist arvates, mis oma täpsas sõnastuses käib järgmiselt: Kui mõni ühtlase tihedusega või kontsentrilistes kihtides võrdse tihedusega kera, mille osakeste vastastikune külgetõmme toimub gravitatsiooniseaduse järgi, tõmbab väljaspool kera asuvat aineosakest enda poole, siis on see külgetõmme just niisama

suur ja samuti suunatud, kui kogu kera mass oleks koon-  
datud tema enese keskpunkti.

<sup>10)</sup> Newton arvutas kauguse pöörvõrdelise ruudu seaduse  
põhjal raskustungi kiirenduse Maa pinnal, lähtudes Kuu  
kesktõmbe kiirendusest. Tulemus — 16,9 jalga, mille ta  
sai, erines tõelisest raskustungi kiirendusest — 16,1 jalga  
— tunduvalt, nimelt 0,8 jala võrra.

<sup>11)</sup> Koonuse lõiked. Kõverjooni — ring, ellips,  
parabool ja hüperbool — kutsutakse koonuse lõikeiks, sest  
et nende kujutisi võib saada koonuse pinna lõikamisel tasa-  
pinna abil. Lõikava tasapinna asendist koonuse telje ja  
moodustaja suhtes. oleneb kõvera liik. Kui tasapind läbib  
koonuse tipu, ellips või ring kõdub punktiks. Kui tasapind  
läbib moodustaja, parabool kõdub sirgjooneks jne.

<sup>12)</sup> Pretsessiooninähtus seisab Maa telje sihi  
asendi pikaldases muutumises, mida põhjustab Kuu ja  
Päikese külgetõmme Maa ekvaatori kohal asuvale aine  
liigsuse kumerikule. Vt. Lang-Rootsman, *Kosmo-  
graafia*, lk. 90—91.

<sup>13)</sup> Lähemalt matem. analüüsi kohta vaata: Mag.  
A. Borkvell, *Matemaatilise analüüsi põhimõisted ja  
rakendused*, Tartu, 1927. Prof. G. Rāgo, *Matemaatilise  
analüüsi elemendid*, Tartu, 1922.

## Tarvitatud kirjandust.

David Brewster, *The Life of Sir Isaac Newton*,  
London, 1831.

Ferdinand Rosenberger, *Isaak Newton und  
seine physikalischen Principien*, Leipzig, 1895.

S. Brodetsky, *Sir Isaac Newton*, London, 1929.

W. J. Greenstreet, *Isaac Newton*, London, 1927.

V. E. Pullin, *Sir Isaac Newton*, London, 1928.

Supplement to „Nature“, March 26, 1927.

Лакуррь и Апель, *Историческая физика*, томъ I,  
Одесса, 1908, *Mathesis*.

Ivar B. Hart, *Makers of Science*, London, 1923.

Augustus de Morgan, *Essays on the Life and Work of  
Newton*, Chicago, 1914.

## Nimede häälendamist.

|                        |  |
|------------------------|--|
| Ayscough — ä'skə       | Maclaurin — məkloo'rin                     |
| Bacon — bei'kən        | Mead — miid                                |
| Barrow — bā'rou        | Montague — mo'ntægjuu                      |
| Cambridge — kei'mbridž | Newton — njuutn                            |
| Charles — tšaalz       | Picard — pikaar                            |
| Clarke — klaak         | Poincar'e — puänkaree'                     |
| Collins — ko'linz      | Pope — poup                                |
| Descartes — deka'rt    | Royal Society — roi'al səsai'əti           |
| Foucault — fukoo'      | Sir — sə (səə)                             |
| Grantham — graa'ntəm   | Storey — stoo'ri                           |
| Gregory — gre'gəri     | Trinity College — tri'niti ko'lidž         |
| Halley — häli          | Ward — wood                                |
| Hayes — heiz           | Westminster Abbey — we'stmins-<br>tər ä'bi |
| Hooke — huk            | Witham — wi'ðəm                            |
| Huygens — höü'ghəns    | Woolsthorpe — wulzθoop                     |
| Isaac — ai'zək         | Young — jang                               |
| James — džeimz         | Zucchi — tsu'kki                           |
| Lagrange — lagra'n(g)ž |  |
| Laplace — lapla'ss     |  |

## Sisukord.

|  | Lk. |
|--|-----|
| Saateks . . . . .  | 5   |
| Enne Newtonit . . . . .                                  | 7   |
| Newtoni elukäik . . . . .                                | 12  |
| Esimesed eluaastad . . . . .                             | 12  |
| Koolipõlv . . . . .                                      | 16  |
| Üliõpilasena Cambridge'is . . . . .                      | 24  |
| Avalik tegevus . . . . .                                 | 28  |
| Gravitatsiooniseaduse avastamine ja taevamehaanika sünd. | 35  |
| Newtoni teeneid matemaatikas . . . . .                   | 58  |
| Newtoni töid optikas . . . . .                           | 69  |
| Newtoni viimased eluaastad ja surm . . . . .             | 101 |
| Newton inimese ja teadlasena . . . . .                   | 108 |
| Mõningaid lisandeid . . . . .                            | 118 |
| Tarvitatud kirjandust . . . . .                          | 120 |
| Nimede hääldamist . . . . .                              | 121 |

## **Suurmeeste elulugude seeria kaustas ja välimusega varem ilmunud elulood:**

*Numbri tavaline hind 1 kr. 75 s., hõites 50 s. kallim.*

- S. A. Žebelev: ALEKSANDER SUUR.** Maailma kuulsaim väejuht ja vaimustavam teoinimene. 1 pildiga. Tõlkinud Rich. Kleis.
- J. W. Mackail: VERGILIUS ja tema tähendus nüüdismaailmale.** Rooma ideaalide kehastaja kirjanduses ja inimsuse ülim laulik, kes elanud 2000 a. tagasi. Värvilise pildiga. Tõlk. A. Oras.
- R. Rolland: MICHELANGELO.** Maailma suurima kunstniku elu. Vaimuinimene kõige puhtamal kujul, kes kunagi ei arvestanud elu reaalsustega. 6 pildiga. Hind 2 krooni. Tõlk. M. Lepik.
- C. Sh. Jones: WASHINGTON.** Mees, kes väga rasketes oludes organiseeris sõjaväe, juhtis seda visadusega kuni võiduni, tõi iseseisvuse Ameerika Ühendriikidele ja oli esimene president. 2 pildi ja kaardiga. Tõlk. O. Truu.
- R. Rolland: BEETHOVENI ELU.** Maailma suurim muusikamees, kes oli kurt, kuid siiski oma eluülesanded täitis hiilgavalt. 5 pildiga. Hind 1 kr. 50 s. Tõlk. J. Semper.
- J. V. Lehtonen: VICTOR HUGO.** Suure kirjaniku ja vabaduse eest võitleja elulugu XIX saj. poliitilise elu tagapõhjal. 6 pildiga. Tõlk. Fr. Tuglas.
- F. J. Snell: GARIBALDI.** Suure sõjakangelase ja isamaalase romantiline elu, kes võitles Itaalia vabaduse eest ja ühendas Itaalia tervikuks. 1 pildi ja kaardiga. Tõlk. L. Luiga.
- A. Heilborn: DARWIN.** Suure töömehe elu, kes oma haigusi arstis tööga ja kes oma õpetusega andnud maailma vaimuelule teise suuna. 4 pildiga. Hind 1 kr. 50 s. Tõlk. A. Tamm.
- V. Tarkiainen: ALEKSIS KIVI.** Kuidas vaesusega võideldes lihtsast külapoisist sai soome suurim kirjanik. Tema looming ja eluvõitlus. 5 pildiga. Tõlk. A. Palm.
- H. Drouin: LOUIS PASTEUR.** Keemiku ja ühtlasi arsti elu, kes võitnud palju hädasid, muu seas ka marutõve. 3 pildiga. Tõlk. A. Laur.
- S. Fodor: EDISON.** Maailma suurima leiutaja elukäik, alatine tööpingutus ja leiutiste saamislugu. 6 pildiga. Hind 1 kr. 50 s. Tõlk. A. Suik.

**EESTI KIRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS.**

# ELAV TEADUS 1933.

## MIKS LOEVAD JA TELLIVAD KÕIK ELAVAT TEADUST?

1. Seepärast, et iga tänapäeva - inimene vajab ajakohast ülevaadet moodsa elu tähtsaist küsimusist nii oma teadmiste rikastamiseks kui kasutamiseks kutsetöös.

2. Seepärast, et praegune kiire elutempo ning majanduslik surutis ei võimalda ei põllumehel, töölisel, õppival noorsool ega haritlaselgi tellida endale ning lugeda suuri ja kalleid teaduslikke raamatuid.

3. Seepärast, et Eestis ainult **Elav Teadus** pakub neid tarvilikke teadmisi süstemaatiliselt, lühidal ja kõigile arusaadaval kujul.

4. Seepärast, et **Elav Teadus** on pildirohke, nägus ja odav: aastakäiguna maksavad 12 raamatut üksikmüügihinna 12 krooni asemel ainult 9 krooni, s. o. 75 senti iga üle 100 lk. suuruse numbri eest.

## TELLIMISTINGIMUSED.

| Tellimishind                  |                 | Aasta tellimishinda Kr. 9.—   |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| ühes saatekuludega:           |                 | võib tasuda osakaupa:         |
| Aastas . . . . .              | 12 nrit Kr. 9.— | Tellimisel . . . . . Kr. 3.50 |
| Poolaastas . . . . .          | 6 " " 5.—       | 1. aprilliks . . . . . " 2.50 |
| Veeranda . . . . .            | 3 " " 2.75      | 1. juuliks . . . . . " 2.—    |
| Üksiknumber . . . . .         | " " 1.—         | 1. oktoobriks . . . . . " 1.— |
| Iga numbri iluköide . . . . . | " —.50          |                               |

Tellides maksta raha posti jooksvale arvele nr. 20-36 ja kirjutada tellimine rahakaardi lõigendile. Samuti võib tellida ajakirjana postkontoritest, raamatu-kauplustest, Eesti Kirjanduse Seltsi usaldusmeestelt ja

**EESTI KIRJANDUSE SELTSILT, TARTUS**  
SUURTURG 12, TELEF. 6-01.

See mis siin pakutakse peaks kuuluma igamehe üldharidusse.“  
A. Palm. Kasvatus nr. 5, 1932.

# ELAVA TEADUSE ESIMENE AASTAKÄIK.

№ 1. H. G. Wells: Suur maailmasõda, selle järelaeg ja inimsoo tulevikusihid. 4 pildi, 6 kaardi, tabeli ja huvitava statistikaga. 112 lk.

№ 2. C. Thomalla: Uued teed tervisele. Tervishoid, moodsad ravimisviisid ja igapäevased kehaharjutused. 26 pildi ja joonisega. 128 lk.

№ 3. A. Pigafetta: Esimene teekond ümber maailma. Magalhãese avastusreis 1519—1522. 20 vanaaegse pildi ja kaardiga. 116 lk.

№ 4. A. Remmel: Otstarbekohane ja ilus kodu. Kuidas seda korraldada, mööbeldada ja kaunistada. 86 pildi ja joonisega. 112 lk.

№ 5. G. Ferrero: Vana-maailma hukkumine. Mis kõneleb see meie ajale? 10 pildi, tabeli ja kaardiga. 116 lk.

№ 6. Eduard Poom: Moodne töötehnika ja majanduskriis. Ratsionaliseerimine töös ja majanduses. 12 joonisega. 120 lk.

№ 7. A. Messer: Okkultism ja teadus. Mida arvata telepaatiast, „selgeltnägemisest“, ettekuulutustest, spiritismist ja muust „salateadusest“? 7 pildiga. 116 lk.

№ 8. F. J. C. Hearnshaw ja G. D. Cole: Sissejuhatus politikasse I. Politiliste aadete ja vormide areng Vanakreeka linnriigist nüüdisajani. 104 lk.

№ 9. W. Bousset: Jeesuse elu ja õpetus. 1 kaardiga. 118 lk.

№ 10. Oliver Lodge: Energia ja loodusteadusliku maailmakäsituse alused. 5 pildiga. 104 lk.

№ 11. Ants Piip: Nüüdne maailmapolitika ja Eesti. Sissejuhatus politikasse II. 1 pildi ja 2 kaardiga. 114 lk.

№ 12. O. Loorits: Eesti rahvausundi maailmavaade. 112 lk.

Iga raamatu hind on 1 kroon, kogu aastakäik, 12 eri raamatut, 9 krooni, 6 eri raamatut 5 krooni, 3 eri raamatut 2 kr. 75 s. Aastakäigu hinda võib tasuda ka osadekaupa Kr. 3.50, 2.50, 2.—, 1.—, iga osamaksu tasumise järgi saadetakse välja 3 raamatut. Raamatuid on ka ilukõites; kõite hind 50 senti iga raamatu pealt tuleb tellimissummale juurde arvata.

Nõudke E. T. prospekte lähemate sisututvustustega — see saadetakse hinnata!

EESTI KIRJANDUSE SELTS TARTUS.

2

A

8451

217430

HIND 1 KR. 50 S.

2  
A  
8451  
217430<sup>o</sup>  
L

HIND 1 KR. 50 S.

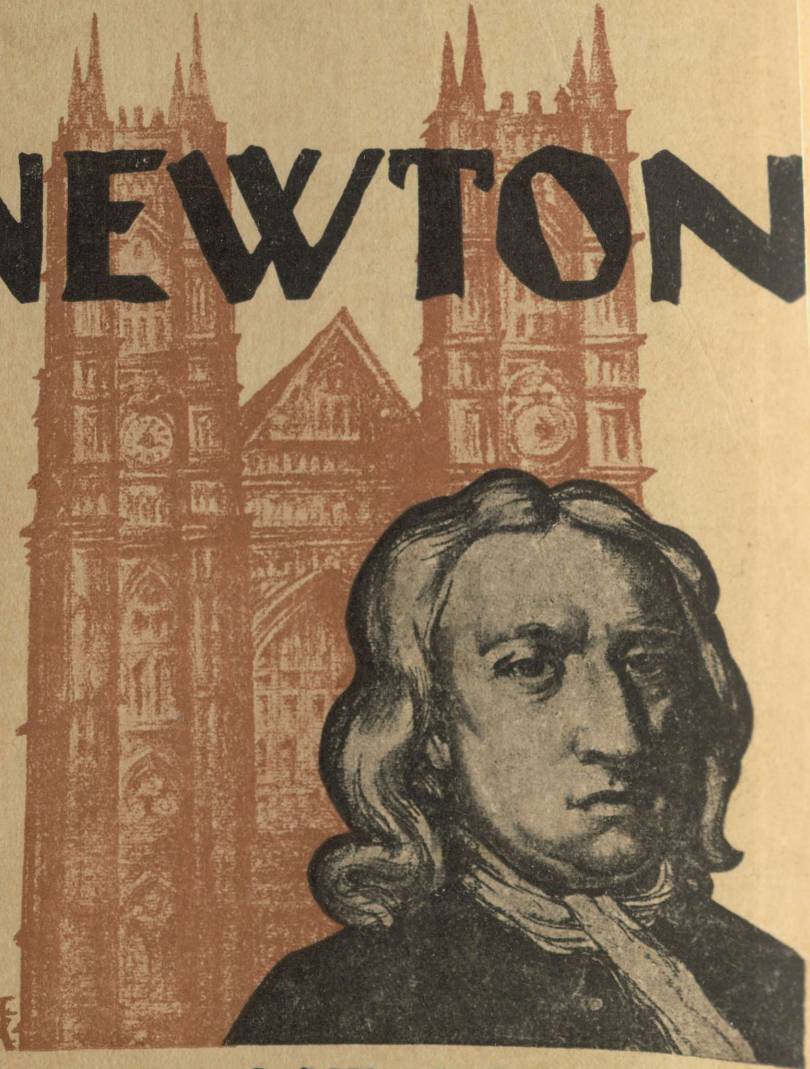
SI  
2

ISAAC NEWTON

RAKUS

SUURMEESTE ELULOOD

NEWTON



EESTI KIRJANDUSE SELTSI KIRJASTUS