

I. PARŠIN

# KUU



KULTUURIÜLIKOO

52309

A-24015 III

I. PARŠIN

*Kuu*

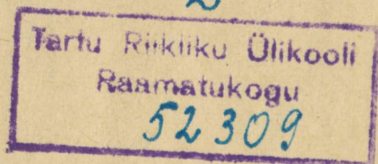
Originaali tiitel:

И. Паршин

Луна

Tõlkinud L. Laigna

2



## EESSÕNA

Kaasaegne inimene on suurima sündmuse — planeetidevaheliste lendude ajastu alguse tunnistajaks. 4. oktoobril 1957. a. tõusis esmakordselt inimkonna ajaloos kosmosesse esimene Maa saadik — Nõukogude Liidust välja saadetud Maa tehiskaaslane. Möödus pisut üle aasta, ja 2. jaanuaril 1959. a. startis Nõukogude Liidust Kuu suunas võimas rakett, mille viimase astme kiirus ületas teise kosmilise kiiruse — 11,2 km/sek. Rakett ületas Maa külgetõmbejõu mõju ja väljus ümber Päikese kulgevale orbiidile, muutudes esimeseks tehisplaneediks.

Nõukogude kosmoseraketi väljalaskmine avas inimkonna ees tee universumi suurimate saladuste juurde. See sündmus näitas, et juba tänapäeval on täiesti võimalik jõuda meie päikesesüsteemi kuuluvate taevakehadeni. 14. septembril 1959. a. levis üle kogu maailma teade nõukogude teaduse ja tehnika väljapaistvast saavutusest — sel päeval jõudis teine nõukogude kosmoserakett, mis startis 12. septembril 1959. a., Kuu pinnale. Esmakordselt toimus selline kosmiline lend, mille puhul inimkäte loomine jõudis mingi teise taevakeha pinnale. Teadusliku ja mõõteaparatuuriga konteiner. ning kosmoseraketi viimane aste «maandusid» Kuul. Selle väljapaistva kosmilise lennu tähistamiseks toimetas rakett Kuu pinnale vimpli, millel oli Nõukogude Liidu vapi kujutis ja pealkiri «Nõukogude Sotsialistlike Vabariikide Liit. September 1959».

4. oktoobril 1959. a. toimus uus märkimisväärne sündmus — esimese Maa tehiskaaslase väljalaskmise teiseks aastapäevaks saadeti Nõukogude Liidu territooriumilt välja kolmas kosmoserakett. Rakett lasti välja eesmärgiga uurida maailmaruumi. Tähtsamaks ülesandeks oli aga uurida ja fotograferida Kuu nähtamatut külge.

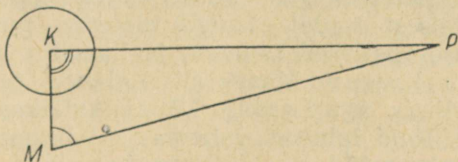
Juba 1609. a. asus Galilei uurima teleskoobi abil Kuu nähtavat pinda. Ta avastas seal mägesid ja tasandikke, Galilei vaatlused panid aluse uuele teadusele — selenograafiale, mis uurib Kuu pinnavorme. Kolme ja poole sajandi jooksul on selenograafia teinud suuri edusamme ja nüüd on Kuu nähtava külje ehitus astronoomidele hästi tuntud. Ent veel kunagi ei ole inimsilm saanud näha Kuu teist külge, sest Kuu vastavalt oma liikumise iseärasustele on alati pööratud Maa poole ühe ja sama küljega. Esimesena fotografeeris Kuu nähtamatut külge planeetidevaheline jaam, mis lasti välja kolmanda kosmose-raketi abil. Saadud fotokujutis anti televisiooni abil edasi Maale.

Nüüd, kosmose tundmaõppimise ajastu alguses, on kõik need teated, mida astronoomid kogusid Kuu kohta sajandite vältel, äratanud erilist huvi. Selles väikeses raamatus tutvustamegi lugejat Maa lähima kaaslaste Kuu loodusega.

## KUU KAUGUS JA MÖÖTMED

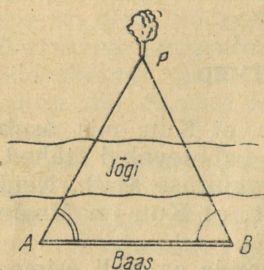
Juba vanaaja õpetlastel oli teada, et Kuu, mis asub taevalaotuses tähtede keskel, katab vahetevahel tähed, planeedid ja isegi Päikese (päikesevarjutuse ajal). Neid nähtusi jälgides tulid nad järeldusele, et Kuu on Maale kõige lähem taevakeha.

Aristarhos Samoast, kes elas kolmanda sajandi esimesel poolel enne meie ajaarvamist, tuletas lihtsa mooduse, mille järgi saab võrrelda Maa kaugust Kuust ja Päikesest. See moodus on järgmine. Kui Kuul on taevas poolringi kuju, siis Kuu tsentrit  $K$  päikese tsentriga  $P$  ja Maa tsentriga  $M$  ühendavad sirged moodustavad 90-kraadise nurga. Et välja arvutada, mitu korda on Maa ja Päikese vaheline kaugus suurem Maa ja Kuu vahelisest kaugusest, on tarvis kindlaks määrata kolmnurga mingi teise nurga suurus. Selleks püüdis Aristarhos mööta nurka  $KMP$ , mille moodustavad Maa tsentrit Kuu ja Päikese tsentritega ühendavad sirged. Ilmnes, et see nurk on  $87^\circ$ . Et iga kolmnurga sisenurkade summa on  $180^\circ$ , siis nurk  $KPM$  on  $3^\circ$ . Kolmnurk  $KPM$  on sarnane kolmnurgaga, mille moodustavad Maa, Kuu ja Päikese ühendussirged.



Joonis 1. Meetod, mida Aristarhos Samoast kasutas Maa, Kuu ja Päikese vahemaa võrdlemiseks.

Sarnaste kolmnurkade puhul on vastavate külgede suhted võrdsed. Arvutades välja külgede  $MP$  ja  $MK$  suhte, leidis Aristarhos, et Päikese kaugus Maast on 19 korda suurem kui Kuu kaugus Maast. Tegelikult asub Päike Maast 400 korda kaugemal kui Kuu. Viga kauguste väljaarvutamisel tekkis Aristarhosel seepärast, et Kuu pinna ebataasuse tõttu on võimatu kindlaks teha selle momendi saabumist, kui Kuul on poolringi kuu ja seetõttu tekib suur viga nurga  $KMP$  määramisel.



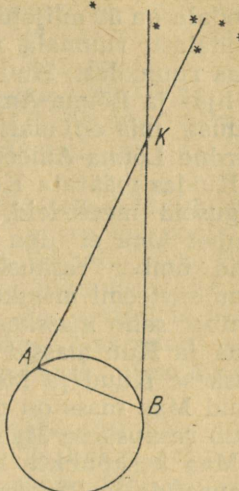
Joonis 2. Ligipääsmatu eseme kauguse kindlaksmääramine Maal.

Kuidas aga mõõta näiteks kilomeetrites Maa ja Kuu vahelist kaugust? Selleks rakendavad astronoomid meetodit, mida tihti kasutame ka Maa peal ligipääsmatu esemete kauguse mõõtmiseks. Oletame, et on vaja mõõta punktide  $A$  ja  $P$  vahelist kaugust, kusjuures punkt  $P$  tähistab puud (joonis 2). Mõõtelindiga seda vahemaad mõõta ei saa, sest puu juurde minemist takistab jõgi. Seepärast valime pisut eemal

punktist  $A$ , kus me seisame, jõe samal kaldal teise punkti  $B$  ning püstitame sinna lati. Pärast seda mõõdame punktide  $A$  ja  $B$  vahelise kauguse, mida nimetatakse *baasiks*. Järgnevalt asetame nurgamõõtmise instrumendi punkti  $A$  ja siis punkti  $B$ , mõõtes ära nurgad  $PAB$  ja  $PBA$ . Lugejad arvatavasti mäletavad veel kooli trigonomeetriakursusest, et teades kolmnurga kaht nurka ja üht külge, võib kergesti välja arvutada ka kolmnurga teised küljed ja leida meid huvitav punktide  $A$  ja  $P$  vaheline kaugus.

Et määrata Kuu kaugust Maast, asuvad kaks vaatlejat kahte teineteisest küllalt kaugel olevasse punkti Maal. Kui prantsuse õpetlased Lalande ja Lacaille 18. sajandil mõõtsid Kuu kaugust Maast, siis Lalande teostas oma vaatlusi Berliinis, aga Lacaille Lõuna-Aafrikas Hea Lootuse neemel. Neid lahutav vahemaa oli peaaegu neljandik Maa ümbermõödust. Vaatleja, kes asub punktis  $A$  (joonis 3), näeb Kuud teiste tähtede keskel suunas  $AK$ ; teine vaatleja näeb Kuud teiste taevakehade keskel suunas  $BK$ . Vaatlejate ülesanne seisneb selles, et määrata

nurkade  $KAB$  ja  $KBA$  suurus. Selleks määratakse ühel ja samal momendil kahest erinevast vaatluspunktist Maal ( $A$  ja  $B$ ) Kuu asend tähistaevas. Teades baasi  $AB$  pikkust, võib pärast nurkade mõõtmist Kuu ja Maa vahelise kauguse välja arvutada. See osutus ligikaudu võrdseks 384 400 kilomeetriga. Kui Kuu tiirleks ümber Maa mööda ringjoont, oleks ta kaugus Maast alati muutumatu. Ent Kuu liigub mööda ellipsit, tema tee taevaalaotuses meenutab kergelt kokkusurutud ringjoont. Seepärast on ka Kuu kaugus Maast muutlik, kõikudes 363 600 — 405 00 km piirides.



Joonis 3. Kuu ja Maa vahelise kauguse kindlaksmääramine.

Piltlikult võib Kuu ja Maa vahelist kaugust ette kujutada järgmiselt: kui planeetidevaheline ruum oleks täidetud õhuga, siis reis Kuule TU-104 tüüpi lennukil, mille kiirus on 1000 km/sek., kestaks 16 ööpäeva. See-eest aga valguskiir, mis liigub kiirusega 300 000 km/sek., jõuaks Kuult Maale  $1\frac{1}{4}$  sekundi jooksul. Võrdluseks märgime, et Päikese ja Maa vahelise kauguse — 149 457 000 km — läbib valguskiir umbes 8 minuti jooksul, aga lähimalt tähelt Alfa Kentauriselt jõuab valguskiir Maani alles  $4\frac{1}{3}$  aastaga. Kaugus, mis lahutab seda tähte Maast, on 40 biljonit km ja lennuk TU-104 lendaks sinna 5 miljonit aastat.

Kui suur on Kuu? Täiskuu paistab taevas võrdlemisi väikese kettana. Sellisena näib ta kauge vahemaa tõttu. Et leida Kuu tegelikku diameetrit, on vaja määrata tema nurkdiameeter, s. o. nurk, mis tekib vaatleja silmast väljuva kahe kiire vahel (üks kiir on suunatud kuuketta ülemisele, teine alumisele äärelle). Selle nurga suurus on pisut üle poole kraadi — nimelt  $31'5''$ . Sellise nurga all näeme tavalist kopikat, kui see on asetatud 171 cm kaugusele silmast.

Teades Kuu nurkdiameetrit ja Maa ning Kuu vahelist kaugust, võime välja arvutada Kuu diameetri kilomeet-

rites. See on 3476 km ehk 0,273 Maa diameetrit. Kuu pindala on 38 miljonit ruutkilomeetrit ehk umbes  $\frac{1}{14}$  Maa pindalast; ruumala 22 miljonit kuupkilomeetrit ehk  $\frac{1}{50}$  Maa ruumalast. Kuu pindala on ainult veidi väiksem kui Põhja- ja Lõuna-Ameerika pindalad kokku, aga see osa Kuust, mis on alati pööratud Maa poole, on peaaegu võrdne Lõuna-Ameerika pindalaga.

Kuidas määrata Kuu massi? Selleks on olemas mitmesuguseid meetodeid. Üks neist on järgmine. Tiireldes ümber Maa ei liigu Kuu mitte ümber Maa keskpunkti, vaid ümber raskuskeskme, täpsemalt öeldes, Maa — Kuu süsteemi masskeskme, mis asub Kuu ja Maa vahel. Ümber selle masskeskme liigub ka Maa keskpunkt. Kui Maa ja Kuu massid oleksid ühesuurused, siis asuks raskuskese Kuud ja Maad ühendava sirglõigu keskpunktis. Kuid Maa mass on palju suurem Kuu massist, seepärast asub raskuskese Maa sisemuses tema keskpunkti lähedal.

Maa keskpunkti liikumine kutsub esile ta lähemate planeetide ja Päikese väikesi kõrvalekaldumisi, võrreldes asenditega, mis oleks neil taevakehadel, kui Maa tsenter jääks liikumatuks. Jälgides kõrvalekaldumise ulatust võib leida Maa raskuskeskme ja keskpunkti vahelise kauguse ning seejärel määrata Maa ja Kuu masside suhte. Osutus, et Kuu mass on 81,56 korda väiksem Maa massist. Jagades massi ruumalaga, leiame Kuu keskmise tiheduse, mis on 0,61 Maa tihedusest ehk 3,33 vee tihedusest. Järelikult koosneb Kuu vähem tihedast ainest kui Maa.

#### KUU LIIKUMINE TAEVAVÖLVIL

Jälgides horisondile tõusvat Kuud märkab vaatleja, et Kuu, kerkides üha kõrgemale ja kõrgemale, jõuab oma tõusu haripunkti ning hakkab siis laskuma, kadudes läänes horisondi taha. Selline nn. Kuu ööpäevane liikumine on näilik ja tuleneb Maa pöörlemisest oma telje ümber. Ka teiste Maalt jälgitavate taevakehadega toimub samuti näilik ööpäevane liikumine idast läände vastupidiselt Maa pöörlemisele oma telje ümber (läänest itta).

Juba kauges minevikus tehti kindlaks, et Kuu, sooritades ööpäevast liikumist, liigub samaaegselt tähtede keskel vastupidises suunas. Et selles veenduda, on küllaldane jälgida mõne öhtu vältel Kuu asendit tähtede seas. Märkides ära Kuu asendi mingi ereda tähe suhtes, võib tunni

aja möödudes näha, et Kuu on liikunud sellest tähest ida poole umbes oma diameetri võrra. Järgmisel öhtul asub Kuu umbes  $13^\circ$  ida pool punktist, kus ta asus samal kellaajal ööpäev varem. Märkides ära Kuu asendi tähtede seas taevakaardil, leiame, et Kuu jõuab tagasi oma esialgsele kohale tähtede suhtes 27,3217 ööpäeva pärast. Seda ajavahemikku nimetame sideeriliseks ehk tähekuuks.

Ka Päike muudab oma asukohta tähtede seas. Iga ööpäeva jooksul liigub päike umbes  $1^\circ$  võrra ida poole ja aasta jooksul on ta sooritanud ringi ümber taeva. Päikese näiv liikumine on tingitud Maa liikumisest ümber Päikese. Maa tiirleb ümber Päikese, aga vaatlejale Maal näib, et Päike liigub ümber Maa. Päikese keskpunkti aastast teekonda tähtede seas taevaskeral nimetatakse ekliptikaks.

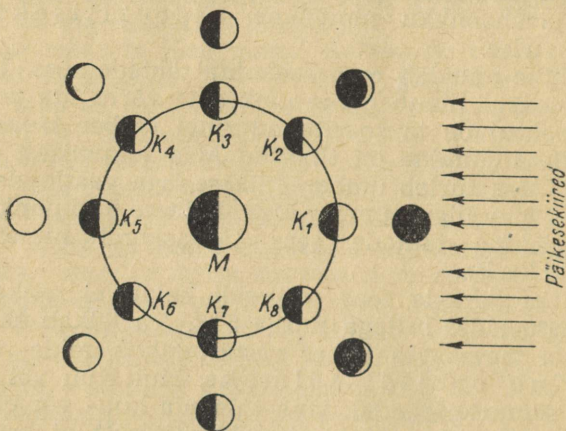
Kuu tee tähtede seas on veidi kaldu ekliptika suhtes, moodustades sellega nurga  $5^\circ 9'$ . Ta löikab ekliptika tasapinda taevaskera kahes vastaspunktis, mida nimetatakse Kuu orbiidi sõlmeks. Kui Kuu või Päike asuvad sõlmede lähedal, võib toimuda kuu- või päikesevarjutus. Vanaaja rahvad uskusid naiivselt, et varjutuse põhjusteks on draakon, kes varjutuste ajal neelab ära Päikese või Kuu. Seepärast tähistatakse tänaseni orbiidi sõlmi vanaaja ebausuga igandina märkidega  $\Omega$  ja  $\var�$ , mis on tegelikult draakoni sümboliteks.

#### KUU FAASID

Kuu on taevast peale Päikese teiseks taevakehaks oma valguse intensiivsuse poolest. Ent vastupidi Päikesele, mis näib meile alati ümmarguse kettana, muudab Kuu hämmastamapanevalt oma välimust. Et mõista Kuu nähtavate piirjoonte ehk Kuu faaside muutumise põhjust, vaatleme joonist 4. Joonise keskel on kujutatud päikesekiirtes valgustatud Maa ( $M$ ) Lihtsuse mõttes loome päikesekiiri paralleelseteks. Joonisel on näidatud Kuu kaheksa järjestikust asendist tema orbiidil, tähistatuna tähtedega  $K_1, K_2, K_3, \dots$ , ja samuti Kuu kuju vastavalt antud asendile. Maa ja Kuu õigetest mõõtmetest, võrreldes taevakehade vaheliste kaugustega, ei ole kinni peetud.

Kui Kuu on asendis  $K_1$ , asudes Päikese ja Maa vahel,

on Maa poole pööratud Päikesest valgustamata, pime Kuu külg. Sellises asendis olevat Kuud nimetatakse noorkuuks ehk Kuu loomiseks. Kuu loomise ajal me teda ei näe, kuigi ta asub päevases taevas Päikese lähedal. Sel ajal Kuu tõuseb ja loojub koos Päikesega.



Joonis 4. Kuu faasid.

Liikudes mööda oma orbiiti, eemaldub Kuu vähehaaval Päikesest vasakule. Asendis  $K_2$  on Kuu  $45^\circ$  nurga võrra Päikesest eemal. Nüüd võib öhtul pärast Päikese loojumist näha väikest osa Kuu valgustatud poolest. Kuu on nüüd sirbikujuline, kumerus suunatud paremale, Päikese poole, ning ta loojub horisondi taha enne keskööd.

Kui veerand ringjoonest, mis skeemil tähistab Kuu teed, on juba läbitud ja Kuu on asendis  $K_3$ , siis on ta helenduva poolketta kujuline. Sel ajal on pool Kuu valgustatud poolkerast pööratud Maa poole. Piir ehk terminaafor, mis eraldab Kuu poolkera valgustatud osa valgustamata osast, on sirgjoon; sellist asendit nimetatakse Kuu esimeseks veerandiks. Kuu tõuseb keskpäeva paiku ja loojub umbes kuus tundi pärast Päikese loojangut, keskööl.

Liikudes edasi asendisse  $K_4$ , paistab Kuu taevasfääril peaaegu kettana. Kui Kuu umbes 7,5 ööpäeva järel pärast esimest veerandit jõuab asendisse  $K_5$ , on Maal näha juba kogu valgustatud Kuu poolkera. Kuu on sel ajal

Päikesega vastasseisus. Sellises asendis olevat Kuud nime-  
tame täiskuuks. Kuu tõuseb öhtul, kui Päike loo-  
jub, ja on nähtav kogu öö vältel kuni Päikesetõusuni.

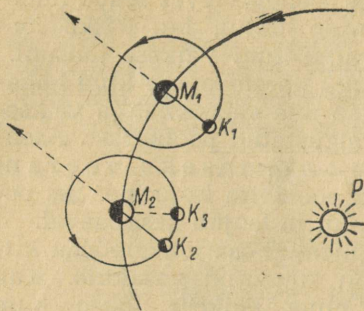
Edasi liikudes hakkab täiskuu parempoolne külg kaha-  
nema. Maal asuv vaatleja näeb üha väiksemat ja väikse-  
mat osa Kuu Päikesest poolt valgustatud poolkerast. Asen-  
dis  $K_7$ , mida nimetatakse Kuu viimaseks veeran-  
diks, on ta jälle valgustatud poolketta kujuline. Sel pe-  
riodil tõuseb Kuu kesköö paiku ja loojub keskpäeval.

Edaspidi muutub Kuu valgustatud osa pikkamööda kit-  
saks sirbiks, mille kumerus on suunatud vasakule. Kuu  
jäab nähtavaks hommikuti enne Päikesetõusu kuni  
ajani, mil algab jälle noorkuu.

Ajavahemikku Kuu kahe teineteisele järgneva ühesu-  
guse faasi vahel nimetatakse sünoodiliseks kuuks  
ja see võrdub 29,5306 ööpäevaga.

Kuu loomise ajal võib peale selle osa Kuust, mis pais-  
tab meile särava sirbina, näha nõrgalt valgustatuna ka  
ülejäanud Kuu pinda. Kuuketta selle osa helendumist,  
mida Päike ei valgusta, nimetatakse Kuu «tuhkvalgu-  
seks». Juba suur kunstnik ja õpetlane Leonardo da Vinci  
selgitas seda nähtust õigesti. Maa peegeldab tagasi  
temale langevaid päikesekiiri ja valgustab Kuud. Ette-  
kujutatavale vaatlejale, kes asub Kuu pinnal, paistab  
Maa faaside vaheldumine Kuu taevas samuti nagu meile  
Kuu faasid Maa taevas. Päike valgustab Maad samuti  
nagu Kuud, kuid Maa faaside järjekord on vastupidine  
Kuu faasidele. Näiteks sel ajal, kui Maalt võib näha  
Kuu loomist, paistab Maa Kuult vaadatuna olevat «täis-  
maa» faasis, kuna sel ajal on kogu maakera valgustatud  
pool pööratud Kuu poole. Maa pind on Kuu pinnast 13  
korda suurem. Peale selle ümbritsevad Maad atmosfäär  
ja pilved, mis peegeldavad päikesekiiri palju rohkem  
kui ilma atmosfäärita Kuu. Selle tulemusena peaks Maa  
valgustama Kuud palju tugevamini kui Kuu Maad. Maalt  
peegelduvad päikesekiired valgustavad seda ala Kuu pin-  
nast, mis ei ole pööratud Päikesest poole, ning me näemegi  
nõrka helendumist, nn. Kuu «tuhkvalgust».

Nagu me juba märkisime, on sünoodiline kuu ehk Kuu  
kahe teineteisele järgneva ühesuguse faasi vahelise pe-  
riodi pikkus 29,5 ööpäeva. Seega on sünoodiline kuu  
umbes 2,2 ööpäeva võrra pikem sideerilisest ehk tähe-  
kuust. Sellise lahkuminekku põhjustest on kerge aru saa-



Joonis 5. Sideerilise ja sünoodilise kuu erinevused.

da joonise 5 abil. Sellel joonisel on Päike tähistatud tähega P, Maa on oma orbiidil asendites  $M_1$  ja  $M_2$ , Kuu aga  $K_1$ ,  $K_2$  ja  $K_3$ . Nooltega orbiidil on märgitud liikumise suund.

Oletame, et Kuu asub oma loomisfaasis punktis  $K_1$ . Sideerilise kuu möödudes (27,3 ööpäeva hiljem) asub Kuu punktis  $K_2$  ja paistab meile samades tähtede keskel samas asendis nagu kuu aega tagasi. Ent Kuu loomist veel ei toimu, sest Maa

on jõudnud 27,3 ööpäeva jooksul liikuda edasi oma orbiidil umbes  $27^\circ$  ja on juba asendis  $M_2$ . Seepärast Kuul, mis ööpäeva jooksul liigub tähtede seas  $13^\circ$ , on tarvis veel umbes 2,2 ööpäeva, et jõuda punkti  $K_3$  ja et jälle võiks aset leida Kuu loomine.

#### KUIDAS KUU TIIRLEB ÜMBER MAA

Meenutame Kepleri seadusi, mis kehtivad mitte üksi planeetide, vaid ka Kuu liikumise kohta ümber Maa.

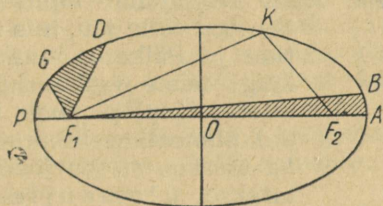
Esimene seadus. Iga planeet liigub mööda ellipsit, mille ühes fookuses asub Päike.

Tehiskaaslaste puhul võib Kepleri esimest seadust formuleerida järgmiselt: iga kaaslane liigub mööda ellipsit, mille ühes fookuses asub «tema» planeet.

Ellipsiks nimetatakse tasapinnalist kinnist kõverat, mille iga punkti kauguste summa kahest punktist, mida nimetatakse fookusteks, on jääv suurus. Joonisel 6 on ellipsi fookusteks punktid  $F_1$  ja  $F_2$ . Kauguste summa  $KF_1 + KF_2$  on ellipsi iga punkti jaoks jääv suurus. Sirgeid  $KF_1$  ja  $KF_2$ , mis ühendavad ellipsi mingit punkti fookusega, nimetatakse raadiusvektoriteks. Ellipsi suuruse ja kuju määrab suur pooltelg  $a = OA = OP$  ja ekstsentrilisus, mis kujutab enesest ellipsi keskpunkti ning fookuse vahelise kauguse  $OF_1$  suhet suure pooltelje pikkusesse. Ellipsi ekstsentrilisuse  $e$  võib muutuda 1-st

kuni 0-ni; ringi ekstsentrilisus on 0; Kuu orbiidi ekstsentrilisus on 0,05490 ehk  $\frac{1}{18}$ .

Punkti  $P$ , milles Kuu on Maale kõige lähemal, nimetatakse perigeeks ning vahemaad  $PF_1$  perigeekkauguseks. Kuu kaugema asendi punkti  $A$  nimetatakse apogeeks, vahemaad  $AF_1$  apogeekkauguseks. Kuu kaugus perigees on 363 300 km, apogees 405 500 km.



Joonis 6. Kuu liikumine ümber Maa allub Kepleri seadustele.

Teine seadus. Planeedi või tehiskaaslase raadiusvektor katab võrdsetes ajavahemikkudes võrdsed pindalad.

Joonisel 6 on Kuu raadiusvektori poolt ühesuguste ajavahemikkude jooksul kujutatud pindalad märgitud varjutatud aladena. Kaar  $AB$  on väiksem kaarest  $GD$ , järelikult Kuu liikumise kiirus peab muutuma; perigees on kiirus kõige suurem, apogees aga kõige väiksem. Kuu liikumise keskmine kiirus orbiidil on 1 km/sek.

Kolmas seadus. Planeetide tiirlemisperioodide ruudud suhtuvad nagu planeetide ja Päikese vaheliste keskmiste kauguste kuubid.

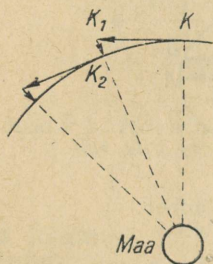
Tähistame tähega  $a$  ühe planeedi keskmise kauguse Päikesest, tähega  $a_1$  aga mingisuguse teise planeedi keskmise kauguse Päikesest. Kui tähistame planeetide tiirlemisperioodid ümber Päikese vastavalt tähtedega  $T$  ja  $T_1$ , siis kolmas Kepleri seadus väljendub järgmise valemiga:

$$\frac{T^2}{T_1^2} = \frac{a^3}{a_1^3}.$$

Kolmandat Kepleri seadust ei rakendata mitte üksi planeetide, vaid ka planeetide ümber tiirlevate kaaslaste korral, näiteks nii Kuu kui ka Maa tehiskaaslaste puhul.

Arusaadavalt on sel juhul tarvis teada kaaslaste ja planeedi vahelist kaugust ja kaaslaste tiirlemisperioodi ümber planeedi (sideerilist perioodi).

Kepler, olles avastanud planeetide liikumise seadused, ei suutnud siiski seletada, missugune jõud paneb planeedid liikuma ümber Päikese ning Kuu ümber Maa ja miks planeedid oma liikumises alluvad tema poolt avastatud seadustele. Alles 17. sajandi lõpul avastas Isaac



Joonis 7. Miks liigub Kuu ümber Maa mööda kõverjoonelist orbiiti.

Newton selle jõu, mis mõjub planeetide ja Päikese, Maa ja Kuu ning kõigi teiste taevakehade vahel, ja seletas Kepleri poolt kindlaks tehtud planeetide liikumise iseärasusi. Ta tõestas, et see jõud, mida nimetatakse ülemaailmseks gravitatsioonijõuks, on identne Maa külgetõmbejõuga. Käsitledes Kuu liikumist ümber Maa, tegi Newton kindlaks, et seesama Maa külgetõmbejõud, mis sunnib esemeid kukkuma Maa pinnale, ongi selleks põhjuseks, miks Kuu tiirleb ümber Maa.

Vaatleme joonist 7. Kui Maa lakaks Kuud ( $K$ ) külge tõmbamast, siis inertsiga mõjul liikudes oleks Kuu mõne aja pärast punktis  $K_1$ . Ent selle aja vältel tõmbab Maa Kuud enese poole löigu  $K_1 K_2$  võrra, mille tulemusena Kuu tegelikult satub punkti  $K_2$ . Et Maa külgetõmbejõud mõjub pidevalt, siis moodustab Kuu liikumise tee sujuva kõverjoone. Ilmneb, et iga sekundi jooksul ümber Maa liikuv Kuu «kukub» Maa poole vahemaa  $K_1 K_2$  võrra, mis on võrdne 1,36 mm. Sama teepikkuse läbiks esimese sekundi jooksul iga vabalt langev keha, mis asuks Maast sama kaugel kui Kuu.

Täpselt samuti võib selgitada planeetide liikumist ümber Päikese viimase külgetõmbejõu mõju tõttu.

Newton sõnastas ülemaailmse gravitatsiooniseaduse järgmiselt: kaks aineosakest tõmbuvad teineteise poole jõuga, mis on võrdeline nende masside korrutisega ja pöördvõrdeline nende vahelise kauguse ruuduga. Seega järeldub ülemaailmsest gravitatsiooniseadusest, et külgetõmbejõud oleneb kehade massidest ja nen-

devahelisest kaugusest. Mida suurem on mass, seda suurem on külgetõmbejõud. Kõigest sellest ilmneb, et Päike, Kuu ja teised planeedid tõmbavad külge teisi kehi (ja ka üksteist), nii nagu oleks kogu nende mass koondunud nende tsentritesse.

Kuivõrd planeetidel ja Kuul on erisugused mõõtmed ja massid, siis külgetõmbejõud tsentri suunas (s. o. see, mida me nimetame raskusjõuks) on nende pinnal samuti erinev. Arvutame, kui suur on raskusjõud Kuul. Kui Maa mass oleks võrdne Kuu massiga, siis oleks külgetõmbejõud Maa pinnal  $1/81,56$  sellest külgetõmbejõust, mis on Maal praegu. Ent Kuu raadius on  $0,273$  Maa raadiusest. Et raadiuse vähenedes külgetõmbejõud suureneb, on lõppkokkuvõttes külgetõmbejõud Kuu pinnal võrdne

$$\frac{1}{81,56} : (0,273)^2$$

ehk umbes  $1/6$  külgetõmbejõust maapinnal. Kui näiteks kaaluviht kaalub Maa pinnal  $6$  kG, siis Kuul kaalub ta (vedrukaalul!) ainult  $1$  kG. Inimene, kelle kehakaal Maal on  $70$  kG, kaalub Kuul  $11$  kG. Seepärast võib inimene sama jõupingutusega tõsta Kuul raskusi, mis on kuus korda raskemad kui Maal, hüpata kuus korda kõrgemale ja kaugemale, kui ta suutis seda teha Maal.

Võrdluseks toome tabeli, milles on näidatud Päikese ja mitmesuguste teiste päikesesüsteemi planeetide raskusjõu suurus, kusjuures ühikuks on võetud raskusjõud Maal.

|           |       |           |      |
|-----------|-------|-----------|------|
| Päikesel  | 27,47 | Jupiteril | 2,64 |
| Merkuuril | 0,27  | Saturnil  | 1,17 |
| Veenusel  | 0,85  | Uuranil   | 0,92 |
| Maal      | 1,00  | Neptuunil | 1,12 |
| Marsil    | 0,38  | Pluutol   | ?    |

Kui Kuule mõjuks ainult Maa külgetõmbejõud, siis tiirleks Kuu ümber Maa elliptilisel orbiidil ja sel juhul Kuu liikumine vastaks täpselt Kepleri seadustele. Ent Kuu liikumisele avaldavad mõju Päikese ja teiste planeetide külgetõmbejõud. Sellest tulenevaid muutusi Kuu orbiidi kujus ja asendis nimetatakse häireteks ehk ebastabiilsusteks. Häireid põhjustab samuti maa-keral lapik kujud. Et Maa lapikus on üsna väike, avaldab ta ka vähe mõju Kuu liikumisele. Peamiseks häirivaks

taevakehaks on Päike, mis oma suure massi tõttu tekitab just neid peamisi raskusi, millega puutume kokku, lahendades ülesandeid Kuu liikumise kohta ümber Maa. Päikese häiriv jõud võib olla isegi kuni  $\frac{1}{90}$  Maa külgetõmbejõust.

Kuigi Kuu tiirlemine ümber Maa on võrdlemisi keerulise iseloomuga, lubab kaasaegne Kuu liikumise teooria küllaldase täpsusega välja arvutada tema asukoha taevavõlvil. On tõsi, et vaatlusandmete ja arvutuste vahe võib ulatuda mõnikord kuni  $10''$ , ent põhjus ei seisne siin mitte Kuu liikumise, vaid Maa pöörlemise iseärasustes. Tõepoolest, kui Maa pöörlemine ümber oma telje aeglustub, näib, et Kuu liigub kiiremini ja on tegelikult juba läbinud selle punkti, kus ta peaks antud momendil asuma teoreetiliste arvutuste andmetel. Maa pöörlemise kiirenemisel leiab aset vastupidine nähtus. Tegelikult maa-kerapöörlebki ebaühtlaselt ja see on põhjuseks, miks vaatlusandmed ja teoreetilised arvutused Kuu liikumise kohta ei ühtu.

#### KUU PÖÖRLEMINE ÜMBER TELJE

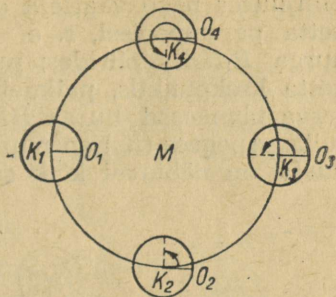
Isegi üsna väikese teleskoobiga võib vaadelda Kuu pinnal asuvaid päikesekiirtest valgustatud mägesid, üksikuid mäeahelikke ja teisi kuupinna detaile.

Juba kaugetest aegadest on teada, et ühtede ja samade faaside ajal võib näha Kuu pinnal ühtesid ja samu detaile, mis alati asuvad umbes samas asendis kuuketta äärtesuhtes. Sellest järeldub, et Kuu on alati pööratud Maa poole ühe ja sama küljega. Meie kaaslaste teist külge ei näe me Maalt kunagi.

Sellest ei tohi järeldada, et Kuu üldse ei pöörle ümber oma telje. Ta pöörleb samuti nagu Maa, ent see pöörlemine toimub palju aeglasemalt: ühe pöörde teeb ta sideerilise kuu jooksul. Selles peitubki põhjus, miks Kuu on alati pööratud Maa poole ühe ja sama küljega.

Vaatleme joonist 8. Asugu Kuu tsenter punktis  $K_1$ . Vaatleja Maalt  $M$  näeb kuuketta tsentris laiku  $O_1$ . Pärast veerandpöörde sooritamist on Kuu tsenter asendis  $K_2$ . Kui Kuu ei pöörleks ümber oma telje, oleks sirglõik  $K_2 O_2$  paralleelne sirge  $K_1 O_1$ . Sel juhul laik  $O_1$  liiguks asendisse  $O_2$  ja paistaks Maalt olevale vaatlejale kuuketta

vasakul äärel. Kui Kuu tse-  
 ter asub punkti  $K_3$ , oleks  
 nimetatud laik Kuu teisel  
 küljel punktis  $O_3$ . Asendis  $K_4$   
 oleks laik jälle Maalt näht-  
 tav, ent juba ketta paremal  
 äärel — punktis  $O_4$ . Sellist  
 nähtust aga tegelikult ei toi-  
 mu ja laik  $O$  on alati pööra-  
 tud Maa poole. Järelikult  
 pöörleb Kuu joonisel noolega  
 märgitud suunas, kusjuures  
 Kuu pöörlemisperiood ümber  
 oma telje on täpselt võrdne  
 tema tiirlemisperioodiga üm-  
 ber Maa.



Joonis 8. Kuu liigub ümber  
 Maa selliselt, et Maa poole on  
 alati pööratud üks ja  
 ja seesama külg.

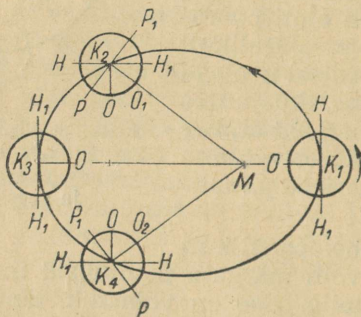
Jälgides tähelepanelikult  
 kuuketta ääri võib märgata mõningaid meile nähtamatu  
 Kuu poole detaile. See on võimalik tänu Kuu näivale  
 võnkumisele ehk libratsioonile (sõnast *libra* — kaa-  
 lud). Kuu pöörduks nagu pisut Maa suhtes vasakule või  
 paremale, kalduks alla- või ülespoole. Seepärast, jälgi-  
 des Kuud tema erinevates asendites, võib Maalt näha  
 kuni 0,6 kogu Kuu pinnast.

Kuu libratsiooni avastas 17. sajandi kolmekümnendail  
 aastail Galileo Galilei.

On olemas mitmesuguseid libratsioonide liike. Kõige  
 tähtsam libratsioon — niinimetatud libratsioon pikkuses  
 — toimub selle tulemusena, et Kuu pöörlemine on üht-  
 lane, liikumine orbiidil ebaühtlane.

Selgituseks vaatleme joonist 9. Sellel on kujutatud  
 Kuu neljas asendis —  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$  ja Maa keskpunkt  
 $M$ ; punktis  $K_1$  on perigee ja  $K_3$  — apogee. Oletame, et  
 Kuu asub perigees. Maalt on näha kuuketta tse-  
 ntris punkt  $O$ . Sirge  $HH_1$  eraldab Maalt nähtava Kuu poolkera  
 nähtamatust. Perigee lähedal liigub Kuu mööda oma  
 orbiiti suurima nurkkiirusega ja kui Kuu pärast perigee  
 läbimist teeb veerand pööret ümber oma telje, läbib ta  
 üle veerandi oma orbiidist ümber Maa (asend  $K_2$ ). Nüüd  
 näeb Maal asuv vaatleja kuuketta tse-  
 ntris punkti  $O_1$  ja  
 nähtava poolkera piiriks on sirge  $PP_1$ , mis on perpendiku-  
 laarne raadiusvektoriga  $K_2M$ , mitte aga sirgega  $HH_1$ .

Siinjuures näeb vaatleja antud Kuu asendi puhul kuu-  
ketta parempoolsel, s. o. lääneserval uusi pinnadetaile  
nurga  $P_1K_2H_1$  piirides; punkt  $O$ , mis enne oli nähtav  
ketta keskpunktis, paikneb vasakule, ja ketta idapoolse  
serva pinnaosad nurga  $HK_2P$  piirides jäävad nähtama-  
tuiks. Apogeēs ( $K_3$ ) on punkt  $O$  jällegi ketta tsentris ning  
uesti on nähtaval kõik samad pinnadetailid, mis peri-



Joonis 9. Kuu libratsiooni  
selgitamine pikkuses.

geeski. Ent asendis  $K_4$  toimub kuupinna detailide nihku-  
mine ketta tsentri suhtes vastupidises järjekorras võrrel-  
des asendiga  $K_2$ .

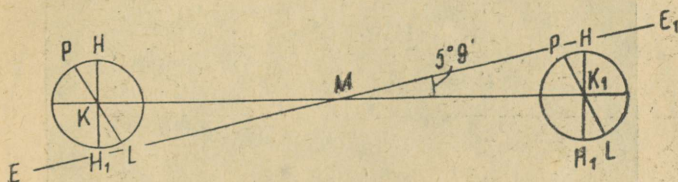
Niisiis, kui Kuu on asendis  $K_2$ , näeb vaatleja kuuketta  
parema külje taha, asendis  $K_4$  — vasaku külje taha. Suu-  
rim libratsioon (väljendatud nurkadega  $P_1K_2H_1$  või  $PK_4H$ )  
võib ulatuda kuni  $7^{\circ}54'$ .

Vaatleme teistsugust libratsiooni. Joonisel 10 kujutab  
sirge  $EME_1$  ekliptika tasapinda,  $KK_1$  Kuu orbiidi tasa-  
pinda,  $HH_1$  piiri, mis eraldab Maalt nähtavat Kuu pool-  
kera nähtamatust poolkerast,  $PL$  — Kuu pöörlemise telge,  
mis on  $83^{\circ}$  kaldu Kuu orbiidi tasapinna suhtes. Kui Kuu  
on asendis  $K$ , näeb vaatleja Maalt Kuu lõunapoolust  $L$   
ja osa Kuu pinnast selle taga; Kuu põhjapoolus on sel  
ajal meile nähtamatu. Kui Kuu on aga asendis  $K_1$ , võib  
Maalt jälgida vastupidist pilti: näha on põhjapoolus,  
lõunapoolus on aga nähtamatu.

Vaadeldud kaht libratsiooni tüüpi nimetatakse opti-  
listeks ehk näivateks libratsioonideks. Tegelikult

ongi need Kuu kõrvalekaldumised ehk võnkumised ainult näilikud.

Peale eelpool mainitud libratsioonide on olemas veel füüsiline libratsioon. Kuu ei ole rangelt kerakuju-line: ta on Maa suunas pisut väljavenitatud. Libratsioon pikkuses tingib seda, et Kuu pikem diameeter ei ole pöö-



Joonis 10. Kuu libratsiooni selgitamine pikkuses.

ratud täpselt Maa poole, vaid asub teatud nurga all sirge suhtes, mis ühendab Kuu ja Maa tsentreid. Maa külgetõmbejõud, mis mõjub sellele Maa suunas välja venitatud Kuu osale, panebki Kuu «võnkuma», mille tulemusena Kuu pinna detailid õige vähe nihkuvad oma keskmise asendi suhtes.

## KUU MERED

Palja silmaga võib Kuul näha tumedaid laike. Täis-kuu ajal meenutab kuuketas pisut inimese nägu selgesti nähtavate silmade ja ebaselgelt joonistatud ninaga. Ent juba väikese teleskoobiga vaadeldes kaovad need «näojooned» ja vaatleja näeb hulgaliselt mitmesuguseid pinnavorme. Selliste vaatluste puhul tuleb meeles pidada, et teleskoop annab ümberpööratud kujutise — Kuu lõunapoolus on üleval, põhjapoolus all, läänepoolne äär vasakul ja idapoolne paremal. Raamatu lõppu on lisatud Nesmithi ja Karpenteri poolt koostatud skemaatiline Kuu kaart ja ülesvõte Kuu pinnavormidest. On märkimisväärne, et juba Galilei, kasutades omatehtud teleskoopi, tegi esimesed joonised Kuust. 1647. a. andis Danzigi astronoom Hevelius välja Kuu pinna kirjelduse ning sellele



Joonis 11. Foto täiskuust. Kujutis on päripidine: põhi asub üleval, lõuna all.

olid juurde lisatud kaardid ja joonised. Osa sellel kaardil olevaist Kuu pinnavormide nimetustest on säilinud tänapäevani. Suuremale osale Kuu objektidest andis nimetused itaallane Riccioli 1651. a. Hiljem koostasid paljud teadlased üksikasjalisi kaarte ja atlasid Kuu pinna kohta.

Tumedaid laiike Kuu pinnal hakati nimetama meredeks. Varsti pärast teleskoobi leiutamist tehti kindlaks, et need laigud ei kujutagi endast veega kaetud alasid. Kuu merede pind ei ole kõikjal ühetasane ja asub madalamal «mandri» üldisest tasapinnast — Kuu heledatest pinnaosadest. Neid pinnaosi, mis ulatuvad «meredest» välja mandrisesse, nimetatakse «lahtedeks», üksikuid väiksemaid tumedaid laiike «järvedeks» ning lõpuks pooltumedaid piirkondi «soodeks».

Mered moodustavad Kuul omalaadse vööndi. Vööndi keskossa kuuluvad järgmised mered: Külluse, Vaikuse, Selguse, Vihmade meri ja Tormide ookean. Lõuna pool



Joonis 12. Maalt nähtava kuupoolkera merede skemaatiline kaart. Põhi asub üleval.

- 1 — Kriiside meri (Hädaohtude meri); 2 — Lainete meri; 3 — Vahu meri; 4 — Külluse meri; 5 — Vaikuse meri; 6 — Unesoo; 7 — Nektari meri; 8 — Selguse meri; 9 — Surmajärv; 10 — Unenägude järv; 11 — Külmutuse meri; 12 — Aurude meri; 13 — Palavuse laht (Rahutuse laht); 14 — Kesklaht; 15 — Mädasoo; 16 — Udude soo; 17 — Vihmade meri; 18 — Vikerkaare laht; 19 — Tormide ookean; 20 — Kaste laht; 21 — Pilvede meri; 22 — Niiskuse meri.

liituvad neile Nektari ja Aurude meri, Kesklaht, Pilvede ja Niiskuse meri; põhja pool liituvad Külmutuse meri, Kaste laht ja Tormide ookeani kirdeosa (vaata jooniseid 11 ja 12).

Suurem osa Kuu meredest on ebakorrapärase kuju ning liigestatud äärtega. Ainult mõnedel neist on enam-vähem korrapärased piirjooned. Näiteks Kriiside meri Kuu lääneserval on ovaalne. Perspektiivi tõttu näib ta väljavenitatuna põhja-lõuna suunas, kuigi tegelikult on Kriiside meri selles suunas kaks korda lühem kui lääne-ida suu-

nas. Kriiside merest ida pool asub Unesoo — Vaikuse mere heledam lääneosa. Vaikuse meri on aga üks tumedamaid kohti Kuu pinnal. Sellest lõunasse jäävad Külluse ja Nektari meri, põhja poole aga ümmargune Selguse meri. Selguse merest kagu suunas laiub Aurude meri ja loodesse Unenägude ja Surmajärv. Põhjas asub ida-lääne suunas välja venitatud Külmuse meri. Mõned kohad Külmuse ja ka Nektari meres näivad vähem tumedatena. Külmuse merest lõuna pool näeme ümmargust Vihmade merd. Udude soo ja Mädasoo on selle mere osadeks. Vihmade mere põhjaserval asub poolovaalse kujuga Vikerkaare laht. Vihmade mere kõrval näeme tohutu suurt tumedat laiku — see on Tormide ookean, mis lõunas ühineb Niiskuse ja Pilvede merega.

#### MÄED JA TEISED KUU PINNAVORMID

Kõige iseloomustavamateks Kuu pinnavormideks on rõngakujulised mäed ehk tsirgid. Nendega on kaetud peaaegu kogu Kuu pind. Tsirgi põhi on tasane ja asub ümbritseva ala tasemest madalamal. Rõngasvall on kõrge, kusjuures valli välimine kallak on laugjas, sise-mine aga järsk. Sageli on rõngasmäe tsentris üks või mitu kõrgendikku. Sellist keskse kõrgendikuga rõngasmäge on hakatud nimetama k r a a t r i k s. Teleskoobis on mäed eriti hästi näha siis, kui nad heidavad pikki varje, olles valgustatud kaldu langevatest päikesekiirtest. Sellised valgustustingimused on Kuul päikese tõusu ja loojumise ajal terminaatori läheduses. Joonisel 13 on ära toodud Kuu esimese veerandi foto. Selle hommikupoolsel terminaatoril on näha mitmekesiseid pinnavorme.

Kuu tsirkide mõõtmed on väga suured. Suuremate tsirkide läbimõõdud ulatuvad sadade kilomeetriteni: Grimaldi 237 km, Clavius 230 km, Ptolemaios 185 km. Ptolemaiose tsirk on näha fotol (joonis 14), mis on saadud Kuu esimese veerandi pildistamisel. Joonisel 14 on parempoolse osa keskel Alfonsi kraater oma keskse kõrgendikuga, foto ülaosas asub Arzachel kraater, all — ilma kõrgendikuta Ptolemaiose kraater. Vallide harjad on ebatasased, hambulised ja teravate tippudega.

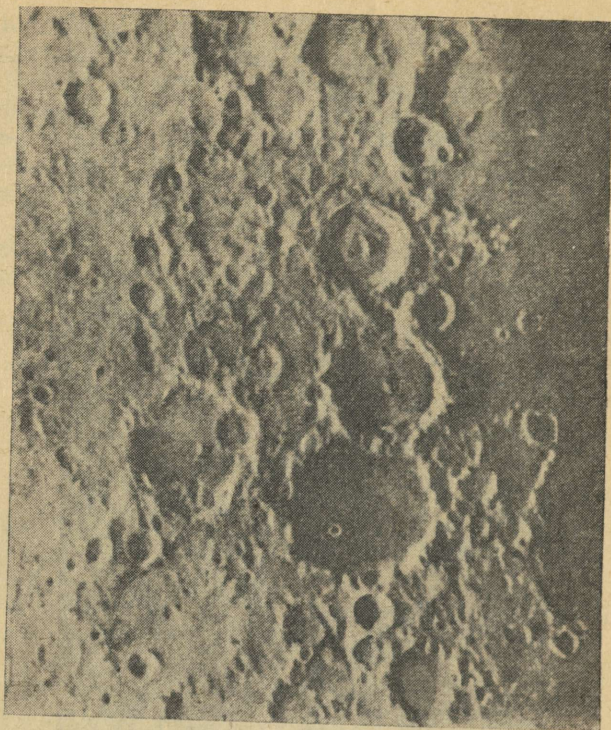
Mõnikord kõneldakse, et Kuu rõngasmäed meenutavad Maa vulkaanide kraatreid. Tegelikult on nende vahel



Joonis 13. Kuu esimene veerand (vaade teleskoobis). Lõuna asub üleval, põhi all ja lääs vasakul.

suur erinevus. Maa vulkaan on harilikult kõrge mägi, mille ülaosas on suhteliselt väikese läbimõõduga lehtritaoline süvend — kraater. Kuu tsirkidel aga, mis kujult meenutavad alustassi, on põhi ümbritsevast alast madalam ja ringvalli läbimõõt on mitu korda suurem kui tema kõrgus.

Peale suurte tsirkide ja kraatrite on Kuul veel sadu tuhandeid väikesi kraatreid. Need on nõndanimetatud kraatrikesed, mille läbimõõt on mõnestsajast meetrist kuni mõne kilomeetrini. Kraatrikestes puuduvad kesksed mäed ja kõige väiksematel kraatritel ei ole isegi



Joonis 14. Alfonsi (keskse kõrgendikuga, asub foto keskel), Arzachel'i (kõrgemal) ja Ptolemaiiose (madalamal) rõngasmäed.

valli. Viimaseid on võimalik jälgida ainult terminaatori läheduses väga tugevasti kaldu langevate päikesekiirte valguses, kui kogu süvend on varjus.

Kõrvuti tüüpiliste rõngasmägedega on Kuul ka palju teisi mägede liike. Näiteks esineb seal poolpurunenud vallidega kraatreid ja kahekordseid kraatreid, mis koosnevad kahest kõrvuti asetsevast ühise valliga piiratud kraatrist. Esineb ka kaksikkraatreid, millel ei ole üldse eraldavat valli. Niinimetatud «uppunud» kraatritel on näha ainult üksikuid pinnasest väljaulatuvaid rõngasvalli tippu. Võib kohata ka «kraater-fantome» või «kraater-viirastusi». Need on heledad rõngad, mis ei heida



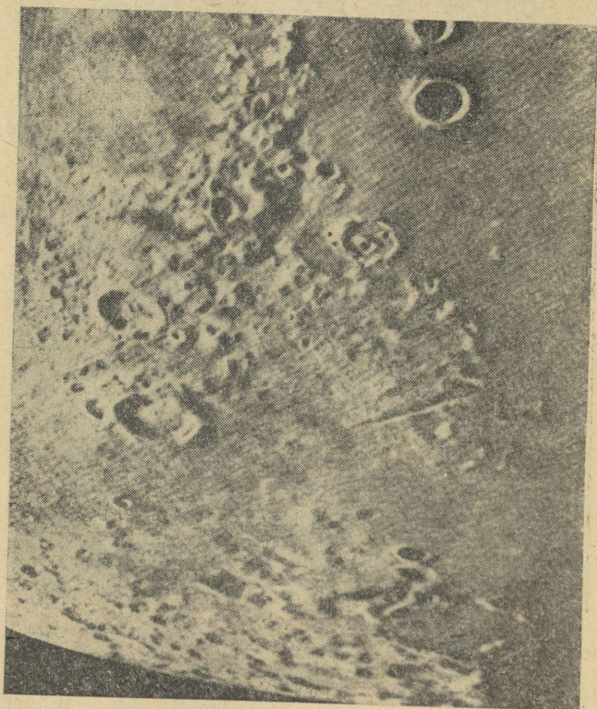
Joonis 15. Kuu Apenniinid, mis palistavad Vihmade merd. Foto allosas asub kolm rõngasmäge: Arhimedes (äärmine paremalt), Autolükos (vasakpoolne) ja Aristillos (Autolükose kraatrist madalamal). Nende mägede rajoonis «kuundus» teine nõukogude kosmiline rakett.

varje. Jääb mulje, et nende vall on täielikult vajunud pinnasse ning valli katnud helendav aine on segunenud pinnase ülemise kihtidega, jättes järele ringikujulise jälje.

Peale rõngasmägede võib Kuul näha ka üksikuid järseke teravaid mägesid, mida nimetatakse tippudeks, mäeahelikke, mis suuremalt osalt on piiratud hüglaslike kuumeredega, ja meredest üleskerkivaid pikki lamedaid seljandikke ehk valle.

Eriti maalilised mäeahelikud ümbritsevad Vihmade

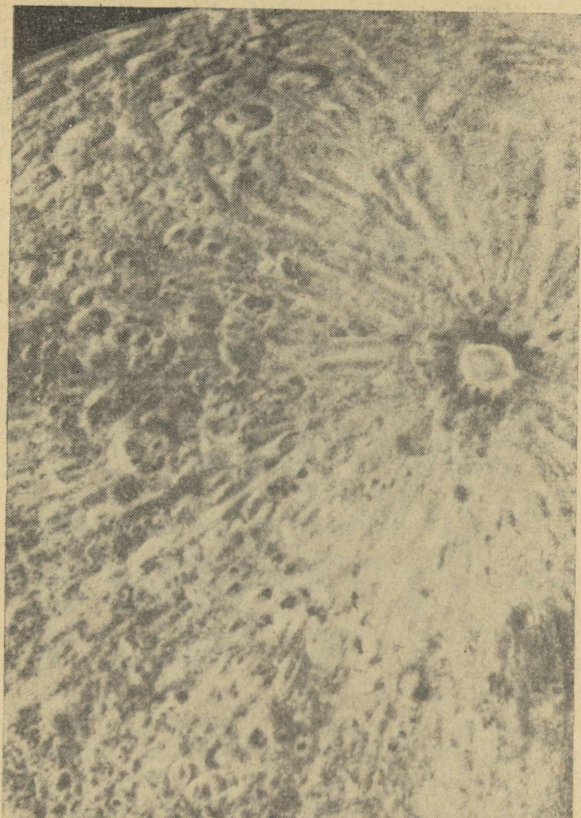
merd. Foto keskosas (joonis 15) on näha Apenniinide mäeahelik, mis külgneb Vihmade mere edelaosaga. Selle võimsa mäestiku tipud kõrguvad kuni 5000—6000 meetrini. Ülesvõtte parempoolse osa alumises nurgas on näha



Joonis 16. Kaukasuse mäed Kuul. Ülesvõtte ülaosas on näha kaks kraatrit — Autolükos ja Aristillos (vt. joonis 15).

kolm rõngasmäge, mille ümber laialdasel alal paiknevad loojuva päikese kiirtest valgustatud üksikud tipud. Suurim rõngasmägedest kannab Arhimedese nime. Selles rajoonis «kuundus» teine nõukogude kosmoserakett.

Ülesvõtte alumises ääres on näha Kaukasuse mäestiku lõunapoolne osa, mis eraldab Vihmade merd Selguse merest. See osa on hästi nähtav joonisel 16. Mägede nõlvad on Vihmade mere pool järsud, aga vastaspoolel lamedad. Kaukasusest kirde suunas, piki Vihmade mere loo-



Joonis 17. Tycho kraatrist väljuvad igas suunas  
«heledad kiired».

dekallast kulgeb Alpide mäeahelik, mida läbib pikuti lai, sirge vagu — Alpide org. See omapärane moodustis, mis jagab Alpid kahte ossa, on üle 120 km pikk ja mõninga-gates kohtades kuni 15 km lai. Ülesvõttel võib märgata heledat nurgelist täppi Vihmade meres. See on Püütoni mäetipp, mida valgustab Päike. Mäejalam asub veel var-jus.

Kui Päike seisab madalal ja esemete varjud on pikad, siis võib näha merede põhjas väljaveninud lainjaid kõr-

gendikke — valles ehk sooni, millel kõrgus ei ületa 1000—2000 meetrit. Neid leidub kõikides meredes. Eriti hästi on vallid nähtavad Selguse meres.

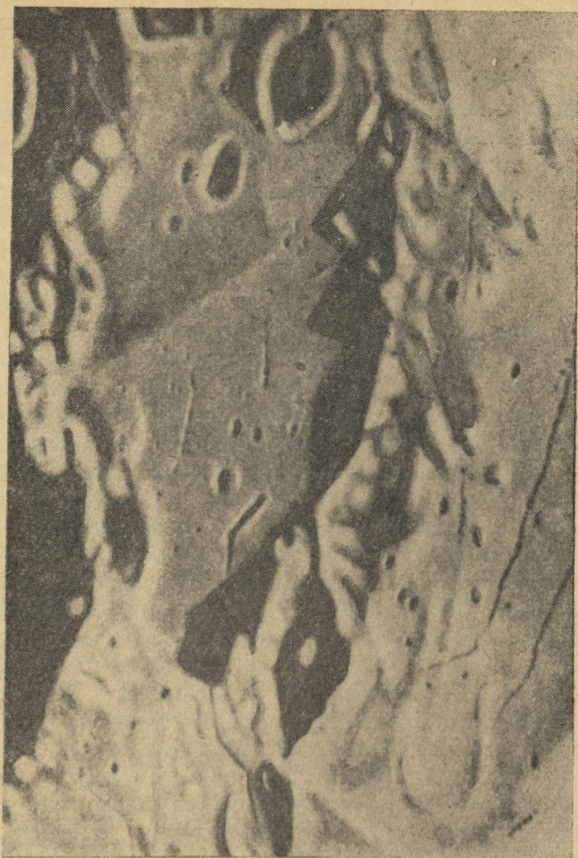
Salapäraseks moodustisteks Kuu pinnal on heledad kiired, mis väljuvad mõnest kraatrist ja on väga hästi nähtavad täiskuu ajal. Peamiseks heledate kiirte allikaks on Kuu lõunapoolkeral paiknev Tycho kraater (joonis 17), millest väljub ligikaudu 100 kiirt. Mõningad neist kulgevad isegi tuhandete kilomeetrite kaugusele. Tycho kraatrist lähtuvad kiired ei alga otse rõngasvalli juurest, vaid 60 km eemalt, kraater ise on ümbritsetud tumeda rõngaga. Palju kiiri lähtub Koperniku, Kepleri, Anaksagorase ja teiste kraatrite juurest. Kraatrite juures kiired harilikult sulavad kokku ja moodustavad omapärase helenduse. Kaugeimas otstes kiired pidevalt ahenevad ning lõpuks kaovad hoopis. Mõningate, näiteks Kopernikuse kraatri kiired ei ole sirged, vaid lõikuvad üksteisega. Selle tulemusena näib kiirte süsteem segipaisatuna.

Kiirte heledus ei ole kõigis paikades ühesugune: see on kõige suurem kraatri läheduses, eemaldumisel heledus väheneb. Merede taustal on kiired hästi nähtavad mitte ainult täiskuu, vaid ka teiste faaside ajal. Kiired kulgevad kuhu ja suunda muutmata üle mägede ja orgude. Minisuguseid varje nad ei heida ja sellest me järeldame, et nad ei ole kõrgendikud.

Paljusid kraatreid Kuul ümbritseb peale kiirte veel helendus, mida nimetatakse pärjaks ehk nimbuseks. Mõned Kuu pinnaosad on kaetud heledate laikudega. Pärgade ja heledate laikude heledus oleneb päikesekiirte langemisnurgast. Täiskuu ajal on nende heledus maksimaalne. Selle helendava aine olemus on aga tänini tundmatu.

Teiseks tähelepanuväärseks pinnavormiks Kuul on mitmes kohas esinevad praod. Neid tuntakse umbes 500. Joonisel 18 on näidatud Vendelinuse tsirk koos ümbrusega, mis on kaetud paljude pragudega. Pragudes on palju väikesi kraatreid, mistõttu need moodustised meenutavad niidile aetud helmeid. Niisugune nähtus on omane paljudele Kuul pragudele.

Kuul võib kohata ka lamedamate seinte ja tasase põhjaga pragusid. Neid nimetatakse vagudeks. Selliste objektide hulka kuulub Herodotose kraatrist põhja pool,



Joonis 18. Vendelinuse tsirk ja selle ümbrus.

Tormide ookeanis asuv «vagu», mis oma kujult meenutab tähte W.

Kuu pinnavormide mitmekesisus viitab sellele, et kunagi leidsid seal aset suured muutused ja katastroofid. Ent kas ka tänapäeval toimub Kuul mingisuguseid muutusi? Selle küsimuse vastu hakati huvi tundma juba ammu ja paljud uurijad püüdsid leida tõendusi jaatavaks vastuseks. Seejuures unustati sageli, et Kuu pinna väline vaade teleskoobis sõltub tunduvalt valgustavate päikese-

kiirte langemisnurgast. On piisav, kui öelda, et Kuu pinna reljeefi saab jälgida ainult terminaatori läheduses ning et täiskuu ajal üldse mingit reljeefi märgata ei ole. Kuu pinna äärmiste osade perspektiivvaade moonduv veel libratsiooninähtuste tagajärjel.

Astronoom J. Schmidt, jälgides möödunud sajandi seistmekümnendail aastail Linné kraatrit, avastas selle asemel heleda laigu. Selle laigu võib leida fotol (joonis 15) Selguse mere tumedal tagapõhjal, kui Apenniinide põhjapiirilt (põhi on all!) tõmmata vasakule ettekujutatav, ülesvõtte alumise servaga paralleelne joon. Ka teised vaatlejad nägid selles kohas Kuu pinnal kraatri asemel heledat laiku. Mõningad vaatlejad märkasid, et Hyginuse kraatri lähedusse ilmusid uued väikesed kraatrid, mis varajasematel kaartidel puudusid. Kui ei ole tegemist mingi veaga ja kui see nähe realselt esines, siis on võimalik, et ta kannab vulkaanilist iseloomu. Samuti rida teisi nähtusi tõendavad, et Kuul toimub ka tänapäeval vulkaaniline tegevus. Vaatlejad on mitmel korral märganud detailide nähtavuse muutumist teatavate tsirkide põhjas. Tekib mulje, et vaadeldavad detailid mattuvad mingisuguste Kuu pragudest eralduvate gaaside kergesse vinessse.

1958. aasta oktoobris-novembris sai N. A. Kozõrev Nõukogude Liidu TA Krimmi astrofüüsika laboratooriumis 122-sentimeetrise reflektori abil mõned spektri fotod (spektrogrammid) Alfonsi kraatri keskse mäetipu ja kraatri põhja kohta (vaata joonis 14). Üks spektrogrammidest, mis saadi 3. novembril, oli väga omapärane. Sellel esinesid mingisuguse kiirguse ribad, mis puuduvad harilikus Kuu spektris. Saadud spektrogrammide analüüs võimaldas N. A. Kozõrevil teha järgmise järelduse: 3. novembril 1958. a. toimus Alfonsi kraatri keskse mäe vulkaaniline purse, mille ajal eraldus gaasipilv. Pilve koosseisu kuulusid ka süsiniku molekulid. Gaasid pidid helenduma Päikese lühilainelise-, röntgeni- ja ultraviolettkiirguse mõjul.

Nagu me juba teame, on Kuu pinnareljeefi iseärasuseks paljude rõngasmägede, tsirkide ja kraatrite olemasolu. Nende tekke seletamiseks on esitatud rida hüpoteese. Ühed seletavad Kuu tsirkide ja kraatrite tekkimist välismõjude, näiteks meteoriitide toimega, teised räägivad sisemistest põhjustest, eriti vulkaanilisest tegevusest.

Vastavalt meteoriitide mõjuga seotud hüpoteesile tekkisid tsirgid ja kraatrid meteoriitide põrkamisel vastu Kuu pinda. Meteoriidid — mitmesuguse suuruse ja kaaluga taevakehad — langevad sageli maapinnale. Oletame, et meteoriit põrkab vastu Kuu pinda kiirusega mitukümmend kilomeetrit sekundis. Löögi korral muundub liikumisenergia silmapilkselt soojuseks. Kõrge temperatuuri tõttu meteoriit muutub tugevasti kokkusurutud kuumadeks gaasideks, mis paisudes plahvatavad. Tekib tüüpiline lehter, mida Maalt näeme kraatri või tsirgina.

Et põhjendada meteoriitide hüpoteesi, uurisid mõned teadlased mürsu- ja pommiauke ning teostasid spetsiaal-seid katseid. Nad viskasid erineva kiirusega mitmesuguseid esemeid või pulbrikoguseid pulbrikihtidele. Nende katsete tulemusena saadi väikesed, mõnesentimeetrise läbimõõduga kraatrid, mis väliselt meenutasid Kuu kraatreid. Et aga selliste kraatrite mõõtmed võrreldes looduslike kraatritega märgatavalt erinesid, ei ole võimalik saadud järeldusi rakendada Kuu pinnal asuvate reaalsete objektide kohta.

Kui oletada, et Kuu pinnal olevad hiiglaslikud kraatrid tekkisid meteoriitide langemise tagajärjel, siis samal põhjusel oleksid pidanud tekkima ka Maa kraatrid. Et niisuguseid moodustiisi aga Maal ei ole, siis võiks arvata, et kraatrid tekkisid Maa ja Kuu arenemise algperioodil. Käesolevaks ajaks on Maa kraatrid tuule, vihma, lume ja külma purustava mõju tõttu hävinud. Kuu kraatrid aga säilisid, sest Kuul ei ole õhku ja vett ning ainult järsud temperatuuri kõikumised peaksid vähehaaval kuumägesid purustama.

Pole võimalik eitada, et väiksemad kraatrid Kuul võisid tekkida meteoriitide langemise tagajärjel. Seda tõestavad jäljed, mis on jäänud maapinnale suurte meteoriitide langemisel. Niisuguste kraatrite hulka kuulub kraater Arizonase kõrves Põhja-Ameerika Ühendriikides.

Selle läbimõõt on 1207 meetrit, sügavus 174 meetrit. Kraatri vall tõuseb 40—50 m kõrgemale ümbritsevast maapinnast. Enam kui 10 km raadiuses kraatri ümber leiti palju rauast meteoriidikilde.

Meteoriidihüpoteesi seisukohalt tekkisid suured kesksete mägedeta tsirgid ning vallidega ümbritsetud mered (näiteks Kriiside meri) selle tagajärjel, et meteoriit tungis kõvast kuukoorest läbi, jättes järele augu, ja kraatri sisemus või meri täitus vedela laavaga. Täpselt samuti ka teised mered Kuul kujutavad endast grandioosseid kõvale pinnasele laialivalgunud laavakihte. Mõningatest suurtest kraatritest lähtuvad «heledad kiired» on pihustatud aine, mis meteoriidi langemisel võis erinevates suundades laiali paiskuda mööda Kuu pinda.

1949. a. ilmus nõukogude õpetlase A. V. Habakovi raamat «Kuu pinna arenemise ajaloo põhiküsimustest», milles on näidatud, et Kuu pinnareljeefi vormide tekkimist saab hästi seletada puhtsisemiste põhjustega ja eriti just vulkaanilise tegevusega.

A. V. Habakov näitab, et Kuu pinnal võib leida palju endise vulkaanilise tegevuse tundemärke, suurte maaalade vajumist ja nende üleujutamist laavakihtidega, mis tänapäeval on nähtavad merede tumedate laikudena. Kõikide Kuu merede juures võib leida uue pinnase alla mattunud endiste merede jälgi. Sellised jäljed on nähtavad Külluse mere idaosas Taruntiuse ja Kolumbuse kraatrite vahel ning Pilvede meres. Niiskuse merd äärestab rida poolringikujulisi lahti. Need on kraatrid, mille vallist pool on maetud, ülejäänud osa aga merepinnal nähtav. Üleujutatud kraatrite hulka kuuluvad «kraatrid-fantoomid», millest rääkisime juba varem. Need tõsiasiad näitavad, et praegu Kuul esinevad pinnavormid tekkisid erinevatel aegadel. Olemasolevad Kuu mered ei ole kõige vanemad. Altai mägede rajoonis võib märgata järsakut, mis koosneb poolringikujulistest lahtedest. See on väga vana mere kallas, millel alles hiljuti tekkisid praegu nähtavad kraatrid.

Võimalik, et «merede vööndi» tekkimine on seotud Kuu kaju muutumisega. Inglise õpetlane George Darwin, kuulsa Charles Darwini poeg, avaldas arvamust, et kauges minevikus Kuu pöörles oma telje ümber kiiremini, mille tulemusena ta muutus märgatavalt kokkusurutuks. Hiljem, pöörlemise aeglustumisel, muutus Kuu rohkem

kerakujuliseks. Polaarialade pind tõsis ja murdus, ekvatoriaalvööndis toimusid grandioossed pinna langemised, mille tulemusena laava väljus ja ujutas üle mäed ning kraatrid.

Võimalik, et enamus Kuu kraatreid tekkis sulalaava väljapurskumisel Kuu sisemusest. Rida tundemärke osutab ühe ja sama tsirgi moodustumisprotsessi kordumisele. Näiteks on olemas tundemärke mitmekordsetest pursest paljudele Kuu vaatlajatele tuntud Catharina tsirgi juures. Suuremad tsirgid, mis mõõtmetelt on lähedased Kriiside mere tüüpi ümmargusele merele, võivad moodustuda pinnasekihi sissevarisemise tagajärjel sulamiskollete kohal.

A. V. Habakov on arvamusel, et kraatrite moodustumise ajajärgud Kuul vaheldusid suurte koore sisselangemise ajajärkudega, mille tagajärjel tekkisid mered. Seda esilekutsuvaks põhjuseks oli Kuu perioodiline kokkutõmbumine ja paisumine. Paisumiste ajal moodustusid uued kraatrid ja pragudele sarnased murded, kokkutõmbumise ajal tekkisid uued mered ja niinimetatud kinnist tüüpi murded, mis olid vallide ja soonte kujulised.

Kuu pinna arenemises oli A. V. Habakovi arvates kuus perioodi. Vanim neist on kuukooriku arenemise ajaloo algastmeks, kui «rõngasmägesid oli üldse veel suhteliselt vähe ja Kuu pinna põhiliseks vormiks oli peaaegu kraatritest vaba küngastike või seljandikega kaetud tasandik, mis sarnaneb laavast moodustunud ja šlakiga kaetud pinnaga».

Järgmise ehk altai-eelse ajajärgu kestel toimus kraatrite moodustumine, «mille kohta võime ainult oletusi teha, lähtudes muistse Altai mägi ala murtud reljeefist, mis tõestab, et varem eksisteerinud rõngasmäed on muutunud».

Altai-eelsele ajajärgule järgnes altai ehk muistne ajajärk. Siis toimus muistsete merede moodustumine, millest on säilinud väga vähe jälgi. «Vaatlusandmete kohaselt väärib nende hulgas tähelepanu esmajoones kaarekujuliselt paindunud Altai mäestiku külg, mis kujutab endast mingi väga suure ümmarguse mere kalda jäänuseid».

Edasi järgneb Kuu ajaloo keskperiood. Keskajajärgul tekkis hulk tänapäevani säilinud Kuu rõngasmägesid. Paljud neist ujutati üle järgneva, ookeani perioodi kestel, kui moodustusid Tormide ookean, Vihmade meri ja tei-

sed. Viimast ajajärku nimetab A. V. Habakov uusimaks ajajärguks. Sel perioodil moodustusid kraatrid merede pinnal. Tüüpilisemaks selle perioodi kraatriks on väikese-mõõtmeline heleda värvusega Koperniku kraater, millest lähtub heledate kiirte süsteem.

### KAS KUUL ON ATMOSFÄÄR?

Maa on ümbritsetud õhukihiga — atmosfääriga, mis sisaldab elutegevuseks vajalikke gaase. Loomadele ja inimestele on hingamisel vaja hapnikku, taimedele toitumisel süsihappegaasi. Ilma atmosfäärita ei oleks võimalik merede ja ookeanide olemasolu Maal. Vesi on vedelas olekus ju ainult seetõttu, et õhk avaldab talle survet. Õhuta ruumis aurustuks vesi silmapilkselt. Aga kas Kuul on atmosfäär?

Atmosfääri olemasolu Kuul või mõnel teisel planeedil saab kindlaks teha mitmesuguste nähtuste järgi.

Me teame juba, et Kuu liigub tähtede keskel läänest itta. Kui Kuu läheb läbi Maa ja tähe vahelt, siis täht kustub Kuu serva taha kadudes silmapilkselt. Kui Kuu oleks ümbritsetud atmosfääriga, siis oleks täht valguskiirte murdumise tagajärjel atmosfääris (niinimetatud refraktsiooni tõttu) nähtav veel teatava aja kestel pärast Kuuga kattumist. Samal põhjusel peaks täht Kuu tagant välja ilmuma varem. Kui aga Kuul ei oleks atmosfääri, peaks tähe kustumine ja süttimine täpselt ühte langema momentidega, mil Kuu katab või vabastab tähe. Tegelikult mingit ajavahet märgata ei ole. Lõppeks, kui täht kattub Kuuga, peaks atmosfääri olemasolu korral tähe heledus vähenema sujuvalt. Ka seda nähtust ei esine kunagi.

Teiseks tõestusviisiks atmosfääri olemasolu või mitteolemasolu kindlaksmääramisel võiks olla videviku nähtus. Maa õhukihist läbi tungivad päikesekiired hajuvad selles, eriti sinised ja violetsed kiired, mille lainepikkused on väiksemad kui punastel kiirtel. Muide, just sel põhjusel on Maa taevast sinine.

Kui Päike kaob mingi koha horisoni taha, siis otsesed päikesekiired lakkavad maapinda valgustamast. Saabub videvik, mille ajal valgus tuleb Päikese poolt valgustatud atmosfääri ülemistest kihtidest tänu päikesekiirte hajumisele. Seega, kui ei oleks atmosfääri, siis puuduks

ka hajunud valgus ja öö saabuks järsku, ilma sujuva üleminekuta valguselt pimedusele. Seepärast peaks planeedil, millel puudub atmosfäär, valgustatud ja valgustamata poolkera vaheline piir (terminaator) mõnelt teiselt taevakehalt vaadatuna olema nähtav kitsa joonena. Just niisugusena paistab teleskoobis Kuu terminaator. Vastupidi, kui vaatlusi teostatakse Kuult, näiks Maa terminaator laialivalgununa.

Et puudub atmosfäär ja valguskiirte hajumine, siis Kuu mägede varjud on teleskoobis täiesti süsimustad ja selgete piirjoontega. Maa atmosfäär pehmen dab ülemineku id valgustatud aladelt varjus olevatele. Valguse hajumise tagajärjel näivad kõik kauged esemed olevat mattunud õhuvinesse. Nähtus on seda märgatavam, mida kaugemal vaatlejast esemed asuvad. Kuul ei ole sellist viinet kunagi märgata. Iialgi ei ole seal näha udu ja pilvi. Päeval on taevas Kuul must ja seal on näha vilkumatauid tähti. Maapinnalt vaadatuna vilguvad tähed ju seepärast, et me näeme neid läbi liikuva õhukihi.

Kui Kuul oleks atmosfäär, siis võiks seda spektraalanalüüsi abil avastada. Atmosfääriga ümbritsetud planeedi spekter erineb Päikese spektrist. Põhjuseks on, et gaasikihti läbivad ja planeeti valgustavad päikesekiired neelduvad seal kaks korda: algul, kui kiired langevad planeedi pinnale ja siis, kui nad peegelduvad tagasi. Planeetide, näiteks Jupiteri või Veenuse spektrites tekivad lisaribad või -jooned, mis Päikese spektris puuduvad. Kuu spekter, nagu tõendasid katsed, ei erine Päikese omast mitte milleski.

Kõik see näitab, et mingit märgatava tihedusega Kuud ümbritsevat gaasikihti ei ole. Sama tõendasid ka uurimised, mis teostati Kuul maandunud teise nõukogude kosmoseraketi abil. Ilmnes, et Kuule lähenemisel ionide tihedus veidi küll kasvas, kuid siiski vaevumärgatavalt. Seepärast võib veendunult öelda, et Kuu merede ja mandrite kohal olev keskkond ei erine praktiliselt millegi õhuta maailmaruumist.

Miks siis Kuul ei ole atmosfääri? Nagu teada, koosneb gaas korrapäratult liikuvatest, üksteisega kokkupõrkavatest ja pidevalt liikumissuunda muutvatest molekulidest. Kokkupõrgete ajal muutuvad ka molekulide liikumiskiirused: mõningatel võib see suurened a, teistel vähened a. Seetõttu molekulide liikumiskiirused võivad olla märga-

tavalt erinevad. Siiski on suurema osa molekulide liikumiskiirused lähedased niinimetatud keskmisele kiirusele. Viimane sõltub molekuli massist ja absoluutsest temperatuurist. Mida kergem on molekul ja mida kõrgem on absoluutne temperatuur, seda suurem on keskmine kiirus. Meenutame lugejale, et nullpunkt absoluutse temperatuuri skaalal asub 273 kraadi võrra madalamal kui Celsiuse skaalal. Järelikult absoluutne null Celsiuse skaala järgi vastab temperatuurile  $-273^{\circ}$ .

Kas molekul võib eemalduda maakerast ja lennata maailmaruumi? Selleks peab ta omama küllaldast kiirust, et ületada Maa külgetõmbejõudu. Sellise kiiruse arvuliseks väärtuseks on 11,2 km/sek. ja seda nimetatakse parabolseks kiiruseks, sest molekul või ka iga teine keha hakkab planeedilt eemaldumisel liikuma mööda lah-tist kõverat — parabooli.

Kuigi molekulide kiirus tihedates atmosfäärikihtides on suur, ei suuda nad sagedaste kokkupõrgete tõttu läbida märgatavat vahemaad. Ent suurel kõrgusel, kus õhutihedus on väga väike, põrkavad molekulid üksteisega harva kokku. Seepärast võivad mõned parabolset kiirust omavad molekulid lennata maailmaruumi. Lämmastiku, hapniku ja veeauru molekulid ei saa Maalt lahku-da, sest nende keskmine kiirus ei ületa 11,2 km/sek. See-tõttu hoiab Maa oma atmosfääri kindlalt kinni. Väikese raskusjõu tõttu on parabolne kiirus Kuul ainult 2,4 km/sek. Kuna hapniku ja lämmastiku molekulide kiirused isegi madalal temperatuuril on sellest väärtu-sest suuremad, siis Kuu, kui tal ka kunagi oli atmosfäär, pidi selle tingimata kaotama.

#### TEMPERATUUR KUUL

Missugusel määral on Kuu pind soojenenud?

Kuu temperatuuri mõõtmiseks kasutatakse termoele-menti. See on riist, mis koosneb otsest kokku joodetud kahest erinevast metallist valmistatud niidist või ribast, näiteks raud- ja vismutribast. Ühe jootekoha kuumuta-misel tekib juhtmes vool. Mida suurem on jootekohtade temperatuuride erinevus, seda suurem on voolutugevus.

Planeetidelt ja Kuult saabuva kiirgusenergia mõõtmiseks kasutatavad termoelemendid on väikeste mõõtmete

ja suure tundlikkusega. Mõlemad termoelemendi jootekohad paigutatakse erilisse ballooni, millest õhk on välja pumbatud. Ühes anuma seinas on kivisoolast plaadike-sega kaetud avaus, mis laseb läbi peaaegu kõiki Kuult tuleva kiirguse komponente, sealhulgas ka infrapunaseid kiiri.

Termoelement paigutatakse suure reflektorteleskoobi fookusse ja planeedi või Kuu pinna mingi detaili kujutis suunatakse täpselt ühele termoelemendi jootekohtadest. Teisele jootekohale langeb vaba taeva kujutis. Selle tulemusena mõõteriist registreerib voolu, mis tekib ainult Kuu pinnalt peegeldunud päikesekiirte ja Kuu enesepoolt kiiratava infrapunase kiirguse tagajärjel. Nende kiirte eraldamiseks kasutatakse vesifiltreid (puhta veega täidetud prisma), mida kiired peavad läbima. Vesifilter laseb hästi läbi nähtavaid peegeldunud päikesekiiri, mille lainepikkused ületavad  $10\,000\text{ \AA}$ <sup>1</sup>. Mõõtmisi teostatakse algul ilma filtrita (registreeritakse kogu kiirgus), seejärel aga filtriga. Mõõteriista näitude vahe annab planeedi soojuskiirguse intensiivsuse. Pärast mõningaid arvutusi võib määrata planeedi või Kuu uuritava koha temperatuuri.

Teostatud mõõtmised näitavad, et täiskuu ajal on temperatuur  $+130^{\circ}\text{C}$  Kuu pinna neis kohtades, mille suhtes Päike on ligikaudu seniidis. Kuu äärtele lähenedes temperatuur langeb. Kuu valgustamata osa temperatuur on  $-150^{\circ}\text{C}$ .

Huvitav on mõõta Kuu pinna temperatuuri muutumist kuuvarjutuse ajal. Sellised mõõtmised võimaldavad saada andmeid Kuu pinna pealmiste kihtide soojusjuhtivuse ja aine kohta. 1927. aasta juunikuus oli temperatuur vaadeldavas punktis enne kuuvarjutust  $+69^{\circ}\text{C}$ . Peale seda, kui Kuu kattus Maa varjuga, langes sama koha temperatuur mõnekümne minuti jooksul kuni  $-117^{\circ}\text{C}$ . Kui varjutus lõppes, hakkas temperatuur uuesti kiiresti tõusma. Teoreetilised uurimised näitavad, et Kuu pinna kiire jahutamine peale kattumist Maa varjuga tõendab pinnase aine äärmiselt väikest soojusjuhtivust ja soojusmahtuvust. Kui pinnasekihtide soojusmahtuvus ja soojusjuhtivus oleksid suured olnud, siis oleksid nad pidanud koguma endasse päeval palju soojusenergiat ning varju-

<sup>1</sup>  $1\text{ \AA}$  (ongström) =  $10^{-8}\text{ cm}$ .

tuse ajal oleks soojus sisemistest kihtidest pidevalt pinnale kandunud, mille tagajärjel pinna jahtumine oleks toimunud aeglasemalt.

Tänapäeval uuritakse Kuu pinnasekihtide temperatuuri ja ainet raadioastronoomiliste meetoditega. Peale termoelementidega registreeritava infrapunase kiirguse kiirgab Kuu ka raadiolühilaineid. Juba 1946. aastal avastati Kuu raadiokiirgus lainepikkusel 1,25 cm. Selle kiirguse intensiivsuse järgi määratud Kuu temperatuur muutub ööpäeva jooksul vähem kui infrapunase kiirguse järgi mõõdetud temperatuur. Raadioastronoomiliste vaatluste põhjal on kindlaks tehtud, et Kuu mingi punkti temperatuur muutub maksimaalseks  $3\frac{1}{2}$  ööpäeva hiljem, võrreldes termoelemendi poolt registreeritud maksimumiga.

Nähtust seletatakse sellega, et kivid ja kaljud on raadiolainete suhtes osaliselt läbipaistvad. Seepärast ei saa me raadioastronoomiliste mõõtmiste teel teada mitte Kuu pinnatemperatuuri, vaid kuukooriku mingisuguse kihi keskmist temperatuuri.

Registreerides Kuu raadiokiirgust erinevatel lainepikkustel on võimalik kindlaks määrata erinevatel sügavustel paiknevate pinnasekihtide temperatuuri. Asi seisab selles, et mida suurem on lainepikkus, seda sügavamal asuvatest kihtidest kiirgus tuleb. Võiks arvata, et nende kihtide temperatuur Kuu ööpäeva jooksul kuigi märgatavalt ei muutu. Tõepoolest, nõukogude teadlaste viimased tööd, mille puhul uuriti Kuu sügavatest kihtidest tulevat kiirgust lainepikkusega 3,2 cm näitavad, et temperatuur on seal püsivalt  $-100^{\circ}\text{C}$ .

Niisiis ei ole Kuul õhku ega vett ja seal on järsud temperatuurikõikumised. Küsitakse, kas Kuul on elu? Selleks et elu, mille aluseks on keerulised süsinikuühendid — rakud, süsivesikud ja rasvad — võiks eksisteerida, on vaja kindlaid tingimusi.

Esmajoones ei tohi temperatuur olla ei liiga kõrge ega eriti madal. Liiga kõrge temperatuuri juures elusorganismid hävivad. Näiteks selleks, et hävitada haigusttekitavaid mikroobe vees, keedetakse seda. Peab märkima, et võrreldes keerulisemate organismidega on lihtsamad organismid vähemtundlikud kõrge temperatuuri suhtes. Võib ütelda, et keeruliste organismide olemasolu on võimatu, kui temperatuur ületab  $60-70^{\circ}\text{C}$ . Hukutavalt mõjub

paljudele eluvormidele ka liiga madal temperatuur. Küllalt madalal temperatuuril rakud hävivad.

Edasi, elu olemasoluks on vajalik atmosfäär. Atmosfääris peab olema hapnikku hingamiseks ja süsihappegaasi taimede toitumiseks.

Kolmandaks tingimuseks on vee olemasolu. Vesi on kõigi elusolendite lahutamatuks koostisosaks. Loomade ja taimede eksisteerimine ilma veeta on võimatu.

Ühtegi neist eluks vajalikest tingimustest Kuul ei ole. Seepärast võib kinnitada, et Kuu on viljatu, kivine kõrb, kus puudub igasugune elu.

#### MILLEGA ON KUU KAETUD?

Kuni seniajani ei ole täpseid andmeid Kuu pinnase koosseisu kohta, olgugi et Kuu on meile lähim taevakeha. Asi seisab selles, et Kuu helendub ainult tänu peegelduvatele päikesekiirtele ja kasutada spektraalanalüüsi meetodit, nagu võime edukalt teha Päikese ja tähtede puhul, ei ole võimalik.

Kuu pinnasekihi koosseisu väljaselgitamiseks on tarvis uurida erinevates pinna osades peegeldunud valguse heledust, värvust ja muid omadusi ning võrrelda saadud tulemusi maapealsete kivimitega teostatud katsete tulemustega. Sellisele Kuu pinnase uurimismeetodile juhtis tähelepanu juba 1873. aastal Sankt-Peterburi ülikooli füüsika-professor F. F. Petruševski. Ta avaldas «Kuu pinna füüsikaliste uurimiste plaani», milles ta kirjutas vajadusest teostada «fotomeetrilisi, fotospektraalseid, polarisatsiooni ja Kuu keemiliste kiirte jõu mõõtmisi». Üheaegselt Kuu jälgimisega soovitati teostada analoogilisi vaatlusi ka maapealsete kivimite kohta.

20. sajandil hakati neid F. F. Petruševski ideid ellu rakendama. Eriti on Leningradi ülikooli astronoomiaobservatooriumis viimase 30 aasta jooksul pidevalt teostatud Kuu pinna ja mitmesuguste kivimite heleduse ja värvuse intensiivseid mõõtmisi.

Need tööd viisid tähtsatele järeldustele. Nad kinnitavad, et Kuu nähtav pind kujutab endast auklikku, krobelist massi, mis oma struktuurilt meenutab vulkaanilist šlakki, s. t. laava pinnal kivistunud poorse struktuuriga ainet. Selline vaade Kuu pinnase koosseisu kohta on

tõenäoliselt kõige õigem. Faasidest ja varjutustest sõltuva Kuu pinna temperatuuri muutuste teoreetiline analüüs näitab samuti, et Kuu pind on kaetud tolmutaolise või krobeline ainega.

Kuidas võis selline kattedkiht moodustuda? Kuu aluspõhjakiivimitele on miljardite aastate kestel toimunud meteoriitide langemisel tekkivad plahvatused. Sellised mitmesuguse massi ja kujuga kehad tungivad sageli ka Maa atmosfääri, milles nad purunevad ja põlevad ära «langevate tähtedena» — meteooridena või kui keha mõõtmed on küllalt suured, langeb ta Maale tumeda, sulanud koorega kaetud meteoriidina. Kuul ei ole meteoore pidurdavat atmosfääri. Seepärast muutub meteoori kineetiline energia löögil vastu Kuu pinda silmapilkselt soojuseks. Meteoriit ja märgatav osa kuukaljude ainest aurustuvad ja hiljem, langedes pinnale tagasi, moodustavad nagu musta kokkusulanud vahu. Selline on lühidalt väljendatuna professor N. N. Sõtinskaja poolt esitatud Kuu pinna pealiskihi moodustumise «meteooriislakiteooria».

#### KUU MÕJU MAALE

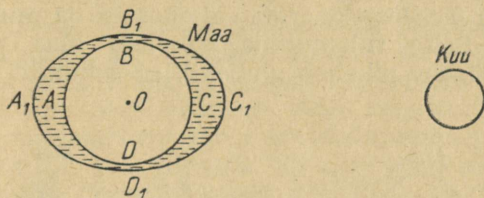
Kõigist mõjutustest, mida Kuu avaldab Maale, on kõige suurem praktiline tähtsus loodetel meredel ja ookeanis. Neid arvestatakse ka merelaevanduses.

Ookeanide ja avamerede kallastel on tõus ja mõõn tavalised nähtused. Tõusu ajal vesi tõuseb, mõõna ajal aga alaneb. Neis kohtades Maal on 24 tunni ja 50 minuti vahel kaks tõusu ja kaks mõõna.

Me teame juba, et Kuu, liikudes tähtede seas pidevalt suunas, mis on vastupidine taevakehade ööpäevase liikumisega, nihkub ööpäeva jooksul  $13^\circ$  ida poole. Seepärast on Kuu kahe järjestikuse horisondist kõige kõrgemasse punkti tõusmise vahe mitte 24 tundi nagu Päikesel puhul, vaid 24 tundi 50 minutit. Selline kahe ajavahemiku kokkulangemine ei saa olla juhuslik: see viitab seosele Kuu ja loodete vahel.

Juba Newton seletas mere tõusude tekkimise põhjust. Oletame, et kogu Maa pinda katab ookean. Punkt C (joonis 19), mis on kõige lähemal Kuule, tõmbub Kuu poole tugevamini kui Maa tsenter O; tsenter O omakorda tõmbub tugevamini Kuu poole kui punkt A. Seetõttu vesi,

mis asub punkti  $C$  ümbruses, tõmbub Kuu poole ja liigub punkti  $C_1$  ning antud Maa küljel on sel ajal tõus. Kuna Maa tsenter  $O$  tõmbub Kuu poole tugevamini kui veesakesed punktis  $A$ , siis jäävad need maha punktist  $O$  ja osutuvad olevaiks punktis  $A_1$ , kus samuti on tõus. Punktid  $B$  ja  $D$  tõmbuvad Kuu poole umbes sellise jõuga nagu Maa tsenter  $O$ . Siin toimub mõõn (punktid  $B_1$  ja  $D_1$ ).



Joonis 19. Kuu põhjustab loodeid.

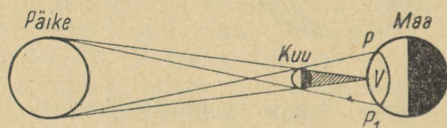
Sel viisil paiknevad tõusud piki Maa—Kuu ühendussirget. Et Maa pöörleb ümber telje, siis ööpäeva jooksul (täpsemalt 24 tunni 50 minuti vältel, sest Kuu ei seisa paigal, vaid liigub ümber Maa samas suunas) liigub tõusulaine ümber terve maakera ja igas kohas maapinnal on kaks korda tõus ja kaks korda mõõn.

Päike põhjustab samuti tõusu ja mõõna, ent Päikese suur kaugus Maast tingib seda, et Päikese poolt tekitatud looded on 2,2 korda väiksemad Kuu poolt põhjustatud loodetest. Eraldi neid ei jälgitagi, ent nad avaldavad mõju loodete üldisele kõrgusele. Kõige tugevamad looded leiavad aset Kuu loomise või täiskuu ajal, kui Kuu ja Päikese mõju liituvad. Tugevad looded on ka siis, kui Kuu asub Maale lähimas punktis oma orbiidil — perigees. Esimese või viimase veerandi ajal tuleb Päikese ja Kuu loodete mõju teineteisest lahutada. Sellistel juhtudel loodete kõrgus väheneb peaaegu poole võrra, võrreldes kõige tugevamate loodetega.

Mere põhja ebatasasuse ja mandrite olemasolu tõttu, mis takistavad vee liikumist, ja veel mitmetel teistel põhjustel on tõusu kõrgus Maa erinevates paikades erinev. Samadel põhjustel kõige kõrgema tõusu aeg ei lange kokku selle momendiga, mil Kuu asub kõige kõrgemas punktis horisondi kohal. Lahkumine ajas, niinimetatud

lisatund, võib olla isegi mitu tundi. Igas sadamas on tarvis teada tõusu kõrgust ja lisatunni pikkust antud päeval. Eriti kõrged tõusud leiavad aset ookeanide kallastel kitsastes lahtedes, näiteks Fundy lahes Kanadas, kus tõusu ja mõõna vahe on 21 m.

Vee tõsulikumisele kaasneb vee hõõrdumine merede ja ookeanide põhja vastu. Hõõrdumine on eriti suur kitsastes kohtades. See pidurdab Maa pöörlemist, s. o. toob kaasa tema pöörlemisenergia vähenemise ja muudab selle soojuseks. Selle tulemusena väheneb Maa pöörlemise kiirus ja ööpäev pikeneb umbes  $\frac{1}{1000}$  sekundit saja aasta vältel.



Joonis 20. Päikesevarjutuse skeem.

Kuu liikumisega ümber Maa on seotud ka sellised efektsed nähtused nagu kuu- ja päikesevarjutused.

Täielik päikesevarjutus on suurepärase loodusnähtus, mis on alati köitnud inimeste tähelepanu. Varemalt kutsusid varjutused esile ebausklikku hirmu ja neile vaadati kui maailma lõpu, veeuputuse või mingi muu häda ettekuulutusele. Alles hiljem tegi teadus kindlaks, et varjutused kujutavad enesest vaid tavalist loodusnähtust, mis tekib taevakehade kindla omavahelise asendi tulemusena. Päikesevarjutuse ajal asub Kuu Päikese ja Maa vahel (joonis 20). Kuult, mida valgustab Päike, langeb ruumi koonusekujuline vari (viirutatud ala), mida ümbritseb poolvarju koonus. Vaatleja, kes asub koonuse varju sees, näeb täielikku päikesevarjutust. Kui koonuse telg on suunatud Maa keskpunkti, siis on koonuse lõikepind kujult ümmargune, kuna koonuse telg lõikub maapinnaga. Lõikepinna suurim diameeter võib olla umbes 270 km. Poolvarju koonuses  $PP_1$  (väljaspool täieliku varju ala  $V$ ) näeb vaatleja osalist päikesevarjutust. Mida kaugemal asub vaatleja täisvarju piirkonnast, seda väiksem osa Päikesest näib kaetuna. Et aga Kuu liigub ümber Maa, liigub ka Kuu vari maapinnal

läänest itta, moodustades täisvarju tsooni. Täielik päikesevarjutus võib maksimaalselt kesta 7 minutit 40 sekundit.

Kuu tiirleb ümber Maa mööda ellipsit, vahemaa nende vahel muutub ja mitte alati ei puuduta Kuu varju tipp maapinda. Sellisel juhul vaatleja, kes asub täisvarju koonuse pikendusel, näeb rõngakujulist päikesevarjutust: ümber tumeda kuuketta paistab kitsas helkiv päikese-rõngas.

Põhjapoolkeral algab päikesevarjutus päikeseketta parema, läänepoolse ääre kahanemisega. Järk-järgult see «löige» suureneb. Päike omandab üha enam kitsa sirbi kuju ja kui see sirp kahaneb üsna kitsaks, katkeb ta Kuu äärte ebatasasuste tõttu eraldiolevateks punktikes-teks ja joonteks. Kui viimane täpikene päikesekestast on kaetud, muutub taevast otsekohe pimedaks, ilmuvad heledad tähed. Päikese ümber hakkab loitma kroon — hele kiirgus, mis kujutab enesest Päikese atmosfääri sisemisi piirkondi. Ümber tumeda kuuketta on näha kitsast roosat rõngast. See on kromosfäär — vahetult Päikese pinnal olev atmosfääri kiht. Päikese krooni foonil kromosfääri kohal paistavad protuberantsid — tohutu suured hõõguva vesiniku, heeliumi ja kaltsiumi pilved. Pilt täielikust päikesevarjutusest jätab unustamatu mulje.

Selleks et tekiks päikese- või kuuvarjutus, on hädavajalik, et Kuu asuks loomise või täiskuu ajal oma orbiidi sõlme lähedal. Kui päikesevarjutused võivad toimuda ainult kuuloomise ajal, siis kuuvarjutused on alati täiskuu ajal. Siis võib Kuu olla Maa varjus. Kuu orbiidi kaugusel moodustab varju diameeter  $2\frac{2}{3}$  Kuu diameetrist. Seepärast, kui Kuu läbib varjutuse ajal varjukoonuse telje, võib varjutus kesta ligi 2 tundi. Osalise kuuvarjutuse puhul ei kata Maa vari Kuud täielikult.

Tiireldes ümber Maa läänest itta liigub Kuu kõigepealt oma vasaku äärega poolvarju piirkonda. Umbes poole tunni jooksul kuni Kuu jõudmiseni täisvarju piirkonda nõrgeneb tugevasti ta ääre ere sära. Siis hakkab Kuu kaduma Maa varju koonusesse ja kuuketta vasak külge kahanema. Kontrasti tõttu valgustatud osaga näib varjus olev Kuu osa täiesti must. Kui Kuu läheb täielikult Maa varju, on näha, et ta ketas omandab tuhmi vaskpunase varjundi. Selle nähtuse põhjuseks on asjaolu, et päikesevalgus murdub atmosfääris ja satub Maa varju koonusesse, valgustades Kuu pinda.

Alles üsna hiljuti näis, et lend maailmaruumi, seejuures ka Kuule, ei toimu niipea.<sup>1</sup> Suurimaks takistuseks selle probleemi lahendamisel oli vajadus luua aparaat, mis võiks arendada küllalt suurt kiirust Maa külgetõmbejõu ületamiseks. Kui suur siis on see kiirus?

Kui visata mingit keha kuskilt mäelt horisontaalsuunas, siis juhul kui puuduks Maa külgetõmbejõud ja õhutakistus, liiguks see keha ühtlaselt ja sirgjooneliselt ning kaugeneks Maast. Tegelikult aga Maa külgetõmbejõud kõverdab selle keha teed, mille tulemusena keha kukub maapinnale. Ent küllalt suure algkiiruse juures, mis maapinnal võrdub 7,9 km/sek., võiks keha õhutakistuse puudumise korral hakata liikuma mööda ringjoont ja muutuda Maa tehiskaaslaseks. Seda kiirust nimetatakse ringiliseks ehk esimeseks kosmiliseks kiiruseks. Kõrguse suurenemisel ringiline kiirus väheneb, kusjuures kaaslase orbiidi tasand läbib tingimata Maa keskpunkti.

Algkiiruse suurenemisel muutub ringiline orbiit elliptiliseks. Kui algkiirus maapinnal on 11 km/sek., võib tehiskaaslane lennata pooleni Maa ja Kuu vahelisest kaugusest, kusjuures ühes ellipsi fookuses asub Maa. Kiiruse 11,1 km/sek. puhul jõuab kaaslane Kuu orbiidini ja lõpuks, kui kiirus kasvab 11,2 km/sek.-ni, eemaldub kaaslane igaveseks Maast mööda paraboolset orbiiti. Seda kiirust nimetatakse paraboolseks ehk teiseks kosmiliseks kiiruseks.

Selliseid suuri kiirusi on võimalik saada rakettmootorite abil.

Raketi liikumine on kooskõlas Newtoni kolmanda seadusega: kahe keha vastastikused mõjud on alati võrdsed ja vastassuunalised. Näiteks püssi laskmisel tõukavad püssirohugaasid kuuli ühes suunas, ent teine, reaktiivjõud tõukab püssi vastassuunas ja laskja tunneb tõuget vastu

<sup>1</sup> 12. aprillil 1961. a. sooritas Nõukogude Liidu kodanik Juri Gagarin esimese inimesena lennu kosmosesse. Lend kestis 108 minutit ja selle aja jooksul tegi kosmoselaev «Vostok-1» ühe tiiru ümber Maa.

6. augustil viidi orbiidile kosmoselaev «Vostok-2», mille pardal asus major German Titov. Kosmoselaev kulutas 17 tiiru tegemiseks ümber Maa 25 tundi ja läbis selle ajaga 700 000 km.

Juri Gagarin ja German Titov avasid kosmoselendude ajastu, millal lend Kuule ei ole enam kauge tuleviku küsimus. *Toim.*

õlga. Kujutleme, et raketi põlemiskamber on püssi osas, aga gaasiosakesed, mis raketist välja paiskuvad, on kuu-  
lideks. Kütuse põlemisel reaktiivjõud, mis mõjub eesmi-  
sele põlemiskambri seinale, paneb raketi liikuma vastu-  
pidiselt gaaside väljapaiskumise suunale.

Reaktiivliikumise teooria alused lõi K. E. Tsiolkovski  
juba 1903. a. Ta tuletas valemi, mille järgi raketi lõpp-  
kiirus keskkonnas, kus ei mõju raskusjõud, oleneb kütuse-  
ga raketi ja kütuseeta raketi masside suhtest ja välju-  
vate gaaside kiirusest. Mida suurem on see suhe ja mida  
suurem on gaaside väljumiskiirus, seda suurem on lõpp-  
kiirus.

K. E. Tsiolkovski koostas isegi vedelkütusega töötava  
kosmilise raketi skeemi ja tegi ettepaneku kosmiliste kii-  
ruste saavutamiseks ehitada mitmeastmelisi rakette, mis  
koosnevad mitmest üksteisega ühendatud raketist. Igal  
sellisel raketi astmel on oma reaktiivmootor ja kütuse-  
varu. Näiteks kolmeastmelise raketi stardi puhul süttib  
kütus kõigepealt esimeses astmes. Pärast kütuse ärakulu-  
tamist see raketi osa eraldub. Seejärel hakkab kütus  
põlema teises astmes. Kui kütus on ära põlenud, eraldub  
teine aste kolmandast, s. o. viimastest astmest. Selliste  
«kosmiliste rongide» eelis seisab selles, et iga järgmise  
astme mootori töö ajal eelmine aste oma «surnud koor-  
maga» ei sega hoovõttu. Seepärast on kogu kolmeastme-  
lise raketi algkaalu ja kütuse suhe raketi kolmandasse  
astmesse suur ja viimane aste omandab väga suure kii-  
ruse.

Vedelkütusega raketi lend maapinnalt lähimale päike-  
sesüsteemi planeedile nõuab palju kütust. Et kergendada  
raketi lendu kosmose avarustesse, tegi K. E. Tsiolkovski  
ettepaneku luua planeetidevaheline jaam — suur Maa  
tehiskaaslane, millele võiks paigutada kütusevarud raket-  
tide jaoks. Et see vahejaam ise tiirleb suure kiirusega  
(umbes 8 km/sek.) ümber Maa, siis peab planeetidevahe-  
line laev, mis väljub jaamast lähimale päikesesüsteemi  
planeedile, arendama tunduvalt väiksemat kiirust kui  
äralennu ajal Maalt. Selline olukord tegelikult kergendab  
lende teistele planeetidele.

Praegu me olemegi selle tunnistajateks, kuidas Tsiol-  
kovski unistused muutuvad reaalsuseks. 4. oktoobril  
1957. a. lasti esmakordselt maailmas meie maal mitme-  
astmelise raketi abil edukalt välja esimene Maa tehis-

kaaslane. Kaaslane kaalus 83,6 kg. 3. novembril 1957. aastal lasti välja teine kaaslane, kusjuures ainuüksi teaduslik aparaat ja toiteallikad kaalusid üle 500 kg. 14. mail 1958. aastal lasti välja kolmas gigantne kaaslane, mis kaalus üle 1300 kg ja eksisteeris taevakehana ligi 2 aastat.

Lõpuks, 2. jaanuaril 1959. aastal, lasti Nõukogude Liidus välja mitmeastmeline kosmoserakett Kuu suunas. Tema viimane aste kaalus ilma kütuseta 1472 kg. Sellesse oli asetatud konteiner teadusliku ja raadiotehnilise aparaatuuriga. Teaduslik aparaat ja toiteallikad kaalusid 361,3 kg. Pärast seda, kui viimane aste ületas teise kosmilise kiiruse, lülitasi automaatsed juhtimiseadmed välja viimase astme mootori ja eraldasid sellest konteineri, mis alustas nüüd iseseisvat liikumist raketi lähedal. Maast kaugenedes vähenes raketi kiirus Maa tsentri suhtes. Kui 1500 km kõrgusel oli raketi kiirus 10 km/sek., siis 100 000 kilomeetri kõrgusel oli see juba umbes 3,5 km/sek. Rakett lendas Kuu piirkonda 34 tunniga. Nii nagu varem oli ette nähtud, möödus rakett Kuust 5000—6000 km kauguselt. Pärast Kuule lähenemist kaugenes rakett Maast ja Kuust üha enam ning muutus Päikese kaaslaseks — esimeseks tehisplaneediks.

See päikesesüsteemi uus planeet tiirleb ümber Päikese elliptilist orbiiti mööda. Tema orbiidi vähim kaugus Päikesest on 146 miljonit km, suurim kaugus — 197 miljonit kilomeetrit. Edaspidi, kui rakett ja Maa asuvad ühel pool Päikest, väheneb nende vahemaa mõnikord kuni 1 miljoni kilomeetrini.

12. septembril 1959. a. startis Nõukogude Liidust teine kosmoserakett. 14. septembril kell 0 tundi 02 minutit 24 sekundit Moskva aja järgi jõudis ta Kuu pinnale. Raketi viimane aste kaalus ilma kütuseta 1511 kg. Teadusliku ja mõõteaparaatuuri, toiteallikate ning konteineri kogukaal oli 390,2 kg.

Selleks et rakett jõuaks Kuule ettenähtud punktis, oli tarvis väga täpselt kinni pidada arvutatud algkiirusest ja liikumise suunast. Näiteks oleks viga 1 m/sek. kiiruses põhjustanud raketi kõrvalekaldumise kohtumispunktist Kuuga 250 km võrra, üheminutiline viga raketi suunamises tekitab kohtumispunkti nihkumise 200 km võrra. Et Kuu raadius on 1740 km, on vajalik, et viga kiiruses ei ületaks mõnda meetrit sekundis ja suunas 6 kaareminu-

tit. Nõukogude teadlased lahendasid hiilgavalt raketi liikumise täpse juhtimise ülesande.

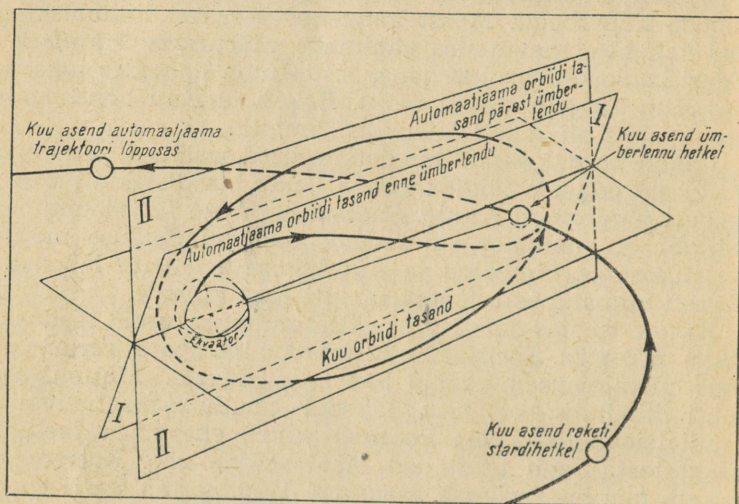
Pärast seda kui raketi viimane aste saavutas vajaliku kiiruse antud suunas, lülitati reaktiivmootorid välja ja konteiner eraldus raketist. Algas raketi vaba lennu etapp mööda hüperbooli. Maast kaugenedes raketi liikumiskiirus kahanes, saavutades vähimaks väärtuseks 2 km/sek. Edasi hakkas kiirus kasvama, sest Kuule liginedes tugevnes Kuu külgetõmbejõu mõju. Raketi ja Kuu kohtumismomendiks oli raketi kiirus 3,3 km/sek.

Raketi pardal asusid raadiotehnilised seadmed, mis võimaldasid edukalt jälgida raketi lendu stardist kuni konteineri jõudmiseni Kuule. Saadud andmete läbitöötamine näitab, et konteiner «kuundus» ida pool Selguse merd Aristillose, Arhimedese ja Autolükose kraatrite lähedal. Raketi viimane aste jõudis samuti Kuu pinnale.

Rakett teostas oma lennu vältel mitmesuguseid teaduslikke mõõtmisi. Spetsiaalne telemeetriline aparatuur andis mõõtmistulemused raadio teel edasi Maale. Muuhulgas tehti kindlaks, et Kuu lähedal puudub magnetiväli, «radiatsioonivöö», mis koosneb suure energiaga laetud osakekestest. Nagu teada, on Maal selline vöö. Kosmose-rakett, mis lasti välja 2. jaanuaril 1959. aastal, andis võimaluse tundma õppida kosmose avarusi väga mitmesugustel kaugustel Maast. On tõestatud, et ümber Maa tiirleb suur hulk elektrone. Selle vööndi sisemine piir on maapinnast umbes kümne Maa raadiuse kaugusel. Selline osakeste vöö võib eksisteerida ainult neil taevakehadel, millel on magnetiväli. Kuul ei ole magnetivälja puudumise tõttu radiatsioonivööd. On märgatud ainult laetud osakeste kontsentratsiooni mõningat suurenemist vähem kui 10 000 km kaugusel Kuu pinnast, mis võib olla tõenduseks omapärase «Kuu ionosfääri» olemasolust.

Suure teadusliku tähtsusega sündmus oli kolmanda nõukogude kosmoseraketi väljalaskmine 4. oktoobril 1959. aastal. Kosmose avaruste tundmaõppimiseks ja Kuu nähtamatu külje fotograferimiseks loodi planeetidevaheline automaatjaam, mis viidi orbiidile mitmeastmelise raketiga. Automaatjaamale ja raketi viimasele astmele paigutatud teadusliku aparatuuri ja toiteallikate kogukaal oli 435 kg. Raadiotehniline aparatuur automaatjaamal võimaldas teostada Kuu fotokujutuse televisiooniülekanne Maale ja anda mitmekesist teaduslikku infor-

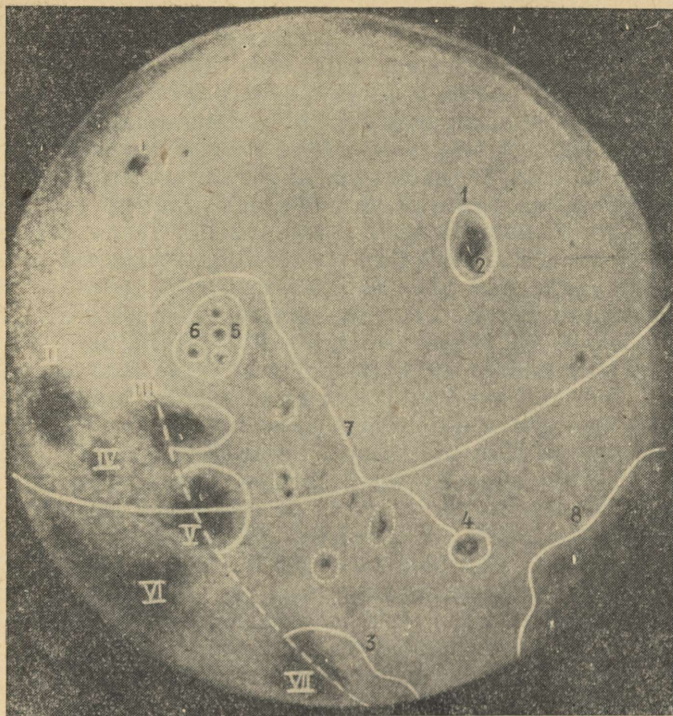
matsiooni. See võimaldas Maalt raadio kaudu vastu võtta juhtimiskäske, mis saabusid jaama aparatuuri. Aparaaate juhiti eriliste automaatseadmete abil, mis asusid jaama pardal ja tegutsesid eriprogrammi alusel.



Joonis 21. Planeetidevahelise automaatjaama liikumise trajektoori.

Selleks et planeetidevaheline jaam võiks lennata Kuuni ja pöörduda tagasi Maale, oli raketi kiirus hoovõuetapi lõpus pisut alla 11,2 km/sek. Jaama liikumise trajektoori oli valitud nii, et suurima lähenemise momendil Kuule, kui jaam läbis Kuu tsentrist 7900 km kaugusel oleva punkti, asus ta Kuust lõuna pool. Edasi hakkas ta Kuu külgetõmbejõu mõju all liikuma põhja suunas ja kauges Kuust (joonis 21). Pärast suurimat eemaldumist Maast — 480 000 km — jätkas jaam liikumist Maa suunas ellipsile lähedasel orbiidil ning möödus Maast 47 500 km kauguselt. Jaam lähenes meie planeedile põhjapoolkera suunast ja see kindlustas otsese raadioside jaama ning Maa põhjapoolkeral ja Nõukogude Liidu territooriumil olevate vaatluspunktide vahel.

Kui planeetidevahelise jaama edasine liikumine oleks toimunud ainult Maa külgetõmbejõu mõju all, siis oleks jaam võinud eksisteerida määramatult kaua, liikudes



Joonis 22. Kuu nähtamatu külje foto, mis on saadud planeetidevahelise automaatjaama pardalt.

1 — Moskva meri; 2 — Astronautide laht; 3 — Lõunamere jäik Kuu nähtamatul küljel; 4 — Tsiolkovski kraater; 5 — Lomonosovi kraater; 6 — Joliot-Curie kraater; 7 — Nõukogude mäeahelik; 8 — Unistuste meri. Fotot läbib pidev joon on Kuu ekvaator, punktiirjoonega on Maalt nähtav kuupoolkera eraldatud nähtamatust. Rooma numbritega on märgitud objektid Kuu nähtaval osal: I — Humboldti meri; II — Kriiside meri; III — Ääremeri, mis jätkub Kuu nähtamatul küljel; IV — Lainete meri; V — Smidti meri, mis jätkub Kuu nähtamatul küljel; VI — Viljakuse meri; VII — Lõunameri, mis jätkub Kuu nähtamatul küljel.

ümbes Maa piki elliptilist orbiiti. Kuid Päikese mõjust tingitud häirete tõttu pidi minimaalne Maa ja jaama vahemaa viimase järgnevatel tagasipöördumistel Maa juurde vähenema, kuni jaam oleks jõudnud tihedatesse atmosfäärikihtidesse ja ära põlenud. Nagu arvestused näitasid, võis planeetidevaheline jaam tiirelda ümbes Maa kuni 1960. aasta aprillikuuni, olles teinud 11—12 tiiru. Kahjuks aga siis, kui jaam alustas teist tiiru ümbes Maa,

raadioside katkes temaga. Võimalik, et see juhtus kokkupõrkel mõne meteooriga, mis võis kahjustada raadioaparatuuri või jaama koguni täiesti purustada.

Kuu fotografeerimiseks asus planeetidevahelisel jaamal kahe objektiiviga fotoaparaat (ühe fookuskaugus oli 20 cm ja teisel 50 cm). 20-sentimeetrise fookuskaugusega objektiiv andis Kuust kujutise, mis täielikult mahtus spetsiaal-sele 35 millimeetri laiusele filmikaadrile. Teine objektiiv andis suurendatud kujutise. Kuu fotografeerimine toimus siis, kui jaam asus Maa ja Päikese vahel 60 000—70 000 km kaugusel Kuust. Enne fotografeerimist pöördus jaam automaatselt sellisesse asendisse, et fotoaparaadi objektiiv oli suunatud otse Kuule. Terve Kuu foto saamine, millel olid isegi need kuuketta osad, mis on Maalt nähtavad, tekitas erilist huvi. Käesoleval juhul võis fotol näha mitmesuguste Kuu nähtamatu külje moodustiste paigutust. Et Kuu asus fotografeerimise ajal jaama suhtes «täiskuu» asendis, siis reljeefi detailid, näiteks mäed, ei saanud jätta varje ja seepärast jäid nad fotole vähekontrastsetena. Edaspidi võib saada Kuu teisest küljest fotosid mitmesuguste faaside puhul ja siis on Kuu terminaatori lähedal, mis eraldab Kuu päevast külge öisest, selgelt näha mitmesugused reljeefi detailid.

Fotografeerimine algas Maalt saadud signaali järgi. 40 minuti jooksul saadi hulk kaadreid. Filmide ümbertöötamine — ilmutamine, kinnitamine, kuivatamine — toimus automaatselt. Seejärel anti kujutis edasi Maale samal viisil, nagu toimub kinofilmide ülekandmine televisiooni teel. Täpselt samuti võib saada lähemas tulevikus kosmilistelt raketidelt Marsi, Veenuse ja teiste päikesesüsteemi planeetide kujutisi. Joonisel 22 näete planeetidevaheliselt jaamalt saadud Kuu fotot. On märkimisväärne, et Kuu nähtamatul poolel on tunduvalt vähem meresid kui nähtaval. Siin domineerivad mägirajoonid.

Edaspidi lastakse välja uusi kosmoserakette. Võib luua Kuu tehiskaaslase, saata välja automaatraketi, mis maanduks Kuul ja lõpuks võib inimene Kuule lennata. Kaugemas tulevikus on mõeldav luua Kuule spetsiaalsed jaamad, mis sarnaneksid praegu tegutsevate jaamadega Arktikas ja Antarktikas. Siis on juba võimalik asuda Kuu üksikasjalisele tundmaõppimisele ja kasutamisele. Kahtlemata suudavad nõukogude insenerid ja teadlased lähendada selle kosmose vallutamise raskeima ülesande.

## SISUKORD

|  |    |
|--|----|
| Eessõna . . . . .                          | 3  |
| • Kuu kaugus ja möötmed . . . . .          | 5  |
| • Kuu liikumine taevavõlvil . . . . .      | 8  |
| • Kuu faasid . . . . .                     | 9  |
| • Kuidas Kuu tiirleb ümber Maa . . . . .   | 12 |
| • Kuu pöörlemine ümber telje . . . . .     | 16 |
| • Kuu mered . . . . .                      | 19 |
| • Mäed ja teised Kuu pinnavormid . . . . . | 22 |
| • Kuu pinnareljeefi kujunemine . . . . .   | 31 |
| • Kas Kuul on atmosfäär ? . . . . .        | 34 |
| • Temperatuur Kuul . . . . .               | 36 |
| • Millega on Kuu kaetud? . . . . .         | 39 |
| • Kuu mõju Maale . . . . .                 | 40 |
| • Lennud Kuule . . . . .                   | 44 |
| Lisa. Kuu reljeefi kaart                   |    |

TRU Raamatukogu

Паршин Игорь Александрович

ЛУНА

На эстонском языке

Оформление Х. Аас.

Эстонское Государственное Издательство  
Таллин, Пярнуское шоссе, 10

\*

Toimetaja H. Korpman

Kunstiline toimetaja V. Kotkas

Tehniline toimetaja I. Vahtre

Korrektor A. Sisas

Ladumisele antud 14. VI 1961. Trükkimisele  
antud 25. VIII 1961. Paber 54×84, 1/16. Trüki-  
poognaid 3,25 + 1 lisa. Formaadile 60×92  
kohaldatud trükipoognaid 2,8. Arvutuspoog-  
naid 2,81. Trükiarv 5000. Tellimise nr. 5834.  
Hans Heidemanni nimeline trükikoda, Tartus.  
Ülikooli 17/19. I.

Hind 12 kop.

2—5



12 kop.

A-24015

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00358679 1