

POPULAARTEADUSLIK SARI

A. STERNFELD
PLANEETIDE-
VAHELISED
LENNUD



A-16558

A. STERNFELD

PLANEETIDEVAHELISED LENNUD

5
Eesti Kirjastus
1957



EESTI RIIKLIK KIRJASTUS
TALLINN 1957

Originaali tiitel:

А. А. Штернфельд

Межпланетные полеты

Государственное издательство
технико-теоретической литературы
Москва 1955

Tõlkinud J. Koppel

2

Tartu Riikliku Ülikooli
Raamatukogu

41243

Арно Абрамович Штернфельд

МЕЖПЛАНЕТНЫЕ ПОЛЕТЫ

На эстонском языке

Эстонское Государственное Издательство

Таллин, Пярнуское шоссе, 10.

*

Toimetaja R. Toming

Tehniline toimetaja L. Uuspõld

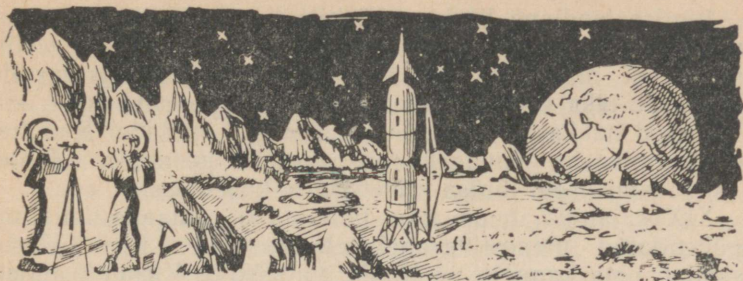
Korrektor Ü. Rattur

Ladumisele antud 20. XI 1956. Trükkimisele antud 16. I 1957. Paber 54 × 84, 1/16.
Trükipoognaid 3,25. Formaadile 60 × 92 kohaldatud trükipoognaid 2,66. Arvutus-
poognaid 2,81. Trükiarv 8000. Tellimise nr. 3414.

Hans Heidemanni nimeline trükikoda, Tartu, Vallikraavi 4.

Hind 85 kop.

2—5



LEGENDILT KOSMILISTE LENDUDE TEADUSENI

Lendamine teistele taevakehadele näis paljude aastasadade jooksul teostamatu unelmana. Sel ajal tekkisid legendid lendamisest maailmaruumi ja Maa külastamisest teiste maailmade elanike poolt.

Vana-kreeka mütoloogias on sellel teemal ohtrasti legende. Ühes niisuguses legendis jutustatakse Ikarose lennust. Kinnitanud vaha abil oma seljale sulgedest tiivad, lendas ta Päikesele nii lähedale, et tiibu hoidev vaha sulas. Ikaros kukkus merre ja uppus.

On olemas legend selle kohta, kuidas Makedoonia väejuht Aleksander Suur püüdis sõita taevasse sõjavankril, mille ette olid rakendatud kotkad.

Ühes hiina legendis väidetakse, et hiinlased on Maale tulnud Kuult.

Süngel keskajal olid inimesed tagakiusamise tõttu kiriku poolt sunnitud loobuma unistusest lennata taevasse. Erandi moodustab ainult india eepos „Rāmājana“, mille peakangelane sooritab reisi taevaruumis.

Renessansi ajastul tärkas uuesti huvi fantastiliste lendude vastu väljapoole Maa piire, kuid sedamööda, kuidas inimene õppis tundma teda ümbritsevat loodust, loovutasid legendid oma koha teaduslikele oletustele.

XVII sajandil tekkisid esimesed tehnilised ideed ühenduse loomiseks Maa ja teiste taevakehade vahel. Need projektid ei olnud aga veel teaduslikult põhjendatud.

Inglise teadlane Wilkins käsitles oma „Arutlustes uuest maailmast ja teistest planeetidest“ kosmiliste lendude võimalikkust masinate abil. Prantsuse kirjanik Cyrano de Bergerac läks veel kaugemale. Kaua aega enne seda, kui inimesed hakkasid tegelema õhusõiduga, avaldas ta mõtte, et kosmilisteks lendudeks on võimalik kasutada rakette. Ta koostas isegi lihtsa raketilaeva kirjelduse.

XIX sajandil ilmus rida fantastilisi romaane, mis on pühendatud planeetidevahelistele reisidele. Jules Verne saadab oma kangelased Kuule suurtükist. Kirjanik annab siiski vääralt pildi normaalsest elust Kuule lendavas mürsus: reisijad oleksid tulistamise hetkel paratamatult hukkunud.

Meie sajandi algul olid väga populaarsed inglise kirjaniku Wellsi ja A. Bogdanovi fantastilised romaanid, hilisematel aastatel aga A. Tolstoi ja A. Beljajevi romaanid teiste maailmade elanikest.

Romaane ja jutustusi kosmilistest reisidest kirjutasid mitte ainult kirjanikud, vaid ka teadlased, nagu näiteks K. E. Tsiolkovski.

*

Teadus maailmaruumis lendamisest — astronau-
tika¹ — on meie päevil omandanud kindla koha teiste teaduste hulgas.

Astronautika ajalugu on ühtlasi ka teaduse ja tehnika kõige mitmekesisemate valdkondade ajalugu. Astronau-
tika on näiteks mõeldamatu ilma astronoomiata, ilma Mikolaj Koperniku õpetuseta päikesesüsteemi ehitusest.

Kopernik tõestas, et planeedid ei tiirle ümber Maa, vaid liiguvad nagu Maagi ümber Päikese. Kepler määras kindlaks seadused, milledele allub planeetide liikumine. Newton formuleeris täpselt taevamehaanika — taevakehade liikumise teaduse — põhilised seadused. Tema avaldas ka mõtte, et mürsku on võimalik muuta miniatuurseks „Kuuks“ — Maa kunstlikuks kaasla-
seks — ja et keha võib Maa pinnalt saata lõpmatusse.

Koperniku õpetusel ning Kepleri ja Newtoni seadustel on astronautikas ülisuur tähtsus, sest kosmilised laevad

¹ Sama, mis kosmonautika; tulenevad kreekakeelsetest sõna-
dest „astron“ — taevakeha, „kosmos“ — universum (kogu maailm) ja „nautika“ — kõik, mis käsitleb laevasõitu.

on omamoodi taevakehad, mis alluvad samadele seadustele ja hakkavad nagu Kuu, Maa ja teised planeedid liikuma täiesti kindlaid teid mööda.

Astronoomia areng ja raketitehnika tekkimine löid tingimused astronautika sünniks.

Peatugem veidi raketi ajalool.

Juba kaugel müinasajal olid püssirohuraketid Hiinas rahvalikel pidupäevadel lõbustusvahendiks, keskajal aga hakati neid rakendama ka sõjarelvana. XVI sajandi lõpul esineb juba keerukate liitrakettide kirjeldusi ja jooniseid, XVII sajandi keskel aga esimesi õhustabilisaatoritega varustatud rakettide jooniseid.

Venemaal tutvuti rakettide valmistamisega XVII sajandi algul alamdjaki Onissim Mihhailovi tööde tulemusena. 1680. aastal asutati meie maal esimene „raketiettevõtte“. Möödunud sajandi keskpaiku juhtis „raketiettevõtet“ revolutsioonieelse Venemaa raketiasjanduse suurimaid eriteadlasi K. I. Konstantinov, kes vene lahinguraketti tunduvalt täiustas. 1881. aastal esitas N. I. Kibaltšitš raketi põhimõttel töötava lennuaparaadi projekti.

Teooria, mis käsitleb raketi liikumist planeetidevahelises ruumis, töötas välja K. E. Tsiolkovski (1857—1935), keda kutsutakse astronautika isaks. Tema andis esimesena ka vedelkütusega töötava raketi skeemi.

Tsiolkovski järglasteks ja tema töö jätkajateks olid F. A. Tsander (1887—1933), J. V. Kondratjuk (hukkus 1942. a.) ja teised.

Astronautika arendamise alal on palju tööd teinud selle teadusharu välismaised pioneerid Esnault-Pelterie (Prantsusmaa), Obert (Saksamaa), Goddard (Ameerika Ühendriigid), Senger (Saksamaa) ja teised, samuti ka planeetidevaheliste ühenduste loomise ühingud (Briti ühing ja teised).

Goddardi vedelkütuserakett tõusis 1929. aastal 300 meetri kõrgusele. M. K. Tihhonravovi konstruktsiooni järgi ehitatud esimese nõukogude vedelkütuseraketi start toimus 1933. aastal.

Raketitehnika hoogsast arengust kõnelevad järgmised arvud. Lihtsa vedelkütuseraketi lennu kõrguse rekord oli kolmekümnendatel aastatel 13 kilomeetrit, 1952. aastal 217 kilomeetrit ja 1954. aastal 254 kilomeetrit.

Keerukamad liitraketid andsid loomulikult paremaid tagajärgi: 1949. aastal saavutati kõrgus umbes 400 kilo-

meetrit, 1953. aastal veidi alla 500 kilomeetri, käesoleval ajal aga on see kõrgus arvatavasti üle 1000 kilomeetri. Võrreldes kaugustega, mis eraldavad meie planeeti teistest taevakehadest, on need tulemused veel väikesed. Kuu asub meist sadu kordi, lähim planeet aga kümneid tuhandeid kordi kaugemal. Raketitehnika saavutused on siiski väga suured.



K. E. Tsiolkovski (1903. a.)

Piisab näiteks nüüdisaegse raketi kiiruse suurendamisest umbes kaks korda, et rakett muutuks Maa kunstlikuks kaaslaseks. See on lähimatel aastatel saavutatav. Veel üks samm — kolmekordne kiiruse suurendamine — ja rakett kisub end lahti Maa külgetõmbejõu kütkeist ning lendab Kuule.

Praktiliselt pole aga seda siiski nii lihtne teostada. Selliste kiiruste saavutamiseks peab rakett olema tunduvalt kergem, tema kasutegur peab olema suurem ning ta peab taluma kõrgemaid temperatuure ja rõhke. Inseneride ja teadlaste jõupingutused ongi praegu suunatud nende ülesannete lahendamisele.

Paljud arvavad, et planeetidevahelise lennu teostamiseks peab tehnikas toimuma revolutsioon. See pole nii. Inimese tungimine planeetidevahelisse ruumi toimub järkjärgult. Selles suunas on juba palju tehtud. Saavutused raketiehituse, raadio teel kaugjuhtimise ning füüsika- ja bioloogiateaduse valdkonnas lubavad põhjendatult väita, et inimkond seisab kosmilise lennu künnisel. Selle probleemi lahendamise kallal töötatakse praegu kõigis maa-des. Astronautika vastu tunnevad huvi mitte ainult eriteadlased, vaid ka laiad üldsuse hulgad. Sõjajärgsetel aastatel on astronautikaühinguid loodud rohkem kui kahekümnel maal.

Nõukogude Liidus tekkisid esimesed astronautikaringid üle kolmekümne aasta tagasi. 1954. aasta algul asutati V. P. Tškalovi nimelise NSV Liidu Keskaeroklubi juurde astronautikasektsioon, mis ühendab planeetidevahelise lennu entusiaste. NSV Liidu Teaduste Akadeemia juurde loodi hiljuti komisjon planeetidevahelise ühenduse alal ja asutati K. E. Tsiolkovski nimeline medal uurimiste stimuleerimiseks selles valdkonnas. Kõik see kahtlemata aitab kaasa kosmilise lennu probleemi kõige kiiremale lahendamisele.

Käesolevas raamatus jutustame lühidalt planeetidevaheliste lendude reaalistest võimalustest meie ajal.

I. KOSMILINE LAEV

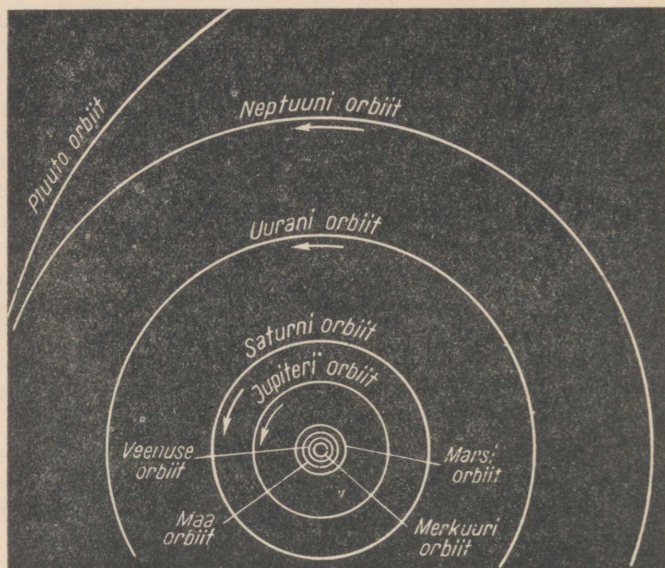
1. Millest tuleb üle saada

Heitke pilk meie päikesesüsteemi plaanile (joon. 1). Nendes avarustes hakkavad kihutama planeetidevahelised laevad.

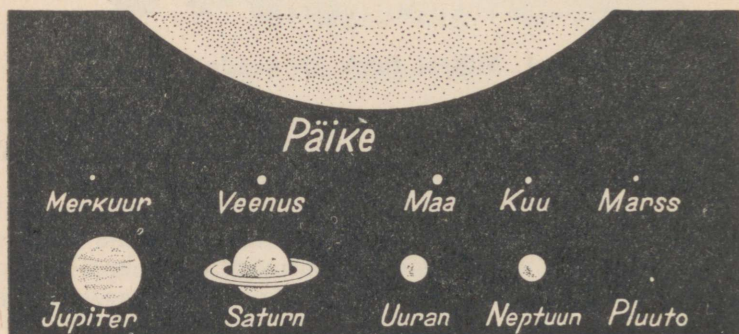
Maa on üks päikesesüsteemi kuuluvast üheksast suurest planeedist. Tohtu suure kiirusega tormab ta õhuta ruumis oma peaaegu ringikujulist orbiiti mööda ümber Päikese umbes 150 miljoni kilomeetri kaugusel viimasest. See kaugus võetakse üheks astronoomiliseks ühikuks. Ligikaudu sellesama orbiidi tasapinnas liiguvad ka ülejäänud kaheksa suurt planeeti ja samuti suur hulk väikesi planeete — asteroide. Joonisel 2 on toodud Päikese ja planeetide suhtelised suurused.

Planeetidevahelise ruumi piiriks on kõige kaugema pla-

needi Pluuto orbiit. See planeet asub Päikesest umbes 6 miljardi kilomeetri kaugusel. Selles ääretus ruumis pea-



Joon. 1. Päikesesüsteemi plaan.



Joon. 2. Päikese ja planeetide suhtelised suurused.

vadki planeetidevahelised laevad rajama endale teed, üle saades Päikese võimsast külgetõmbejõust või seda ära

kasutades ning hoides kõrvale hulkuvatest meteoridest ja asteroidide parvedest.

Mis takistab meid lendamast maailmaruumi?

Kõigepealt gravitatsioonijõud. Maa tõmbab kõike, mis asub tema pinnal, oma keskmee poole. See materია oma-dus, mida me nimetame gravitatsiooniks, iseloomustab mitte ainult Maad, vaid ka iga teist keha tillukesest liiva-terast kuni gigantse täheni. Kõik meid ümbritsevad e-se-med tõmbavad üksteist külge, kuigi me seda tõmbejõu-dude tähtsusetu suuruse tõttu ei märka. Maa tõmbejõudu aga tunneme pidevalt.



Joon. 3. Kiiruse suurenemisel suureneb raketi lennukaugus ja väheneb tema lennutee kõverus. Ringkiiruse saavutamisel (ülemine orbiit) lendab rakett paralleelselt Maa pinnaga ja muutub Maa kaaslaseks.

Kui tõmbejõudu ei oleks, siis lendaksid kõik esemed Maalt maailmaruumi, Maa eemalduks Päikesest ja Kuu Maast lõpmata kaugele. Tõmbejõud raskendabki kosmilist lendu.

Kas rakett võib end Maast lahti rebida ja selle pinnale mitte enam tagasi langeda?

Jah, võib. Kujutlege, et mäele, mis on nii kõrge, et õhk raketi liikumist enam ei takista, on rajatud horisontaalne lähteplatvorm (joon. 3). Sellelt platvormilt stardib teatava kiirusega rakett. Ta teeb järsu kaare ja teataval kaugusel mäest kukub maha. Kui kahekordistame kütuse hulga, siis kiirus ja lennukaugus suurenevad ning kaar — trajektoor, mida mööda rakett lendab — muutub lamedamaks. Raketile võib anda ka niisuguse kiiruse, mille juures tema trajektoori kõverus on võrdne Maa pinna kõverusega. Sel juhul teeb rakett ringi ümber Maa ja alustab seejärel

uut ringi. Nii kordub see ikka ja jälle. Sel viisil muutub rakett nagu Kuugi meie planeedi kaaslaseks ega kuku kunagi tema pinnale.

Väikseimat kiirust, mille juures keha hakkab liikuma ümber Maa, langemata tema pinnale, nimetatakse esimeseks astronantiliseks kiiruseks ehk ringkiiruseks.

Miks ei kuku keha niisuguse kiiruse juures Maale?

Kui lennuk lendab ümber Maa ekvaatorit või meridiaani mööda, siis mõjub temale tsentrifugaaljõud, mis on seda suurem, mida suurem on lennuki kiirus. See jõud on suunalt raskusjõule vastupidine ning püüab lennukit Maast eemale kiskuda. Väikestel kiirustel on tsentrifugaaljõud peaaegu märkamatu, kiirusel 7,9 kilomeetrit sekundis aga muutub ta raskusjõuga võrdseks ja tasakaalustab selle. See ongi esimene astronutiline kiirus. Kui õhutakistust ei oleks, siis ringleks niisuguse kiiruse saavutanud lennuk ka seisva mootoriga vahetpidamatult ümber Maa. Ta muutuks Maa kunstlikuks kaaslaseks.

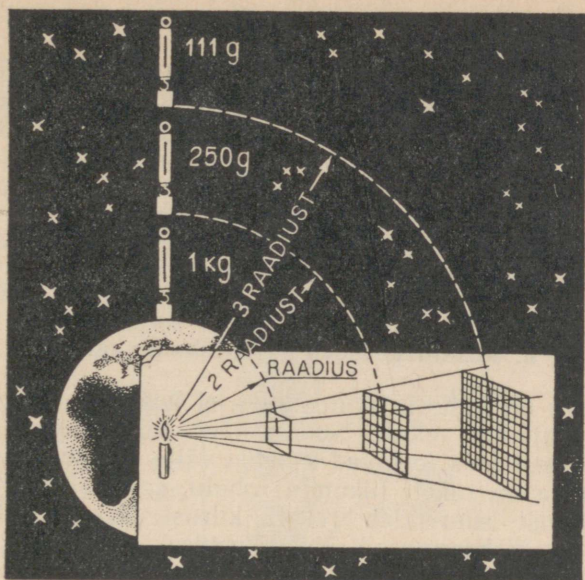
Kui suur kiirus aga peab olema kehal Maa tõmbejõu ületamiseks ja maailmaruumi lendamiseks?

Et sellele küsimusele vastata, peame lähemalt tutvuma tõmbejõu toimega.

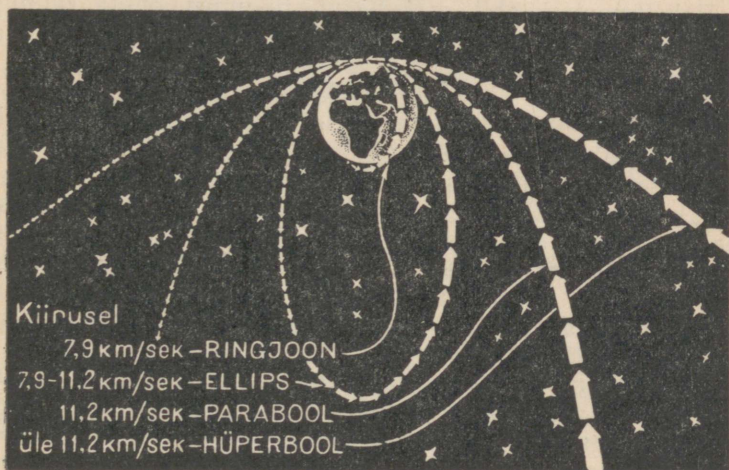
Maa nagu teistegi taevakehade tõmbejõud väheneb vastavalt tema keskmest eemaldumisele. Tõmbejõud nõrgeneb niisama kiiresti kui eseme valgustatus valgusallikast eemaldumisel, s. o. pöördvõrdeliselt kauguse ruuduga (joon. 4). Teiste sõnadega, Maa keskmest kaks korda suuremal kaugusel on tõmbejõud neli korda väiksem, kolm korda suuremal kaugusel üheksa korda väiksem jne.

Et vabastada keha planeedi tõmbejõust, on vaja teha niisama palju tööd kui keha tõstmiseks kõrgusele, mis võrdub planeedi raadiusega, kui oletada, et keha eemaldumisel planeedi keskmest raskusjõud ei muutu. See energiahulk on kehal siis, kui talle Maa pinna lähedal on antud teatav kiirus. Niisuguse kiiruse puhul liiguks keha parabooli haru mööda (joon. 5). Siit tuleneb ka selle kiiruse nimetus: paraboolkiirus ehk teine astronutiline kiirus. Maa pinnal on see kiirus 11,2 kilomeetrit sekundis.

Kui kehale anda kiirus, mis on suurem ringkiirusest, kuid väiksem paraboolsest kiirusest, siis hakkab ta liikuma elliptilist orbiiti mööda. Kui aga kiirus on parabool-



Joon. 4. Maa külgetõmme väheneb kauguse suurene-
 misel niisama nagu esemete valgustus valgusalli-
 kast eemaldumisel.



Joon. 5. Kosmiliste laevade teed.

sest kiirusest suurem, siis liigub keha hüperbooli haru mööda (joon. 5).

Lihtsustamise mõttes oletasime, et kehale mõjub ainuüksi Maa tõmbejõud. Tegelikult mõjub talle aga ka Päikese tõmbejõud. Arvutused näitavad, et keha üheaegseks vabastamiseks Maa ja Päikese tõmbejõust tuleb talle anda kiirus vähemalt 16,7 kilomeetrit sekundis. See on niinimetatud kolmas astronutiline kiirus.

Astronautika ülesandeks ongi saavutada esimene, teine ja kolmas astronutiline kiirus.

2. Kosmilise laeva algkujuks on raket

Praegu on üldiselt tunnustatud, et kosmilise laeva mootoriks kujuneb raket. Selline laev võib liikuda õhuta ruumis, sest teda toetavad raketist välja paiskuvad gaasid. Reisijatele on raketi liikumine ohutu, sest erinevalt suur-
tükimürsust suurendab raket kiirust järk-järgult. See-
tõttu on ülekoormused õhukütõusmisel võrdlemisi väike-
sed ega tekita astronautidele kahju.

Et lennukiirus on atmosfääri piirides suhteliselt väike, siis ei ole raketimootoriga laeva õhutakistus suur. Tähtsusetu on ka tema kuumenemine hõõrdumise tagajärjel.

Raketimootori abil saab laeva liikumist õhuta ruumis kiirendada või aeglustada ja vajaduse korral lennusuunda muuta.

Missugune on siis raketi liikumise printsiip?

Teatavasti lööb püss laskmise juures tagasi ja annab laskuri õlale tõuke. See toimub sellepärast, et püssirohu põlemisel tekkivad gaasid suruvad ühesuguse jõuga nii kuulile kui ka püssile. Et aga püssi mass on kuuli massist palju suurem, siis püss põrkab tagasi väikese kiirusega. See nähtus on seletatav ühega mehaanika põhiseadustest — mõju ja vastumõju (reaktsiooni) võrdsuse seadusega. Reaktsioonijõust tingitud liikumist nimetatakse **r e a k t i i v l i i k u m i s e k s**.

Püssirohuraketid sel kujul, nagu neid lastakse saluutide ajal, ei kõlba kosmilise laeva mootoriks. See on seletatav sellega, et püssirohu põlemisel tekib väga suur rõhk. Et niisugusele rõhule vastu pidada, peaks raket olema ülitugev ja järelikult ka väga raske. Pealegi ei ole võimalik raketi lennu ajal reguleerida püssirohu kulu, nagu

pole reguleeritav künnlaleek. Püssirohu põlemist ei saa lõpetada ja vajaduse korral mootorit seisma panna.

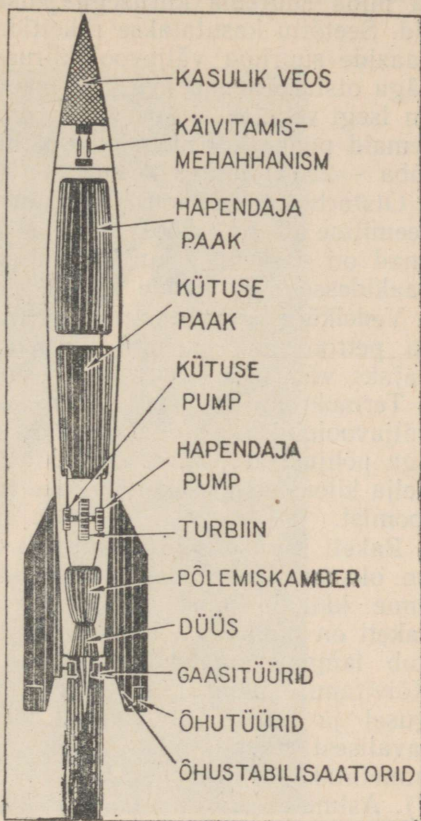
Need puudused on välditud nüüdisaegses tehnikas laialdaselt kasutatavate nõndanimetatud vedelkütuseraketide puhul.

Nagu nähtub jooniselt 6, on vedelkütuseraketil kaks paaki: ühes asub kütus, näiteks etüülpriiritus, teises aga hapendaja, näiteks vedel hapnik.

Kaks turbiiniga käitatavat pumpa suruvad mõlemat vedelikku erilisse kambrisse, kus kütuse ja hapendaja vahel toimub keemiline reaktsioon (s. o. kütuse põlemine). Seejuures tekkivad gaasid tungivad põlemiskambrist välja ja tagasilöögi toime panevad raketi liikuma.

Nii püssirohu- kui ka vedelkütuseraketide liikumise stabiilsuse tagavad õhustabilisaatorid ja -tüürid.

Saabub aga hetk, mil raket jõuab maakera atmosfääri piiridest välja. Ülejäänud osa oma teekonnast lendab ta õhuta ruumis. Õhustabilisaatorid ja -tüürid tema juhtimiseks enam ei kõlba. Kuidas siis on õhuta ruumis võimalik raketti juhtida ja hoida õiget lennu-suunda? Selle küsimuse lahendas K. E. Tsiolkovski. Ta pani ette paigutada tüürid raketist välja paiskuvate gaaside jukka. Neid gaasitüüre, nagu neid nimetatakse, saab kasutada raketi suuna muutmiseks õhuta ruumis.



Joon. 6. Vedelkütuserakett.

Millest sõltub raketi kiirus?

Väljaspool gravitatsioonivälja liigub rakett õhuta ruumis seda kiiremini, mida rohkem ta on kulutanud kütust ja mida suurema kiirusega paiskuvad temast välja gaasid. Seetõttu kasutatakse rakettides kütuseid, mis annavad gaaside suurima väljavoolukiiruse. Sellelt seisukohalt on väga otstarbekohane vesinik koos hapnikuga. Vesinik aga on isegi vedelas olekus väga kerge ja nõuab märksa suuremaid paake kui mõni muu kütus. Peale selle hakkab ta juba -253°C juures keema.

Otstarbekohasem on hüdrasiin (lämmastiku ja vesiniku keemiline ühend) koos lämmastikhappega. Neid vedelikke (nad on raskemad kui vesi) saab mahutada väikestesse paakidesse ning nende käsitsemine ei tekita raskusi.

Vedelkütusega rakettmootorites kasutatakse kütusena ka petrooleumi, bensiini, tärpentini, parafiini jt. Hapendajaks võib olla kloorhape, vesinikülihappend jt.

Termokeemiliste (tavaliste) kütuste puhul on gaaside väljavoolukiirus ligikaudu 2,5 kilomeetrit sekundis. On aga põhjust arvata, et seda kiirust saab suurendada kuni nelja kilomeetrini sekundis. See hõlbustaks kosmilise laeva loomist.

Raketi kiiruse suurendamiseks ja tema „lae“ tõstmiseks on olemas veel teine võimalus. Selleks tuleb põhiraketile enne käikulaskmist abiraketiga hoogu anda. Kui abirakett on oma töö teinud, eraldub ta automaatselt ja laskub langevarjuga alla. Seejärel käivitatakse põhirakett. Käivitamise momendil on ta järelikult juba teataval kõrgusel ja omab ka teatavat kiirust, mis võimaldab tal tavalisest raketist kõrgemale tõusta. Niisugust raketti nimetatakse liitraketiks ehk astmeliseks raketiks (joon. 7). Astmete (abirakettide) arvu suurendamise teel on võimalik veelgi tõsta raketi kiirust ja tema poolt saavutatavat kõrgust (või kaugust).

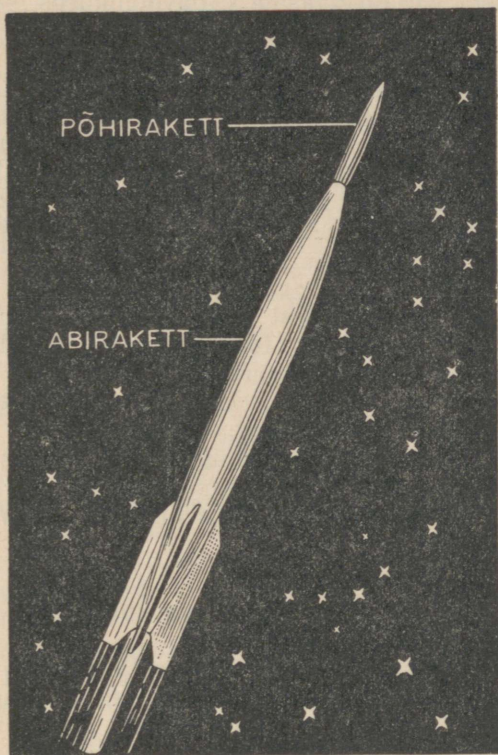
Viimaste aastate praktika on näidanud, et abirakettidena on kasulik rakendada püssirohurakette, sest nende veojõud on nende enda kaaluga võrreldes väga suur.

Et gaaside väljavoolu veelgi kiirendada, tuleb tavaliselt kütuselt üle minna tuumakütusele.

Mida kujutab endast tuumakütus ja missugused on tema paremused?

Uusim füüsika on edukalt lahendanud ühtede keemiliste elementide teisteks muundamise probleemi. Mõningatel

juhtudel kaasneb nende ümberkujundamistega aatomienergia eraldumine. Sellist energiat eraldavat ainet nimetatakse tuumakütuseks. Tuumakütuse iseärasuseks on asjaolu, et tema väikeses koguses on peidus tohutu suur energiahulk.



Joon. 7. Liitrakett.

Kuigi aatomienergia eraldumise protsess kulgeb väga kiiresti, on see siiski juhitav.

Aatomienergiat võib kasutada mõne vedeliku (näiteks vedela vesiniku või heeliumi) gaasiks muundamiseks ning selle gaasi raketist välja paiskamiseks.

Tuumakütust koos vedelikuga või gaasiga nimetatakse „aatomikütuseks“.

Tuleb tähendada, et terminid „tuumakütus“ ja „aatomi-

kütus“ on tinglikud mõisted, sest aatomienergia eraldumine ja tema ülekandumine inertsele kehale ei kujuta endast tavalist põlemisprotsessi.

Aatomienergia kasutamisel paiskub gaasijuga raketist välja kiirusega kuni mitukümmend kilomeetrit sekundis. Mida suurem aga on gaaside väljavoolukiirus, seda vähem kütust on vaja planeetidevaheliseks lennuks. Selles seisab aatomiraketi suur eelis.

Aatomirakett töötab järgmisel põhimõttel. Väikesesse anumasse, mis meenutab vedelkütuseraketi põlemiskambrit, juhitakse vedelat vesinikku (või mõnda muud vedelikku). Soojusena eralduv aatomienergia kuumutab vesiniku silmapilkselt väga kõrge temperatuurini. Vedel vesinik siirdub seejuures gaasilisse olekusse ja tungib ülisuure rõhu all kambrist välja.

Aatomirakett ei erine seega printsipiaalselt tavalistest raketidest. Tema loomist aga takistab rida tehnilisi raskusi. On vaja näiteks „taltsutada“ aatomiraketis tekki-vaid ülikõrgeid temperatuure ja rõhke, sest muidu ei taluks neid ükski metall. Tuleb võtta tarvitusele ka abinõud inimeste kaitseks radioaktiivse kiirguse eest, mis kaasneb aatomienergia eraldumisega. Selleks on vaja materjali, mis neelab selle kiirguse ja on ühtlasi küllalt kerge, sest igasugune lisaraskus mõjutab tugevasti raketi tegevusraadiust.

3. Kosmilise laeva ehitus

Kosmilise laeva konstruktsioon sõltub tema otstarbest. Kuule maandumiseks määratud laev erineb tunduvalt laevast, mis on ette nähtud Kuu ümber lendamiseks; laev Marsile lendamiseks tuleb ehitada teisiti kui Veenusele sõitev laev; termokeemilise kütusega laev erineb oluliselt aatomilaevast.

Kosmiline laev meenutab allveelaeva: nii siin kui seal on meeskond sunnitud elama hermeetiliselt suletud kabiinis väliskeskkonnast täielikult isoleerituna. Kabiinis oleva õhu koostist, rõhku, temperatuuri ja niiskust reguleerivad eriparaadid. Ent kosmilise laeva eeliseks allveelaevaga võrreldes on väiksem vahe rõhkude vahel kabiinis ja väljaspool seda. Mida väiksem see vahe aga on, seda õhemad võivad olla laeva korpuse seinad.

Laeva kabiini kütmiseks ja valgustamiseks võib kasu-

tada päikesekiiri. Laeva välisest peab nagu maakera atmosfäärgi kinni Päikese ultravioletseid kiiri, mis läbivad planeetidevahelist ruumi ja suurel hulgal on inimorganismile kahjulikud. Paremaks kaitseks meteoridega kokkupõrke puhul on otstarbekohane teha laevale kahekordne väliskest.

Termokeemilise kütusega kosmilist laeva, mis on määratud lennuks Maa kunstlikule kaaslasele, võib kujutleda dirižaablisuuruse mitmeastmelise raketina.

Startimisel kaalub selline raket mitusada tonni, tema kasulik veos aga umbes sada korda vähem. Tihedasti üksteise vastu liibuvad astmed paigutatakse voolujoonelisse väliskesta, et atmosfääris lendamisel õhutakistusest paremini üle saada. Võrdlemisi väike kabiin meeskonna jaoks ja kabiin muu kasuliku veose jaoks paiknevad arvatavasti laeva ninaosas. Et meeskonnal tuleb sellise laeva pardal viibida ainult lühikest aega (vähem kui tund), langeb ära vajadus keerukate seadmete järele, millega tuleb varustada pikaajaliseks lennuks määratud planeetidevahelised laevad.

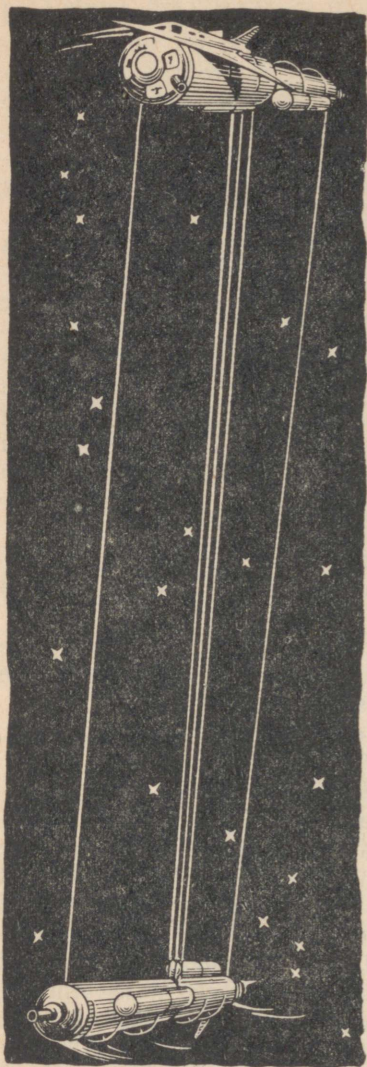
Täpselt kindlaksmääratud momendil saadab automaatstarter raketi õhku. Lennu juhtimine ja kõik mõõtmised toimuvad automaatselt.

Raketi astmeid, mis on oma ülesande täitnud, võib Maale tagasi saata kas langevarjuga või väljalükatavate tiibade abil, mis muudavad astme purilennukiks.

Vaadeldgem veel üht kosmilise laeva varianti (vt. joon. 10, keskel).

Laev lähtub maakera kunstlikult kaaslasele, et maandamata lennata ümber Kuu ja uurida pikema aja jooksul tema pinda. Pärast ülesande täitmist tuleb ta otse Maale tagasi. Nagu näeme, koosneb see laev põhiliselt kahest omavahel ühendatud raketist koos kolme paari silindriliste paakidega, mis on täidetud kütuse ja hapendajaga, ja kahest väljalükatavate tiibadega kosmilisest purilennukist, mis on määratud laskumiseks Maa pinnale. Laev ei vaja voolujoonelist väliskesta, sest start toimub väljaspool atmosfääri piire.

Sellise laeva ehitamine ja katsetamine toimub Maal, seejärel aga transporditakse ta lahtivõetult planeetidevahelisse jaama. Sinna toimetatakse ka kütus, seadmed ning toiduainete ja hingamiseks vajaliku hapniku varud.



Joon. 8. Kunstliku raskuse tekitamine kosmilisel laeval.

Pärast kokkumonteerimist planeetidevahelises jaamas lendab laev edasi maailmaruumi.

Kütus ja hapendaja juhitakse mootorisse silindrilistest keskaakidest, mis kujutavad endast kosmilise laeva põhilisi kabiine ja on ajutiselt täidetud kütusega. Nad tühjenevad mõne minuti jooksul pärast õhikutõusmist. Meeskond asub ajutiselt purilennuki vähemmugavas kabiinis.

Kütuse jääkide silmapilkseks hajutamiseks paakidest piisab, kui avada väike kraan, mis ühendab paake õhuta ruumiga. Seejärel täidetakse paagidkabiinid õhuga ja meeskond läheb purilennukist nendesse üle; seal viibivad astronautid kogu ülejäänud lennuaja.

Lähenenud Kuule, muutub laev tema kunstlikuks kaaslaseks. Selleks kasutatakse ära tagumistes külgpaakides asuv kütus ja hapendaja. Pärast kütuse lõppemist vabastatakse paagid laeva küljest.

Kui saabub aeg Maale tagasi pöördumiseks, käivitavad astronautid jälle mootori. Kütust hoitakse seks otstarbeks eesmistes külgpaakides. Enne sukeldumist maakera atmosfääri asub meeskond ümber kosmilisele purilennu-

kile. Viimane vabastatakse laeva küljest, mis jätkab tiirlemist ümber Maa.

Purilennuk jõuab maa atmosfääri ja väljalükatavate tiibadega manööverdades laskub järk-järgult alla.

Seisva mootoriga lendamisel kaotavad laevas olevad inimesed ja esemed oma kaalu. See tekitab palju ebamugavusi. Võib-olla tuleb konstruktoritel seetõttu laeva pardal luua kunstlik raskus.

Joonisel 10 kujutatud laev ongi ehitatud selle põhimõtte järgi. Laeva kaks koostisosa, mis tõusevad õhku ühe tervikuna, eralduvad hiljem teineteisest, kuid jäävad siiski ühendatuks trosside kaudu. Väikeste rakettmootorite abil pannakse nad ühise raskuskeskme ümber ringi liikuma (joon. 8). Pärast nõutava pöörlemiskiiruse saavutamist peatatakse mootorid, pöörlemine aga kestab inertsil mõjul edasi. Seejuures tekkiv tsentrifugaaljõud peab Tsiolkovski idee kohaselt asendama raskusjõudu.

II. KOSMILISE LAEVA PARDAL

1. Õhikutõus

Auto, rong ja purjelaev liiguvad senikaua, kuni neile mõjub liikumapanev jõud: kuni töötab mootor või kuni tuul paisutab purjesid. Et liikumine lõpeks, piisab mootori peatamisest, purjede rehvimisest või vedurikatla kütmise lõpetamisest.

Tõsi küll, ükski neist transpordivahenditest ei jää seisma kohe pärast liikumapaneva jõu toime lakkamist, vaid liigub inertsil mõjul veel mõnevõrra edasi, kuid see toimub võrdlemisi piiratud ulatuses, sest hõõrdumine ja õhutakistus tarvitavad varsti ära kogunenud energia.

Planeetidevahelise laevaga on teine lugu. Tema mootor annab raketile mõne minuti jooksul suure kiiruse, seejärel aga liigub laev planeetidevahelises ruumis juba inertsil mõjul, sest seal pole ei hõõrdumist ega õhutakistust.

Mida kiiremini kosmiline rakett saavutab vajaliku kiiruse, seda vähem aega peab mootor raskusjõuga võitlema ja seda vähem on vaja kütust.

Tohutu suur kütuse kokkuhoid oleks võimalik siis, kui laevale saaks silmapilkselt anda vajaliku kiiruse ja seejärel jätkata lendu seisva mootoriga inertsil mõjul. Praktiliselt on see aga võimatu: rakett võib kiirust arendada loomuli-

kult ainult järk-järgult — sedamööda, kuidas kütus põleb. Pealegi on äralennu kiirus piiratud inimorganismi vastupidavusega.

Sageli võib planeetidevahelisi lendusid kirjeldavate raamatute kaantel näha järgmist pilti: rakett lendab mööda sirgjoont, mis ühendab Maad Kuuga. Rakett on juba poolel teel või üsna lähedal lennu eesmärgile, mootor aga töötab üha edasi. Selline kujutus on väär. Tegelikult ei ole kosmilise laeva trajektoor sirge ja tema mootor lakkab töötamast juba Maa läheduses, mõne minuti möödumisel õhikutõusmisest. Ainult sel tingimusel võib laev endaga vajalikul hulgal kütust kaasa viia.

Õhikutõusmise trajektoori õigest valikust sõltub kogu lennu saatus. Trajektooriid, mille puhul kütuse kulu on minimaalne, on väga keerukad. Lennates neid trajektoore mööda, peab rakett pidevalt muutma oma liikumise suunda ja kiirendust. Kui aga lennata lihtsal trajektoorigil (näiteks tõusta vertikaalselt üles), siis on kütuse kulu mitu korda suurem.

Otsustavat mõju kogu lennule avaldab ka õhikutõusmise momendi täpne valik, sest liikuv pole mitte üksi Maa, vaid ka taevakeha, mille poole laev lendab. Midagi selletaolist esineb merelainetel kõiguvalt laevalt suurtükist tulistamise puhul. Suurtükk on laetud. Sihtur vaatab tardunult sihtkutorusse. Hetkeks vilksatab selles märk. Sihtur tõmbab kähku päästikut: kui ta ka silmapilgu võrra hilineb, siis tungib mürsk lainetesse parda külje all või lendab kõrgele taeva poole. Järelikult erineb kosmilise laeva õhikutõus põhiliselt lennuki õhikutõusmisest.

2. Lennul

...Mootor ongi seisma pandud.

Nüüd liigub kosmiline laev inertsil mõjul selles teelõigus, mis oma pikkuselt moodustab üle 99 protsendi kogu marsruudist. Lähimatele taevakehadele lendamisel näiteks töötab rakettmootor ligikaudu kahe tuhande kilomeetri pikkusel teelõigul, samal ajal kui Kuu asub meist eemal sadu tuhandeid ja planeedid miljoneid kilomeetreid.

Maakera tingimustes liigub ainult rööbastransport täpselt kindlaksmääratud teid mööda; kõik teised liiklusvahendid kalduvad pidevalt marsruudi geomeetrisest joonest kõrvale. Seda põhjustavad tee ebatasasused, tuule ja

vee liikumine, mootorite ebaühtlane töötamine ja paljud muud tegurid. Planeetidevahelise laevaga on teine lugu. Temale avaldab peaaegu kogu teekonna vältel praktiliselt mõju ainuüksi Päikese tõmbejõud ja ta liigub rangelt kindlaksmääratud marsruudil nagu nähtamatuid rööpaid mööda.

Et planeetidevahelises ruumis jätkub avarust ja kosmilist laeva ei ähvarda oht kokku põrgata vastutuleva laevaga, siis näib, nagu polekski õigelt teelt hälbimine nii hirmus. Sellele vaatamata nõuavad planeetidevahelised lennud suuremat täpsust laeva juhtimises ja suuremat valvsust kui meresõit või aviatsioon. Vähimgi hälve lennu kiiruses või liikumise suunas on täis suurt ohtu. See selgub järgmistest näidetest.

Minimaalse hoovõtuga Kuule lendamise puhul lühendab äralennu kiiruse vähenemine 1 meetri võrra sekundis laeva tegevusraadiust 4000 kilomeetri võrra.

Veel tõsisem on olukord planeetidele lendamisel: sel juhul muudab kiiruse vähenemine ühe meetri võrra sekundis tegevusraadiust kümnete ja sadade tuhandete kilomeetrite võrra.

Oletame näiteks, et me lendame Jupiterile mööda trajektoori, mis nõuab kõige väiksemat äralennukiirust — 14 226 meetrit sekundis. Kui seda kiirust vähendada ainult ühe meetri võrra sekundis, siis jääb laev sihtpunktist eemale nelisada tuhat kilomeetrit. Kui aga viga kiiruses on üks kümnendik protsenti, siis jääb laeval sihtpunktist puudu (või ta lendab sellest kaugemale) rohkem kui viis miljonit kilomeetrit. Hälve õhkutõusmise nurgas ühe kümnendiku kraadi võrra võib põhjustada sihtpunktist mööda lendamist ühe miljoni kilomeetri kauguselt.

Seepärast tuleb pilootidel pidevalt kontrollida laeva kurssi ja korrigeerida tema trajektoori miniatuurse rakettmootori abil.

Kuidas hakatakse mõõtma läbisõidetud teed?

Kuule lendamisel võib laeva kaugust nii Maast kui ka Kuust kindlaks määrata sel viisil, et mõõdetakse nurka, mille all paistab Maa või Kuu: mida väiksem on see nurk, seda suurem on kaugus. Kaugust Päikesest võib kindlaks teha temperatuuri muutumise järgi. Kaasaegsed elektritermomeetrid näitavad temperatuuri kõikumisi kuni üks miljondik kraadi. Nende abil saab laeva asukoha muutumist Päikese suhtes määrata juba 2—3 kilomeetri piirides.

3. Elu kosmilisel laeval

Polemiseerides raudteetranspordi julge novaatori Stephensoniga, kirjutas üks inglise ajakiri üle saja aasta tagasi:

„Mis võiks olla veidram ja absurdsem kui lubadus ehitada auruvedurit, mis liigub postitõllast kaks korda kiiremini! Arvata, et Woolwich'i (Londoni eeslinn) elanikud usaldavad end niisuguse masina hoolde, on niisama hea kui oletada, et nad lasevad end raketis õhku tulistada.“

Stephensoni vastus oli väga teravmeelne. Oma vedurile, mida parajasti ehitati võistlusteks, pani ta nimeks „Rakett“, ja tema „Rakett“ liikus postitõllast mitu korda kiiremini, toimetades reisijaid õnnelikult sihtkohta.

Missugune aga oleks olnud Stephensoni enda hämmastus, kui ta oleks teada saanud, et teatavatest tingimustest kinnipidamisel võib inimene end usaldada isegi kosmilist kiirust arendava raketi hoolde!

Õhikutõusmise momendil mõjutab kosmilist laeva ja astronautide organismi ülekoormus.

Lubatava ülekoormuse suurus ja järelikult ka kiirendus õhikutõusmise ajal on piiratud inimorganismi vastupidavusega. Ülekoormuse puhul, mis 4—5 korda ületab raskusjõu Maa pinnal, võib kosmilise kiiruse saavutada mõne minuti vältel.

Me teame igapäevasest elust, et inimene on võimeline taluma niisuguseid ja isegi suuremaid ülekoormusi: need esinevad näiteks transpordivahendi järsul pidurdamisel, vettehüpetel (sukeldumise momendil) jne. Lendurid taluvad suuri ülekoormusi vigurlennul, õhikutõusmisel katalpuli abil ja järskudel pöörangutel.

On tehtud ka erilisi katseid. Ehitati omapärane karussell, mille raadius oli 5 meetrit. Sõites niisugusel karussellil kuue minuti kestel kiirusega 14 meetrit sekundis, tunneme ligikaudu samasugust ülekoormust kui Maa pinnalt lähimatele taevakehadele lendamisel. Selletaolised katsed osutusid inimesele täiesti ohutuks.

Organismi vastupidavus sõltub suurel määral keha asendist ülekoormamise ajal: püsti seistes talub inimene ülekoormust teisiti kui istudes või lamades. Nagu läbi viidud katsed on näidanud, on ülekoormust kõige hõlpsam taluda kõhuli või selili lamades.

Organismi vastupidavuse suurendamiseks kasutatakse

käesoleval ajal rakettlennukites näiteks erilisi („kontuur-seid“) lamamisasemeid, millede kujundamisel võetakse arvesse lenduri keha kuju muutumist ülekoormuse toimel.

Suurt osa etendab ka treening: on teada juhtumeid, kus treenitud inimesed on selili lamades kahe-kolme minuti kestel talunud ülekoormust, mis 15 korda ületab keha kaalu. Füsioloogilisest seisukohast lähtudes piisab sellest lendudeks mitte ainult planeetidevahelisse ruumi, vaid isegi väljapoole seda.

Kui laev liigub õhuta ruumis inertsia mõjul, siis tema pardal asuvad inimesed ei tunne oma kaalu, sest kaalutunne tekib toe (põranda, tooli, voodi jne.) kehale surumise ja ühtede kehaosade vastastikku teistele surumise tagajärjel. Kui tugi kõrvaldada, siis kaob ka kaalutunne.

Selgitame seda näite varal. Oletame, et me viibime eriliselt konstrueeritud liftis, mis laskub nagu vabalt langev keha. Kõik kabiinis asuvad esemed langevad ühesuguse kiirusega, mistõttu nad ei suru üksteisele. Kui teil on käes portfell, siis ei kuku see põrandale, kui te selle käest lahti lasete: portfell nagu kõik muugi kabiinis, sealhulgas ka meie ise, on oma kaalu kaotanud.

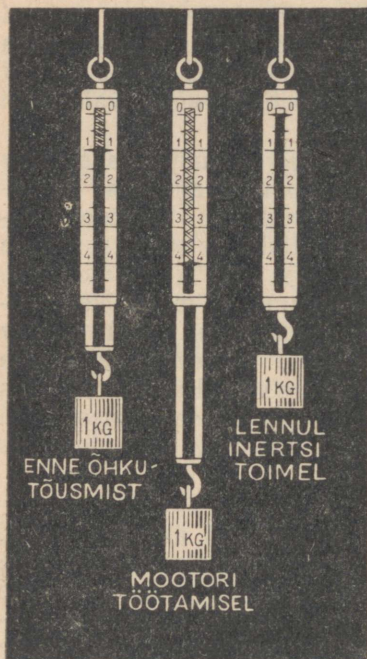
Toome veel teise näite.

Võtame kolm telliskivi ja paneme nad üksteise peale. Ülemine tellis surub teatud jõuga keskmisele, keskmine tellis aga alumisele kaks korda suurema jõuga. Kui me aga need kolm tellist viskame koos aknast välja, siis kukkudes nad ei suru üksteisele: ükski tellistest ei ole teistele toeks.

Maakeral tunneme kaalu kadumist näiteks vettehüpetel, kui me pärast ärahüpet lendame õhus. Samasugune tunne on langevarjuril avamata langevarjuga hüppe puhul. Kui hüppajal on taskus mingisugune raske ese, siis õhus viibides ta ei tunne selle kaalu. Osalist kaalu kadumist tunneme ka siis, kui laskume suuskadel mäest alla või kiigume kiigel, eriti tõusu kõrgpunktis. Langevarjurid ja akrobaadid tunnevad hüpete ajal raskusjõu puudumist, kaotamata seejuures enesevalitsemist ja orienteerumisevõimet.

Astronautika-alases kirjanduses mõistetakse „kaalu“ all tavaliselt jõudu, mis mõjub kosmilise laeva kabiinis asuvatele esemetele ja inimestele kabiini põranda suhtes. Selle jõu puudumisel esemed ei suru üksteisele, inimesed ei tunne mingisuguse jõu mõju ja kaotavad kaalu.

Mõnikord räägitakse „näilikust“ kaalu suurenemisest või „näilikust“ kaalu vähenemisest lendaval raketil. Sel- line vaade on ekslik: kaalu muutumine on täiesti reaalne nähtus ja seda saab apa- raatide abil kindlaks mäa- rata.



Joon. 9. Kuidas muutub keha kaal kosmilise lennu kestel.

tuleb nende küsimuste kallal veel küllalt vaeva näha, sest esimesed ekspeditsioonid Marsile ja Veenusele võivad kesta üle kahe aasta.

Puudulikult on veel läbi töötatud kosmilise laeva pardal oleva õhu ja vee puhastamise küsimused, kuid see ei tekita suuri raskusi.

4. Kosmilise lennu ohud

Maa on pidevalt „planeetidevahelise ruumi rändurite“ — meteorkehade — pommirahe all. Aasta jooksul langeb meie planeedi pinnale mitu tuhat meteoriiti. Nendel raud-

või kivikehadel on mitmesugused mõõtmed; mõnedel neist ulatub läbimõõt mitme meetrini. Meteoorikübeleid aga langeb Maale 10 000—100 000 sekundis. Ööpäeva jooksul Maale langevate meteoorkehade üldkaalu hinnatakse 10—20 tonnile; nende kiirus maakera atmosfääri tungimisel on 10—70 kilomeetrit sekundis.

Liikudes atmosfääris, hakkavad meteoorkehad õhust tingitud hõõrdumise tõttu hõõguma niisama eredasti kui Päike; esineb isegi veel eredamaid meteooore. Maa pinnale langemisel tekitavad meteoriidid mõnikord suuri kraatreid, mille läbimõõt ulatub mitme kilomeetrini.

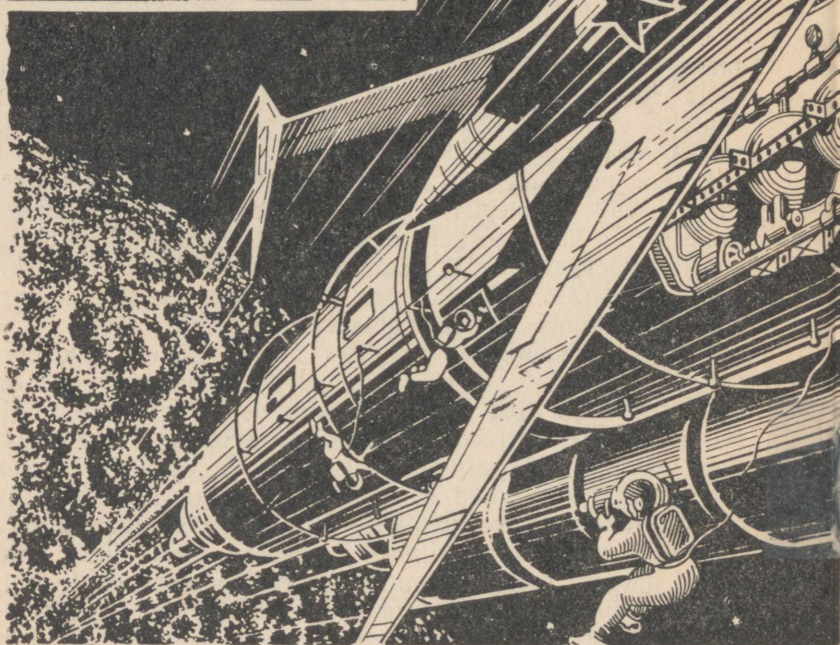
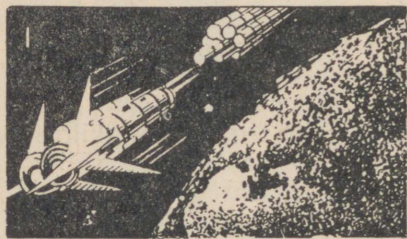
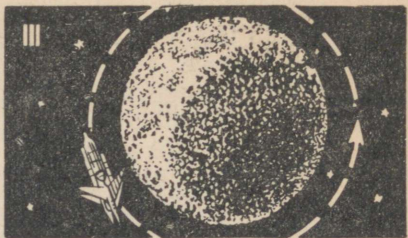
Meteoorkeha põrge vastu kosmilist laeva võib olla laeva hukkumise põhjuseks, sest väikseimgi avaus hävitab kabiini õhukindluse ja õhk tungib temast heli kiirusega välja. Nagu näitavad katsed, säilitab inimene välisrõhu järsul langemisel enesevalitsemise umbes 15 sekundiks, sellest aga piisab skafandri (astronaudiülikonna) hapnikuaparaadi sisselülitamiseks.

Isegi mikroskoopilised meteoorkehad võivad pikapeale laeva väliskesta purustada. Eriti suur on see oht pikemat aega Maa ümber tiirlevate kunstlike kaaslaste puhul. Muistne vanasõna ütleb: „Veetilk ei uurista kivi mitte oma jõuga, vaid sagedase kukkumisega.“

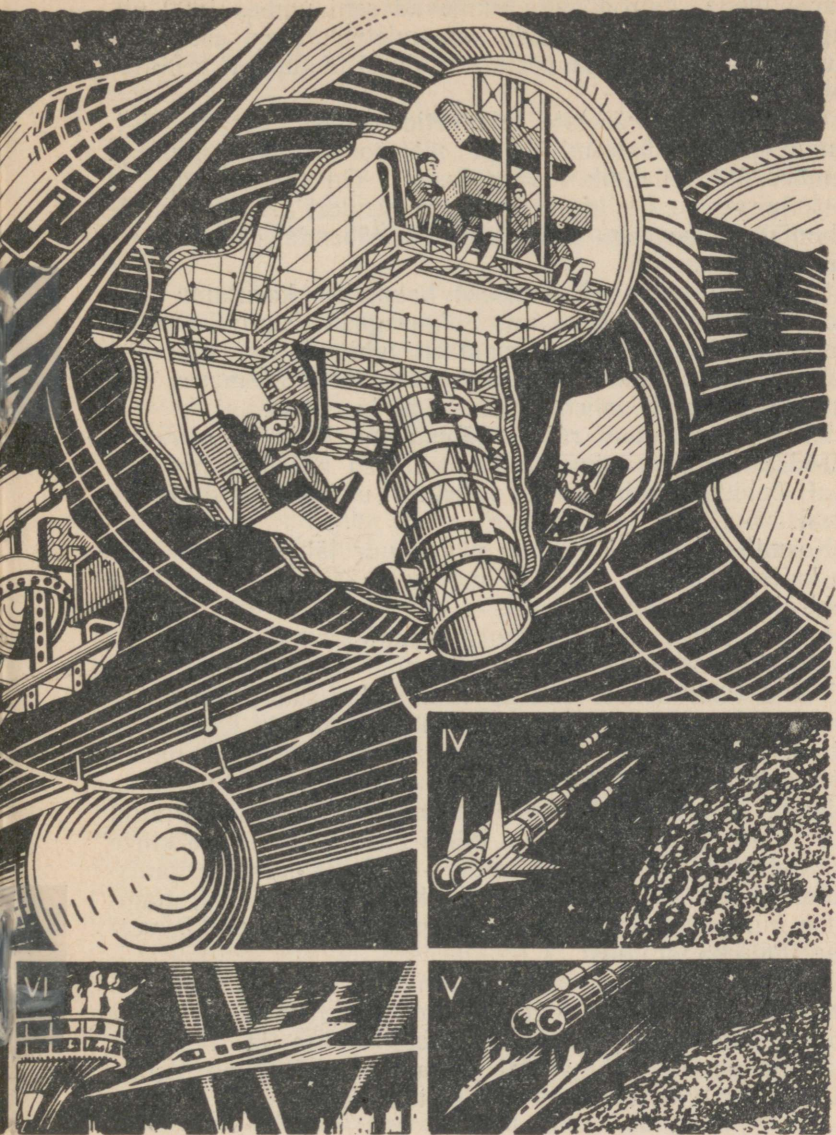
Katsel, mis viidi läbi Ameerika Ühendriikides 1953. aastal 40—140 kilomeetri kõrgusel, registreeriti 144 sekundi jooksul 66 kokkupõrget. Ruutmeetri kohta tuli sekundis 4,9 kokkupõrget. Teistel katsetel avastati poleeritud metallplaatidel pärast seda, kui nad olid viibinud suurel kõrgusel, mikroskoobi abil mikrometeooride jälgi.

Tõhusaid meetodeid kosmilise laeva kaitseks meteoorkehade ohu vastu ei ole senini leitud. Meteoorkehad on aga ruumis ja ajas jaotatud ebaühtlaselt. On välja selgitatud rida meteoorivoole ja nende tegevusaegu. Üksikasjaliselt on uuritud paljude meteoorkehade parvede orbiite. Astronauudid kasutavad neid andmeid lennu trajektoori ja aja valikuks. „Meteoorivaikuse“ ajal on võimalik lennata Kuule ja sealt tagasi, ilma et peaaegu üldse oleks ohtu kokku põrgata tunduva suurusega meteoorkehaga. Kosmilise laeva harilik väliskest kaitseb meteooritolmu eest, kahevõi mitmekordne kest aga ka väikeste meteooride eest, mis võivad lennuteele sattuda.

Kui kosmiline laev jõuab Marsi orbiidi piiridest välja, siis ähvardab astronauute veel oht põrgata kokku väikeste



Joon. 10. Joonise keskel — Kuu linnulennuliseks uurimiseks määratud kunstlikult kaaslasele; II — laev muutub Kuu kunstlikuks kaaslaseks; purilennukite eraldumine laevast Maale lähenemisel;



kosmilise laeva ligikaudne konstruktsioon. I — laeva start Maa
 III — laeva teekond ümber Kuu; IV — laev eemaldub Kuust; V —
 VI — kosmiliste purilennukite maandumine Maale.

planeetidega. Astronoomid tunnevad seni umbes 1600 niisugust taevakeha ja nende kulgemisteid. Need asteroidid tiirlevad ümber Päikese peamiselt Marsi ja Jupiteri orbiitide vahel.

Teadaolevate väikeste planeetide mass võrdub ligikaudu päikesesüsteemi kogu meteoorimateeria massiga (umbes üks tuhandik Maa massist). On täiesti selge, et kokkupõrge isegi kõige väiksemaga nendest kehadest, mille läbimõõt on peaaegu üks kilomeeter, tähendaks kosmilisele laevale katastroofi.

Selle ohu vastu võitlemiseks hakatakse kasutama raadiolokatsiooniseadmeid, mis õigeaegselt signaliseerivad ähvardavast ohust ja automaatselt juhivad laeva kõrvale. Kehade tohutu suure liikumiskiiruse tõttu kosmoses aga on selle ülesande lahendamine väga keerukas.

Planeetidevahelist ruumi läbistavad Päikese ultravioletsed kiired ja niinimetatud kosmilised kiired. Nagu eespool öeldud, peab laeva väliskeskkonnas ultravioletsed kiired kinni.

Kosmilistel kiirtel aga on väga suur läbitungimisvõime ja kaitsevahendid nende toime vastu on seni vajalikul määral läbi uurimata.

Nende kiirte poolt inimorganismile avaldatava toime kontrollimiseks tehti näiteks järgmine katse.

Väike tükk konserveeritud inimnahka saadeti raketiga suurele kõrgusele, kus temale avaldasid toimet kosmilised kiired. Pärast raketi maandumist õnnestus seda nahka inimesele ümber istutada: ta ei olnud kaotanud eluvõimet.

Nagu on näidanud teised kõrgusrakettide abil teostatud katsed, on nii ultravioletsete kiirte kui ka kosmiliste kiirte lühiajaline toime kahjutu mitte ainult alamatele organismidele, vaid ka ahvidele. Kuid kõik need katsed, nagu katse inimnahagagi, on ainult alguseks ega võimalda veel teha lõplikke järeldusi.

Aatomiraketis ähvardab astronaute veel tuumakütuse radioaktiivse kiirguse oht. Mõned kosmilise laeva osad võivad omandada kunstliku radioaktiivsuse ja avaldada elusorganismile kahjustavat toimet. Seetõttu on nende kiirte vastu vajalikud erilised kaitseekraanid.

5. Laskumine Maale

Kuidas toimub kosmiliselt lennult tagasi pöörduva laeva laskumine?

Teoreetiliselt võiks selleks otstarbeks kasutada rakettmootorit. Tagurpidi asetatud mootor ei suurendaks kiirust, vaid vähendaks seda, sest väljapaiskuvad gaasid tõukaksid raketti vastupidises suunas. Rakett aga pole võimeline kaasa võtma selleks vajalikku tohtu suurt kütusekogust.

Laeva pidurdamiseks võib kasutada õhutakistust, kuid hiigelkogus soojust, mis eraldub laeva hõõrdumisel vastu õhku, ei võimalda seks otstarbeks kasutada langevarje, sest need põleksid silmapilkselt ära. Peale selle oleks selline pidurdus liiga järsk. Suur ja mittevoolujooneline, õhukeste seintega planeetidevaheline laev pole üldse kohane Maale laskumiseks. Maa atmosfääri sukeldumisel hakkaks ta kahtlemata heledasti hõõguma. Seepärast siirdub meeskond laskumisel juba enne Maa atmosfääri ülemistesse kihtidesse sukeldumist kosmilisse purilennukisse, millel on ideaalselt voolujooneline kuju. Laeva saatus aga võib kujuneda kahesuguseks: ta kas põleb atmosfääris ära nagu meteor või muutub Maa kaaslaseks, kui lühikeseks ajaks käivitatakse mootor.

Lähenenud Maale, sukeldub purilennuk atmosfääri ülemistesse kihtidesse, et vähendada kiirust, mis ületab 11 kilomeetrit sekundis, seejärel aga tuleb neist jälle välja ja suundub õhuta ruumi. Atmosfääris viibimise aja jooksul vähendab purilennuk teatud määral oma kiirust ja väljub sealt juba väiksema kiirusega. Atmosfäärist välja lendamist mitu korda korrates saavutatakse purilennuki kiiruse tunduv vähenemine. Sellisel maandumisel ei jõua purilennuki välisest kuumeneda kõrge temperatuurini.

Purilennuki kiiruse vähenemisel ei piisa planeerimiseks enam tema väikeste „tiivaidude“ pindalast ja siis astuvad tegevusse väljalükatavad tiivad. Aegamööda sukeldub purilennuk üha tihedamatesse atmosfäärikihtidesse. Laskumine Maa pinnale kestab mitu tundi. Pidurdamine toimub planeerival lennul järelikult aegamööda, mistõttu aparaat ei kuumene üle ja temperatuur ei tõuse kabiinis liiga kõrgele. Purilennuk maandub, kui tema kiirus on lõpuks peaaegu kadunud.

Samal viisil võib Maale tagasi pöörduda ka planeetide-

vahelisest jaamast. Sel juhul „heidetakse“ purilennuk miniatuurse raketimootori abil jaamast väikese kiirusega välja jaama liikumisele vastassuunas. Selle tagajärjel purilennuki kiirus väheneb ja ta sukeldub aegamööda atmosfääri.

III. MAA KUNSTLIK KAASLANE

1. Kunstliku kaaslase rajamine

Maailmaruumi vallutamise esimese sammuna tuleb rajada Maa kunstlik kaaslane — lennuaparaat, mis hakkab nagu Kuugi tiirlema meie planeedi ümber.

Kunstliku kaaslase nagu kosmilise laevagi ehitamine ja katsetamine toimub Maal. Seejärel lahutatakse ta osadeks ja transporditakse väljavalitud orbiidile, kus ta uuesti üheks tervikuks kokku monteeritakse (joon. 11).

Kaaslase rajamine algab kolme- või neljaastmelise raketi väljasaatmisega.

Kujutleme, et sellise raketi juurde, mis on muutunud Maa kunstlikuks kaaslaseks, lendab teine raket, seejärel kolmas ja neljas... Kõik need raketid ühendatakse üheks tervikuks. Kabiine ning kütuse alt vabanenud ja juba Maal vastavalt sisustatud paake kasutatakse eluruumidena, laboratooriumidena, töökodadena jne. Kõigis nendes ruumides luuakse kunstlik atmosfäär, selleks aga, et õhk ei lenduks, peab kogu ehitus olema õhukindel.

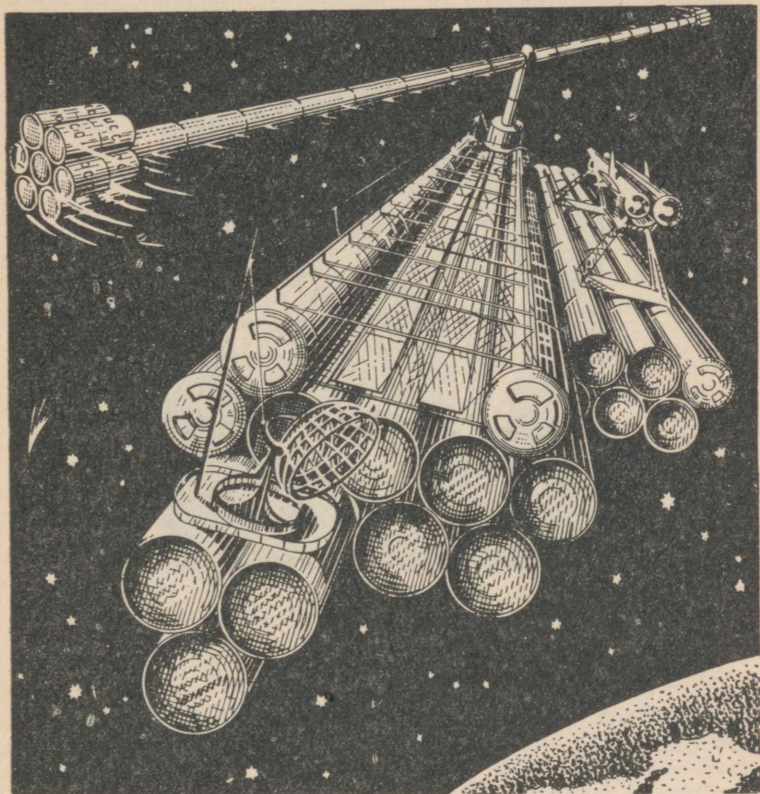
Jaam varustatakse järk-järgult Maalt kohale toimetatavate eriseadmetega. Saabunud raketidelt maha võetud gaasiturbiine, manomeetreid, termomeetreid ja muid aparate ning kütuse ja hapendaja jääke saab kasutada kunstlikul kaaslasel. Nagu kosmilisel laeval, nii on ka Maa kaaslasel võimalik luua kunstlikku raskust (joon. 11).

Kui kõrgele rajatakse kunstlikud kaaslased?

Kaaslase lähedus Maale hõlbustaks tunduvalt temaga ühenduse pidamist. Kui aga kaaslane asuks Maa tihedates atmosfäärikihtides, siis takistaksid need liikumist, vähendades aegamööda kaaslase kiirust. Lõpuks põhjustaks see kaaslase langemise Maale. Seepärast peabki kaaslane asuma väljaspool Maa õhkkonna tihedaid kihte.

Meie planeedi atmosfääril ei ole kindlat ülemist piiri, õhu tihedus aga väheneb järsult kõrguse kasvamisel. Nii näiteks on õhu tihedus Engelse mäetipul (6,8 kilomeetrit)

juba kaks korda väiksem kui merepinnal, kümne kilomeetri kõrgusel kolm korda väiksem ja kaheksateistkümmne kilomeetri kõrgusel kümme korda väiksem. Atmosfäärikihtides, mis asuvad üle 150 kilomeetri kõrgusel, ei sütti meteoroidid



Joon. 11. Kunstliku kaaslaste ligikaudne konstruktsioon. Kunstliku kaaslaste alumises osas ei ole esemetel kaalu, ülemises osas aga on pöörlemise tõttu tunda kunstlikku raskust.

põlema, kuigi nad liiguvad kaaslasest kuni kümme korda kiiremini. Kõrgustel üle 200 kilomeetri on õhk sedavõrd hõre, et ta praktiliselt kaaslase liikumist enam ei takista. Järelkult on otstarbekohane kunstlikke kaaslasti rajada just sellisele kõrgusele.

Kunstlik kaaslane võib nagu langev kehagi liikuda ainult

Maa keskpunkti läbivas tasapinnas, näiteks mööda meridiaani (joon. 12).

Kunstlikud kaaslased alluvad samadele looduseadustele, milledele alluvad teised taevakehad. Seetõttu sõltub kaaslase liikumiskiirus ja Maa ümber tiirlemise aeg lennu kõrgusest.



Joon. 12. Kunstlik kaaslane saab liikuda ainult tasapinnas, mis läbib Maa keskpunkti.

Kui kiirus veidi väheneb, siis lahkub kaaslane ringorbilt ja hakkab lamedat kaart mööda langema Maale.

2. Kunstliku kaaslase kasutamine

Kaasaegsel meteoroloogial ei ole veel kasutada küllaldaselt andmeid atmosfääriprotsesside seaduspärasuste täpsaks määramiseks, sest praegusel ajal on võimalikud ainult väga lühiajalised ülemiste atmosfäärikihtide vaatlused. Maa kunstlikud kaaslased võivad sel alal olla väga kasulikud, sest nende abil on võimalik selliseid vaatlusi toimetada pidevalt.

Väikest, ilma meeskonnata kunstlikku kaaslast, mida juhitakse automaatselt, saab luua juba lähemal ajal. Kaas-

lasel asuvate aparaatide näidud antakse Maale edasi raadio teel.

Järgmiseks sammuks oleks juba mitte ainult aparaatidega, vaid ka meeskonnaga varustatud lendavate observatooriumide loomine.

Maakera pinna vaatlusteks oleksid lendavate observatooriumidena sobivad kaaslased, mille teekond kulgeks üle Maa pooluste. Maa pöörlemise tõttu oma telje ümber saaks selliselt kaaslaselt ühe ööpäeva jooksul päevavalguses fotograferida kogu meie planeedi pinda. Kaaslane võib selle aja jooksul teha ümber Maa kuni kuusteist tiiru.

Eriti mugav on kaaslaselt uurida maakera suurte pindalade kohal oleva pilvekatte jaotust ja iseloomu, määrata soojade ja külmade õhumasside piire ning vaadelda tormide levimist. Lendavates meteoroloogiajaamades saab täpselt mõõta ülemiste atmosfäärikihtide õhu temperatuuri, rõhku, tihedust jne. Päikese radiatsiooni uurimine võimaldab perioodiliselt kindlaks määrata meie planeedi poolt tarbitava kiirgusenergia hulka. See on suureks abiks mitte ainult ilmastiku, vaid ka raadioside tingimuste õigel ennustamisel.

Kunstlikul kaaslasel pole peaaegu kunagi tunda puudust päikeseenergiast. K. E. Tsiolkovski soovitas Päikese kiirgusenergia võimsad vood kinni püüda ja kasutada neid maavälistes kasvuhoonetes taimede viljelemiseks, mida taevasaare elanikud võiksid tarvitada toiduks.

Kunstlikul kaaslasel võib luua tuumafüüsika laboratooriume, millel on külluses kasutada kosmilisi kiiri.

Pole kahtlust, et kunstlikke kaaslasi saab kasutada televisiooni- ja ultralühilainesaadeteks.

Planeetidevaheliste lendude hõlbustamiseks pani K. E. Tsiolkovski ette kasutada Maa kunstlikku kaaslast omamoodi „ümberistumisjaamana“ ja jaotada kosmiline reis etappideks. Selline jaam võiks olla hüppelauaks inimese tungimisel kaugele maailmaruumi.

Kaaslaselt on palju kergem kui Maa pealt jõuda Kuuni, mistahes planeedini ja lennata isegi väljapoole meie päikesesüsteemi piire. Kuule, Veenusele ja Marsile jõudmiseks piisab kaaslaselt lendutõusmise puhul kiirusest 3,1—3,6 kilomeetrit sekundis, sest jaama enda kiirus on umbes 8 kilomeetrit sekundis. Maalt õhikutõusmisel peab see kiirus olema 11,2 kilomeetrit sekundis.

Maa pealt planeetidevahelisse jaama jõudnud raketti

kasutatakse mõningate projektide kohaselt edasilendami- seks. Jaamas võivad astronautid varustada end kõigega, mis on vajalik kosmilise reisi jätkamiseks ja lõpuleviimiseks: kütusega, varustusega, toiduainetega jne.

Teiste projektide järgi istuvad astronautid planeetide- vahelises jaamas ümber teisele laevale, mis on kokku pan- dud Maa pealt kohale toimetatud osadest. Planeetidevahe- lise laeva seadmetega varustamiseks võib samuti kasutada jaama saabunud rakettidelt maha võetud mootoreid ja muid osasid.

Juba kaua aega enne seda, kui inimene asub lendama kosmose ääretusse avarusse, võib selliste lendude tingi- muksi kontrollida planeetidevahelises jaamas. Seal võib kindlaks teha, kas pikaajaline kaaluta olek on inimorganis- mile kahjulik, kuidas mõjub inimesele kunstlik raskus jne. Taevasaarel on võimalik uurida ka kaitsevahendeid meteoriohu vastu. Tuginedes planeetidevahelisele jaamale kui baasile, võivad astronautid läbi teha õhuta ruumis lendavate laevade juhtimise keeruka praktika.

Planeetidevahelises jaamas saab hankida palju andmeid, mis on vajalikud kosmilise laeva ja purilennuki kõige rat- sionaalsema konstruktsiooni loomiseks.

Mõned arvavad, et planeetidevahelise jaamana võib kasu- tada Kuud. Kuu aga ei kõlba selleks otstarbeks: ta asub Maast liiga kaugel. Peale selle on tema mass ja järelikult ka tõmbejõud võrdlemisi suur ning tuleks kulutada palju kütust planeetidevahelise laeva laskumiseks Kuu pinnale ja järgnevaks lendutõusmiseks.

Kas Maal ei ole aga teist, Kuust väiksemat kaaslast või isegi rida väikesi loomulikke kaaslasi, mis on tänini veel avastamata? Neile oleks võrdlemisi hõlpus rajada lendavat observatooriumi ja planeetidevahelist jaama.

On arusaadav, et kui niisugused kaaslased ongi olemas, siis võivad nad olla ainult väga miniatuursed taevakehad ja nende avastamine on väga keerukas ülesanne. Suure liikumiskiiruse tõttu on selline tilluke kaaslane, mis pea- legi asub Maa lähedal, teleskoobiga tabamatu. Võimalus luua planeetidevahelist jaama Maa loomulikul kaaslasel on arvatavasti väga väike.

IV. KOSMILISED LENNUD

1. Lend Kuule

Esimese kosmilise reisi sihiks on kahtlemata Maa kaaslane Kuu, mis asub meist ainult 384 000 kilomeetri kaugusel, s. o. sada korda lähemal kui kõige lähem planeet Veenus tema möödumisel Maast. Isegi maapealsetes tingimustes on see võrdlemisi väike kaugus. Paljud raudteelased ja meremehed on sellise kauguse läbi sõitnud. Paljud lendurid on lennanud tunduvalt rohkem kilomeetreid kui Maa pealt Kuuni ja tagasi.

Inimene on võimeline ronima kõige kõrgematele mägedele. Kas suudaks ta aga jõuda Kuuni, kui Maa ja Kuu vahel oleks redel?

Arvukate katsete varal on kindlaks tehtud, et umbes 1550 meetri kõrgusele tõusmiseks tuleb kulutada üks terve tööpäev. Kui jagada Maa ja Kuu vaheline keskmine kaugus teekonnaga, mille esimese päeva jooksul läbiks „kuualpinist“, siis selgub, et Kuule jõudmiseks oleks vaja 680 aastat. Selline arvestus aga oleks õige siis, kui oletada, et kogu „rännak“ toimub esimese päeva tingimustes ja tempoga. See oletus on siiski väär: et raskusjõud kõrguse suurenemisel väheneb, siis oleks minek üha kergem ja tempo kasvaks pidevalt, nii et „alpinist“ oleks oma reisi eesmärgil juba 11 aasta pärast.

Kui palju aega aga vajab raketilaev, et lennata Kuuni?

Tõusnud Maa pealt õhku kiirusega 11,2 kilomeetrit sekundis, jõuaks laev Kuule 51 tunni pärast.

Esimesi kuurakette juhitakse nagu esimesi Maa kaaslasigi arvatavasti automaatselt. Nende poolt saadetakud raadiosignaalid võimaldavad jälgida nende lendu. Eesmärgile jõudmisest annab teada näiteks valgustuslaengu plahvatus raketi langemisel Kuu pinnale. Eriti hästi on selline plahvatus nähtav Päikesest valgustamata kuuketta osas. Peale selle võib raketit Kuu pinnale laskumisel puistata valget pulbrit nii suurele pindalale, et tekitatud laik oleks Maalt nähtav.

Edaspidi võivad meeskonnaga varustatud võimsamad raketid pärast startimist planeetidevahelisest jaamast muutuda Kuu kunstlikeks kaaslasteks ja tiirelda tema ümber pika aja kestel kütust kulutamata. Seetõttu on Kuu uurimine selliselt laevalt väga soodne. Nagu näitavad arvutused, peab raketit, mis kaalub näiteks 10 tonni ja asub

kunstlikult kaaslaselt lennule ümber Kuu gaasi väljavoolu kiirusega 4 kilomeetrit sekundis, kaasa võtma ainult 12 tonni kütust. Maakera pinnalt lähtumisel aga vajaks ta 150 tonni kütust. Kui võtta gaaside väljavoolu kiiruseks 2,5 kilomeetrit sekundis, siis vajaks rakett esimesel juhul 25 tonni, teisel juhul aga 840 tonni kütust. Seejuures ei ole arvesse võetud seda kütusekogust, mida laev vajab õhutakistuse ületamiseks, ja oletatakse, et laev saavutab vajaliku kiiruse silmapilkselt.

Maa pealt on meile alati nähtav ainult Kuu üks poolkera. Suurt huvi pakub uurijatele tema teine poolkera, mida ei saa vaadelda meie planeedi pinnalt. Lendu Kuu selle poolkera kohal võib korraldada sel ajal, kui päikese kiired teda täielikult valgustavad ja ta on järelikult astronautidele hästi nähtav. See vastab Kuu loomise perioodile Maal.

Võib arvata, et Maa pealt nähtamatu Kuu külg ei erine põhiliselt meie poole pööratud poolkerast. Ka temal puudub tihedam atmosfäär, ta on kuiv ja veetu. Reisijate pilkudele avanevad suurte tasandike tumedad laigud, niinimetatud „mered“; sügavatest lõhedest läbi lõigatud mäeahelikud; eredasti valgustatud mäetipud, mille jalamid upuvad pimedusse; järsult sissepoole ja laugelt väljapoole laskuvate suurte rõngakujuliste vallide (niinimetatud „tsirkide“) sakid; lumivalge vulkaanilise tuha kiirgavad vöödid („heledad kiired“).

Kujutleme, et Kuu uurimiseks läheb planeetidevahelisest jaamast teele laev, mille konstruktsioon oli kirjeldatud eespool (vt. joon. 10, I). Inerti mõjul lendamisel muutub kosmilise laeva kiirus. Nagu ülesvisatud kivigi aeglustab ta järk-järgult oma liikumist. Viie ööpäeva pärast läheb laev Kuule, satub tema tõmbejõu sfääri ja hakkab uuesti suurendama kiirust. Mõnekümne kilomeetri kaugusel Kuu pinnast on see kiirus juba umbes kaks ja pool kilomeetrit sekundis. Laeva muutmiseks Kuu kunstlikuks kaaslaseks näiteks 10 kilomeetri kõrgusel tema pinnast tuleb laeva kiirust kahandada kuni 1,7 kilomeetrini sekundis; see on antud kõrgusel ringkiiruseks (joon. 10, II). Laeva kui Kuu kaaslase tiirlemisperiood on 1 tund 50 minutit ja horisondi kaugus 186 kilomeetrit; palja silmaga on võimalik Kuul näha esemeid, mille läbimõõt ületab 3 meetrit.

Laev võib tiirelda kuitahes kaua ilma kütust kulutamata (joon. 10, III).

Maa peale tagasi pöördumise eel käivitatakse mootorid, laeva kiirus suureneb ja ta lahkub ringorbiidilt, millel jätkavad tiirlemist laeva küljest lahti päästetud paagid (joon. 10, IV). Nendesse paakidesse võib asetada automaataparate, mis süstemaatiliselt hakkavad raadio teel Maa peale saatma mitmesuguste mõõtmiste tulemusi.

Laeva laskumine toimub eespool kirjeldatud viisil (joon. 10, V). Kosmilise purilennuki maandumine teostub täielikult välja lükatud tiibadega (joon. 10, VI).

Luurelendudele ümber Kuu järgnevad lennud maandumisega tema pinnale.

Kas saab laskuda Kuu pinnale kütust kulutamata? Kas Kuul on atmosfääri?

Nagu vaatlused on näidanud, on Kuu atmosfäär äärmiselt hõre. Esialgsete andmete järgi on õhumass Kuu pinna iga ruutsentimeetri kohal kaks tuhat korda väiksem kui meie planeedil. Atmosfääri tihedus Kuu pinnal aga vastab Maa atmosfääri tihedusele umbes 60 kilomeetri kõrgusel. Nähtavasti ei saa nii hõredat atmosfääri kasutada laeva pidurdamiseks Kuule laskumisel. Arvatavasti tuleb selleks otsarbeks kasutada raketimootorit.

Kuul nagu planeetidelgi, milledel puudub atmosfäär, peavad astronautid asuma õhukindlates ruumides. Nagu kunstlikul kaaslaselgi võib väljas viibida ainult eriskafandrites. Vaatamata koormavale riistusele on astronautidel kerge liikuda, sest Kuu tõmbejõud on 6 korda väiksem meie planeedi omast.

Kuu tõmbejõust vabanemiseks on vaja kakskümmend korda vähem energiat kui Maa tõmbejõu ületamiseks. Järelikult on lendutõusmise kiirus, mis on vajalik laeva tagasipöördumiseks Maa peale, tunduvalt väiksem kiirusest, mis on nõutav lendamiseks Maa pealt Kuule. See kiirus on alla kahe ja poole kilomeetri sekundis. Tänapäeva vedelkütuseraketid on võimelised arendama suuremat kiirust.

2. Lend Marsile

Suurt huvi pakub ka lend Marsile. Tänu sellele, et ta asub Maa lähedal ja et füüsikalised tingimused temal sarnanevad Maal valitsevate tingimustega, on Marss tõmmanud endale astronoomide ja teiste teadlaste erilise tähelepanu, eriti kolme viimase sajandi jooksul. Marsi pinna

uurimine suurimate teleskoopide abil ei rahulda enam eriteadlasi.

Marsile reisimisele koos laskumisega tema pinnale peavad nagu Kuule lendamiselegi eelnema luurelennud selle planeedi ümber. Selleks otstarbeks muutuvad raketllaevad ajutiselt Marsi kunstlikeks kaaslasteks. Maandumine planeedile ühes järgneva lendutõusmisega on esialgu seotud väga suurte raskustega, seda enam, et kogu tagasipöördumiseks vajalik kütus tuleb Maalt kaasa võtta. Marsi pinna üksikasjaline uurimine võimaldab kindlaks määrata sobivaid rajoone järgnevate ekspeditsioonide maandumiseks. On võimalik koguda ka rida andmeid, mida ei saa hankida maapealsetes observatooriumides, kuid millede täpne kindlaksmääramine on vajalik enne Marsil maanduva ekspeditsiooni korraldamist.

Esmajärjekorras tuleb kindlaks teha, kas Marsi atmosfääri ehitus ja koostis võimaldavad seda atmosfääri kasutada kosmilise laeva pidurdamiseks laskumisel. Marsi atmosfääri uurimine aitab samuti selgitada, kas sellel planeedil on olemas keskkond, milles inimene võib eksisteerida, ning kas Marsi atmosfäär pakub küllaldast kaitset planeetidevahelist ruumi läbivate loendamatute „lendavate tähtede“ ja kahjustavate kiirguste vastu. Nagu on kindlaks tehtud, ei sisalda Marsi atmosfäär peaaegu üldse osooni, mis neelab Päikese ultravioletseid kiiri. Seetõttu tungivad need kiired kuni planeedi pinnani, missugune asjaolu on astronautidele ohtlik.

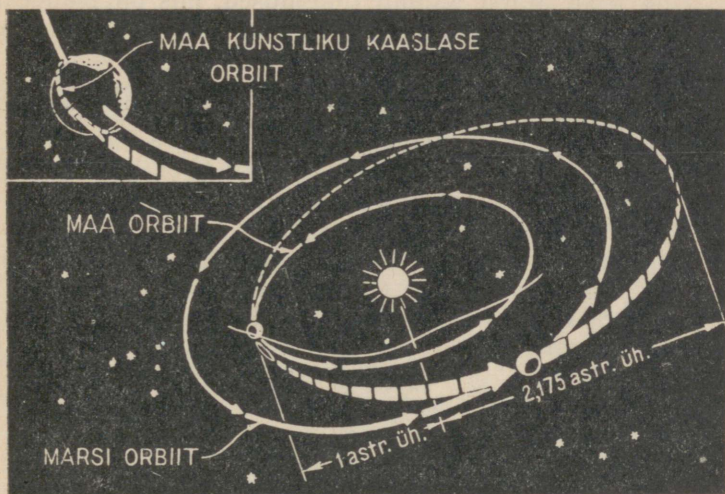
Lendamine ümber Marsi võib toimuda mitmesuguseid trajektoore mööda, mis erinevad üksteisest nii lennu kestuse kui ka vajalike hoovõtukiiruste poolest.

Võtame trajektoori, mida mööda lennates reis ühes tagasipöördumisega Maale kestab kaks aastat (joon. 13). Laev väljub planeetidevahelisest jaamast keskööl kohaliku aja järgi, kui Maa keskpunkt asub sirgel, mis ühendab jaama Päikesega. See on kõige soodsam moment, sest startiva raketi ja jaama liikumissuunad langevad sel juhul ühte. Kasutades ära jaama enda liikumiskiiruse, võib raketit seetõttu lendu tõusta kõige väiksema kiirusega — 4,3 kilomeetrit sekundis. Vahetult Maa pealt Marsile lendamisel aga peaks laev arendama kiirust 12,3 kilomeetrit sekundis.

Kui võtta raketi kaaluks ühes meeskonnaga 10 tonni, siis gaaside väljavoolu kiiruse juures 4 kilomeetrit sekundis peaks laev planeetidevahelisest jaamast lendu tõustes kaasa

võtma 19,6 tonni kütust, Maa pealt õhkutõusmisel aga 216 tonni.

Laeva kiirus muutub planeetidevahelises ruumis pidevalt. Lendutõusmisel on kiirus kõige suurem, Maa orbiidist eemaldudes aga aeglustab laev järk-järgult oma liikumist. Olles jõudnud ettenähtud kaugusele Marsist, lendab laev temast mööda ja sõidab edasi planeetidevahelisse ruumi. Marsist mööda lendamisel võivad astronautid planeedi pöörlemise tõttu teha ülesvõtteid kogu tema pinnast.



Joon. 13. Lend ümber Marsi, mis kestab kaks aastat. Ülal on näidatud raketi start planeetidevahelisest jaamast.

Ühe aasta möödumisel lendutõusmise momendist jõuab laev oma trajektoori kõige kaugema punktini, mille kaugus võrdub 2,175 astronoomilise ühikuga. Seal on tema kiirus kõige väiksem.

Edasi hakkab laev uuesti üha suureneva kiirusega lähene-ma Marsi orbiidile. Selle orbiidi teistkordsel läbimisel aga ei kohta laev enam planeeti. Sulgenud elliptilise lennu-trajektoori, jõuab laev täpselt kahe aasta pärast Maale tagasi sama kiirusega, millega ta sealt lahkus.

Võimsamad raketid võivad laskuda Marsi väikestele kaaslastele — Fobosele ja Deimosele, millelt saab toimetada

kestvaid uurimisi. Deimos asub Marsist 23 000 kilomeetri kaugusel; see kaugus on 17 korda väiksem kui Kuu kaugus Maast. Fobos aga liugleb üheksa tuhande kilomeetri kaugusel Marsist. Need kaaslased tiirlevad oma planeedi ümber väga kiiresti: Fobos teeb ühe ringi umbes 8, Deimos aga 30 tunni jooksul. Nende taevakehade mõõtmed ja massid on väikesed ja nende tõmbejõud on tühine. Laskuda neile kaaslastele ja hiljem sealt tagasi lennata on seetõttu palju hõlpsam, kui külastada planeet Marssi ennast.

Tänapäeva astrofüüsika andmete põhjal võib eeldada, et inimene leiab Marsi pinnalt tingimused, mis on maapealsete tingimustega rohkem sarnased kui teistel planeetidel valitsevad tingimused. Tuginedes oma paljuaastaste vaatluste tulemustele, arvavad nõukogude astronoomid eesotsas G. A. Tihhoviga, et Marsil eksisteerib taimestik. Marsi atmosfäär sisaldab nähtavasti hapnikku ja selles puuduvad inimorganismi kahjustavad gaasid. Atmosfäär on aga väga hõre isegi planeedi pinnal. Seepärast tuleb kosmonautidel seal elada hermeetiliselt suletud ruumides, kus on võimalik nagu Kuulgi vastavalt reguleerida õhu rõhku ja temperatuuri. Väljaminekuks tuleb rõivastuda skafandritesse. Inimene leiab Marsilt arvatavasti ka vett. Päikese kiirguse intensiivsus on seal kaks korda väiksem kui Maal, mille tõttu Marsi kliima on tunduvalt karmim.

Missuguseid trajektoore võib lugeda soodsaks Marsil maanduvale ekspeditsioonile?

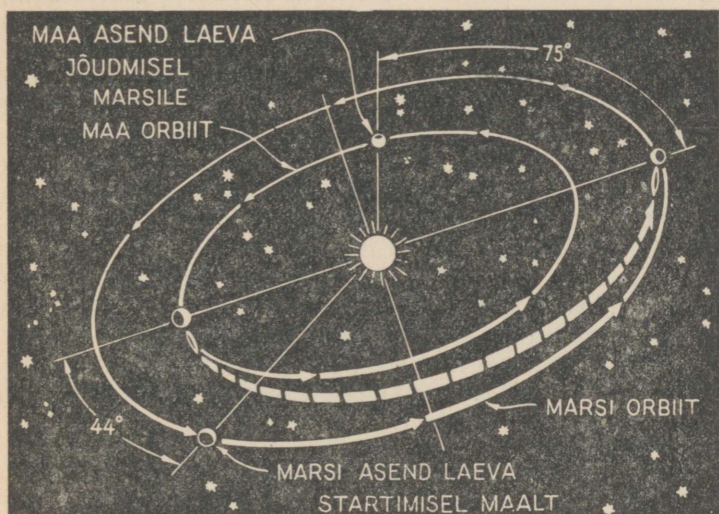
Lühim joon, mis ühendab ruumis kahte punkti, on sirge. Kosmilise laeva marsruut aga ei saa üldreeglina olla sirgjooneline. Nagu Maa tõmbejõud kõverdab nurga all visatud kivi trajektoori, nii muudab ka Päikese tõmbejõud laeva trajektoori planeetidevahelises ruumis. Rakettmootorite vahetpidamata tööga on muidugi võimalik trajektoori õgvendada, kuid see suurendaks üleliia kütusekulu. Ainult sel erijuhul, kui lend toimub Päikese suhtes vertikaali mööda (s. o. piki päikesekiirt), ei kõverda tema tõmbejõud laeva sirgjoonelist trajektoori. Sellise lennu teostamine nõuaks aga samuti ülearu suurt kütusekulu, sest laev peaks sel juhul võitu saama sellest ülisuurest kiirusest — umbes 30 kilomeetrit sekundis —, millega ta koos Maaga liigub ümber Päikese. See kiirus viib laeva määratud teest kõrvale, nagu jõe vool kannab paadi kõrvale jõe ületamisel risti kaldaga.

Oletame siiski, et lendamine Marsile toimub lühimat

sirgjoonelise trajektoori mööda. Lend kestaks siis 85 ööpäeva, selleks aga tuleks laevale anda kiirus 39 kilomeetrit sekundis. Nagu näeme, on see väga ebasoodne trajektoori.

Startimisel Maa pealt vajab minimaalset hoovõtukiirust laev, mis lendab poollelliptilist trajektoori mööda. Kiirus, mis sel juhul tuleb kahandada laskumisel planeedi pinnale, on samuti minimaalne (joon. 14).

Teatud kindlal marsruudil lendava planeetidevahelise raketi väljasõit ei saa, nagu eespool öeldud, toimuda mis-



Joon. 14. Lend Marsile poollelliptilist trajektoori mööda.

tahes momendil. Selleks, et Marsi orbiidile jõudnud raket kohtaks Marssi, on nõutav selle planeedi teatud asend Maa suhtes. Nende kahe planeedi selline vastastikune asend korraldub keskmiselt iga 780 ööpäeva tagant.

Lend Marsile poollelliptilist trajektoori mööda kestab 259 ööpäeva. Analoogilist trajektoori mööda Maale tagasi pöördumiseks tuleb vastavat planeetide asendit oodata 454 ööpäeva.

Eespoolkirjeldatud trajektoori mööda Marsile sõitev laev peab lendutõusmisel arendama kiirust 11,6 kilomeetrit

sekundis. Tulevased astronautid aga vaevalt valivad nii-
suguse pikaajalise marsruudi. Kindlasti püüavad nad lennu
aega lühendada hoovõtukiiruse suurendamise arvel. Siis
avaneb neil võimalus lennata paraboolset trajektoori
mööda. Hoovõtukiirusega 16,7 kilomeetrit sekundis kestab
lend seda trajektoori mööda kõigest 70 ööpäeva.

See on kosmilise navigatsiooni üks tähelepannevamaid
iseärasusi: algkiiruse suurenemisel ainult 1,4 korda väheneb
lennu kestus 3,7 korda.

Möödunud sajandi lõpul oli laialdaselt levinud arvamine,
et Marsil elavad kõrgesti arenenud olevused. Sellel temal
kirjutati palju ilukirjanduslikke teoseid. Nende autorid ei
piiranud oma kangelasi ei lennuks sobiva aja ega trajektoori
valikus. Tegelikult aga on lugu palju keerukam. Ühelt
planeedilt teisele lendamine on võimalik ainult teatud
„mõistlikke“ marsruute mööda. Nendele marsruutidele vas-
tavad planeetide täiesti kindlad vastastikused asendid. See-
tõttu on ka kosmiliste laevade võimalike väljalendude ja
saabumiste tähtsajad täpselt kindlaks määratud.

Kui koostada võimalike äralendude ja Marsile või Veenu-
sele maandumiste graafik, siis saame hämmastava tule-
muse: nendes graafikutes on mõnest kuust kuni poolteise
aastani ja rohkemgi kestvaid vaheaegu, „surnud hooaegu“,
mille kestel ükski laev ei või Maa pinnalt õhku tõusta ega
maanduda: planeetide ebasoodne asend ei võimalda lendu-
sid ette võtta.

3. Lend Veenusele

Kui me pärast Päikese loojenemist vaatame tumenevale
taevavõlvile, torkab meile sageli silma iseäranis hele „täht“.
See on Veenus. Ajuti ilmub ta nähtavale ka enne koitu,
mõnikord aga on ta nähtav isegi päevavalgel. Veenuse
heledus on seletatav tema lähedusega Päikesele ja või-
mega tugevasti peegeldada temale langevaid päikesekiiri.

Veenus ei ole mitte ainult Maa lähim naaber. Meie päi-
kesesüsteemi üheksa planeedi hulgast sarnaneb ta kõige
rohkem Maaga. Tema mõõtmed ja mass on ainult veidi
väiksemad meie planeedi mõõtmetest ja massist. Seetõttu
tunnevad ennast reisijad, kes on maandunud Veenuse
pinnale, kaalu suhtes peaaegu harilikult.

M. V. Lomonossov avastas teleskoobi abil juba 1761.
aastal valgusvöö Veenuse ümber tema lähenemise ajal

päikesekettale. Lomonossov seletas seda nähtust sellega, et Veenust ümbritseb atmosfäär. Ja tõepoolest, see helen-dav oreool kujutabki endast planeedi atmosfääri, mida valgustab Päike. Viimast korda võidi seda vaadelda 1882. aastal ja järgmise vaatlemise võimalus avaneb alles 2004. aastal. Kosmilise laeva pardal võib Veenuse niisuguse asendi vaatlusi toimetada mitu korda aastas.

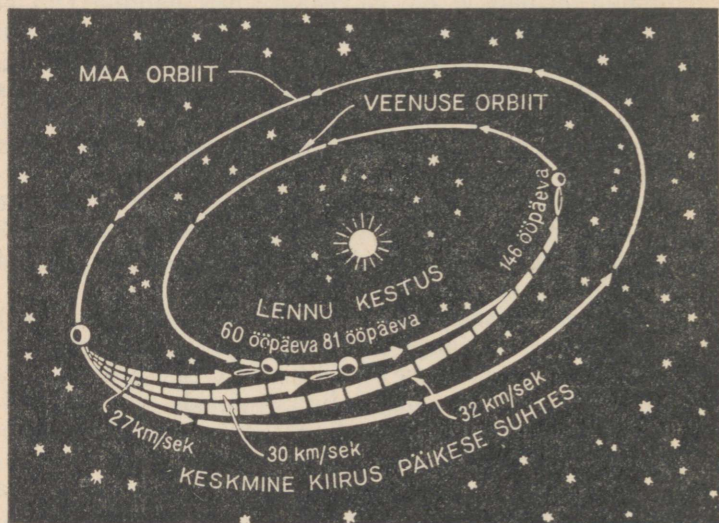
Kaua aega arvati, et pilved Veenuse kohal koosnevad veeaurust, mis hästi peegeldab päikesekiiri. Veenust ümb-ritseva atmosfääri ülemiste kihtide uuemad uurimised aga on näidanud, et neis ei ole ei veeauru ega hapnikku ja et nad sisaldavad suurel hulgal mürgist süsihappegaasi. On võimalik, et õhk planeedi enda pinnal on samuti mürgine, mistõttu astronautid peavad kaasa võtma hingamiseks vajaliku hapniku tagavara. Mõned astronoomid väidavad, et Veenuse atmosfäär on oma ehituselt analoogiline Maa atmosfäärile. Teised arvavad, et Veenuse atmosfääri kõr-gus on suurem Maa atmosfääri omast. Otsustades vaatluste järgi, peab atmosfääri rõhk Veenuse pinnal olema 2—3 korda suurem kui Maal. See hõlbustab laeva pidurdamist planeedi pinnale laskumisel.

Veenuse pöörlemisperioodi (s. o. ühe täispöörde kestuse) kohta ei ole veel lõplikult kindlaks kujunenud arvamust: ühed uurijad arvavad, et see on 68 tundi, teised peavad seda võrdseks Maa pöörlemisperioodiga; mõnede muude and-mete järgi võrdub see planeedi tiirlemisperioodiga, s. o. 225 ööpäevaga. Pole kindlaks määratud ka Veenuse ekvaa-tori kaldenurk tema orbiidi suhtes, sellest aga sõltub päeva ja öö pikkuse muutumine aasta jooksul. On väga võimalik, et alles tulevastel uurijatel, kes teostavad lennu ümber Veenuse, õnnestub neid küsimusi täpselt lahendada. Ainult niisuguste andmete alusel saab kindlaks määrata, mis-sugusel kõrgusel ja missuguses suunas peavad kosmilised laevad sukelduma Veenuse atmosfääri, et kõige ohutu-malt maanduda. Tõepoolest, mida väiksem on laeva kiirus planeedi atmosfääri suhtes, seda hõlpsam ja ohutum on maandumine. See kiirus aga oleneb sellest, kas rakett sukeldub planeedi atmosfääri selle liikumise suunas ümber telje või sellele liikumisele vastassuunas.

Esimestel luureekspeditsioonidel tuleb üksikasjaliselt uurida Veenuse koore ehitust, selgitada, kas Veenusel on olemas taime- ja loomariik, jne. Neid vaatlusi raskendab tugevasti tihe pilvekate, mis ümbritseb Veenust. Uute

fotografeerimismeetoditega nähtamatute infrapunaste kiirte abil aga saab kosmilise laeva pardalt teha Veenuse pinna ülevõtteid läbi pilvede.

Kujutleme, et me asume laeva pardal, mis on võtnud kursi Veenusele (joon. 15). Pärast õhkutõusmist Maalt kiirusega 11,5 kilomeetrit sekundis paneb piloot rakettmootori seisma ja lingust visatud kivina lendab laev inertsijõul edasi. Raskustunne on kadunud, reisijad on kogunenud illuminaatorite juurde. Absoluutselt pimedas ruumis



Joon. 15. Lend Veenusele elliptilisi trajektoore mööda.

ripub üsna lähedal aeglaselt pöörlev rohekassinine kera — meie planeet. Pilvede vahelt paistavad Päikesest valgustatud maakera osal selgesti mandrite piirjooned. Laev on vabanenud Maa tõmbejõu toimest; kaugus planeedi ja kosmilise laeva vahel üha suureneb.

Mööduvad kuud. Kauge Maa on ammu muutunud heledaks siniseks taevakehaks. Päikese kuum hingus on läinud tugevamaks, akende taha on tekkinud uus, kiiresti kasvav tundmatu maailm — lumisinaka helgiga sätendav Veenus. Tema üha lähenev ketas varjab ikka rohkem ja

rohkem tähti. Tuleb vähendada kiirust ja pidurdada lange-
mist, muidu tungiks laev hiigelmeteoriidina Veenuse koore
sisse. Seejuures muunduks liikumisenergia soojusenergiaks,
plahvatus muudaks metalli auruks ja laevast ei jääks järele
jälgegi — mitte midagi peale suure kraatri.

Laeva piloot aga rakendab kogu oma osavuse, et vältida
kokkupõrget planeediga. Ta sõidab Veenuse atmosfääri
peaaegu paralleelselt selle pinnaga ja õhutakistust kasu-
tades vähendab järk-järgult laeva kiirust. Lõplikult kaotab
lennukiiruse laevaninas asuv väike rakettmootor. Veel
mõned hetked... aeglane sujuv laskumine ja maine laev
maandub meile lähima planeedi pinnale.

Kiiresti mööduvad päevad, mis on täis vaatlusi, katseid,
mitmesuguste kollektsioonide kogumist ja muid teaduslikke
töid. Saabub Maale tagasi lendamise päev. Õhukütõusmi-
sel arendab laev kiirust 10,7 kilomeetrit sekundis ning len-
dab Veenuse ja Maa orbiite ühendavat poolellipsit mööda.
Maa atmosfääri lendab laev kiirusega 11,5 kilomeetrit
sekundis. Seda kiirust vähendab algul planeeriv lend üle-
mistes, hõredates atmosfäärikihtides ja hiljem kaotab len-
damine tihedates õhukihtides selle täiesti.

Kosmiline laev on toimetanud maailmaruumireisijad
õnnelikult kodusele Maale.

Lendamine Veenusele eespoolkirjeldatud trajektoori
mööda kestab 146 ööpäeva. Selle lennu aega saab aga
vähendada näiteks 81 või 60 ööpäevani ja isegi veel roh-
kem (joon. 15). Maa tingimustes tuleks lennu aja lühenda-
miseks teatavasti suurendada kiirust; tõepoolest, mida suu-
rema kiirusega visata kivi, seda kiiremini ta lendab. Pla-
neetidevahelistel lendudel pole see aga alati nii. Mida suu-
rem on antud juhul laeva algkiirus Maa suhtes, seda aeg-
lasemalt liigub ta planeetidevahelises ruumis Päikese suh-
tes, sest laevä kiiruse arendamine toimub Maa liikumisele
vastupidises suunas. Mida kiiremini näiteks liigub inimene
piki rongi selle liikumisele vastupidises suunas, seda aeg-
lasemalt ta liigub Maa suhtes.

Mispärast siis vaatamata raketi väiksemale liikumiskii-
rusele planeetidevahelises ruumis lüheneb lennu kestus?

Mõistatuse lahendab joonis 15. Nagu näeme, on laeva
teekond lennumarsruudi igal järgneval variandil eelmisest
tunduvalt lühem. See võimaldab lühendada reisi kestust
vaatamata väiksemale lennukiirusele.

4. Lennud teistele taevakehadele

Me kirjeldasime lendu kolmele lähimale taevakehale: Kuule, Veenusele ja Marsile. Teistele päikesesüsteemi planeetidele lendamine on seotud palju suuremate raskustega.

Eespool nägime, et Maalt teistele planeetidele lendamisel sõltub lennukiirus valitud marsruudist ja et sellest seisukohast lähtudes on kõige ökonoomsem poolelliptiline trajektoor. Missugused peavad siis olema minimaalsed kiirused teistele meie päikesesüsteemi planeetidele jõudmiseks ja kui kaua kestavad sellised lennud? Vastuse sellele küsimusele annab järgnev tabel, mis on koostatud arvutusandmete alusel:

| Planeet, mille kosmiline laev lendab | Minimaalne äralennukiirus km/sek. | Lennu kestus ühes suunas | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------|
| | | aastaid | ööpäevi |
| Merkuur | 13,5 | — | 105 |
| Veenus | 11,5 | — | 146 |
| Marss | 11,6 | — | 259 |
| Jupiter | 14,2 | 2 | 267 |
| Saturn | 15,2 | 6 | 18 |
| Uran | 15,9 | 16 | 14 |
| Neptuun | 16,2 | 30 | 225 |
| Pluuto | 16,3 | 45 | 149 |

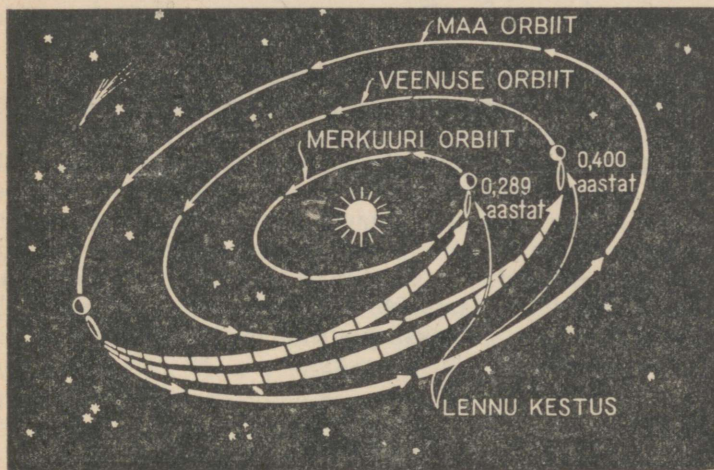
Huvitav on ära märkida üht esimesel pilgul paradoksaalsena näivat nähtust.

Vaatamata sellele, et Veenus tuleb Maale lähemale kui Merkuur, võtab lend Merkuurile poolelliptilist marsruuti mööda tunduvalt vähem aega kui lend Veenusele. See on arusaadav, kui vaadata joonist 16, millelt nähtub, et marsruut Maa—Merkuur on lühem marsruudist Maa—Veenus.

Marsile järgnev planeet — Jupiter — on Maast mitu korda kaugemal kui Marss. Marsi ja Jupiteri vahel on loendamatu väikeste asteroidide vöönd, mis on kosmilisele laevale ohtlik. Päike soojendab seal vähe. Pealegi on paraboolne kiirus Jupiteril üle viie korra suurem kui Maal, raskusjõud aga peaaegu kolm korda suurem. See takistaks astronautide liikumist ja võib-olla teeks nende viibimise sellel planeedil võimatuks. On veel teisigi asjaolusid, mis raskendavad laskumist Jupiterile (külm, mürgised gaasid). Aja jooksul võib siiski toimetada Jupiteri uuri-

mist selle planeedi kunstlikuks kaaslaseks muudetud kosmilise laeva pardalt.

Merkuurile lendamisel tuleb arvesse võtta järgmisi asjaolusid. Aeg, mille jooksul Merkuur teeb ühe täistiiru ümber Päikese, võrdub tema pöörlemisperioodiga (88 päeva). Seega on planeedi üks poolkera pidevalt päikesekiirte mõju all, teine aga on mattunud igavesse pimedusse, mille tõttu temperatuur on seal väga madal. Valgustatud ja pimedada pinna piiril on kitsas poolvalgustatud, paraja kliimaga



Joon. 16. Lend Veenusele poolelliptilist marsruuti mööda kestab kauem kui lend kaugemal asuvale Merkuurile.

vöönd. Kliimast muidugi võib Merkuuril rääkida ainult tingimisi, sest sellel planeedil atmosfäär nähtavasti puudub.

Päikesekiirte energia on Merkuuril keskmiselt peaaegu 7 korda suurem kui Maal. Valgustatud poolkera pinna temperatuur on kuni 400°C . Seepärast on vaja, et sellele kuumale planeedile läheneva laeva väliskest peegeldaks maailmaruumi suurema osa temale langevatest päikesekiirtest.

Laskumine Merkuurile võib nähtavasti toimuda ainult raketimootori abil, mis raskendab selle reisi teostamist.

Lennud Saturnile, Uuranile, Neptuunile ja Pluutole minimaalset äralennukiirust nõudvaid trajektoore mööda

oleksid liiga pikaajalised. Seetõttu oleks ülalnimetatud planeetidele jõudmiseks vaja ülivõimsaid „kiirrakette“. Kui näiteks suurendada Pluutole lendamisel äralennukiirust 5% võrra ja hakata Maalt lendama päikesesüsteemist vabastava kiirusega (16,7 kilomeetrit sekundis), siis vähe- nekse lennu kestus rohkem kui poole võrra.

Kuigi raskusjõud on neil planeetidel ligikaudu niisama suur kui Maal, on nende looduslikud tingimused inimestele elamiseks kõlbmatud. On kindlaks tehtud, et Saturni, Uurani, Neptuuni ja Pluuto atmosfäär sisaldab peamiselt metaani („soogaasi“). Temperatuur on nendel planeetidel väga madal.

Kuidas on lugu lendudega lähimatele tähtedele?

Kui vaatame taevavõlvi palja silmaga või teleskoobiga, ei suuda me hinnata taevakehade kaugusi Maast: planeedid ja tähed näivad ühteviisi kauged. Tegelikult aga eral- dab planeete tähtedest tohtu suur kaugus. Meie päikesesüsteemi kõige kaugemalt planeedilt Pluutolt tuleb valguskiir meile mitte üle 7 tunni (valguse kiirus on 300 000 kilomeetrit sekundis), samal ajal kui lähimalt nähtavalt tähelt ta „rändab“ Maani üle 400 aasta. Seepärast jäävadki lennud tähtedele, vastuoksa planeetidevahelistele lendudele, väga kauge tuleviku küsimuseks.

LÖPPSÖNA

Püüdsime selles väikeses raamatus heita pilgu astronau- tika lähemasse tulevikku.

Kosmilise lennu teostamiseks on vaja arendada kiirusi, mis on mitu korda suuremad tänapäeva tehnikale tuntud kiirustest: Kuule ja kõigile meie päikesesüsteemi planeetidele jõudmiseks peab raketi kiirus olema 11,1—16,3 kilo- meetrit sekundis.

Asjaoluks, mis hõlbustab selle probleemi lahendamist, on planeetidevahelise jaama rajamine. Tänu sellele ei tarvitse kosmilisele laevale anda algkiirust ühekorruga; Maalt õhikutõusmisel arendatakse kosmilise laeva kiirust kuni ringkiiruseni (umbes 7,9 kilomeetrit sekundis), planeetide- vahelisest jaamast äralennul aga antakse talle lisakiirust 3—4 kilomeetrit sekundis.

Selleks, et rakett võiks saavutada kosmilise kiiruse, on vaja parandada tema tehnilisi omadusi. See käib eelkõige

gaaside väljavoolu kiiruse kohta. Kaasaegsetest vedelkütuserakettidest paiskuvad gaasid välja kiirusega umbes 2,5 kilomeetrit sekundis. Võib aga eeldada, et seda kiirust õnnestub viia kuni 4 kilomeetrini sekundis. Teiseks tähtsaks küsimuseks, mille lahendamisest sõltub asja edu, on suhtelise kütusevaru suurendamine.

Praegusel ajal ületab vedelkütuseraketi poolt kaasavõetava kütuse kaal peaaegu 5 korda raketi enda kaalu. Seoses uute materjalide ja õnnestunud konstruktsioonide kasutamisega võib aga loota selle suhte kahekordistumist.

Kaasaegses raketiehituses on märgatav ka tendents suurendada mootori võimsust ja raketi astmete arvu.

Selle tõttu, et tõmbejõud Maa keskpunktist eemaldumisel kiiresti nõrgeneb, tõuseb kosmilise laeva „lagi“ isegi ärälennukiiruse väikesel suurendamisel tunduvalt. Seetõttu tuleb arvata, et kõrgusrekordeid saavutatakse hüppeliselt.

Lendu maailmaruumi võib teostada termokeemilise kütusega töötava raketi abil. Pole aga kahtlust, et aatomienergia rakendamine avab astronautikale uusi võimalusi ja et aja jooksul ehitatakse ka kosmiline aatomilaev, mis oma lennuomadustelt ületab kõige täiuslikumaid termokeemilisi rakette. Aatomiraketi abil on lennud Kuule ja planeetidele võimalikud ka ilma vahepeatuseta planeetidevahelises jaamas. Laeva pidurdamine maandumisel planeetidele ja kaaslastele, millel pole atmosfääri, on selle raketiga edukalt teostatav. Aatomilaeval saab Maale tagasi pöörduda meie päikesesüsteemi mistahes kehalt. Lõpuks võib aatomilaev tema suure kiiruse tõttu ära lennata, ilma et tarvitseks ootama jääda planeetide kõige soodsamat vastastikut asendit.

Saanud esialgse hoo, lendab kosmiline laev kogutud energia arvel, kütust kulutamata: selline lend on kõige ökonomsem. Nendest kaalutlustest lähtudes ei suundu kosmilised raketid, erinevalt teistest transpordivahenditest, sihtkohta lühimat, sirgjoonelist teed mööda; nende trajektoorid kujutavad endast ellipsite, seejärel aga paraboolide ja hüperboolide kaari.

Enne kui maailmaruumi lähevad ekspeditsioonid, saadetakse sinna kahtlemata rakette, mida juhitakse automaatselt raadio teel. Need raketid aitavad koguda kõiki kosmilise laeva ehitamiseks vajalikke andmeid. Kosmilise lennu füsioloogilisi tingimusi kontrollitakse enne loomadel.

Planeetidevaheliste lendude teostamise esimeseks etapiks on Maa kunstliku kaaslase rajamine. Edaspidi korraldatakse lende Kuule, seejärel ka planeetidele pärast eelnevat lendamist nende taevakehade ümber.

Lennuks ümber maakera ei vaja kosmiline laev üle poolteise tunni. Lend ümber Kuu ühes tagasisõiduga kestab 10 ööpäeva, reisiks Veenuse ja Marsi orbiite läbivat elliptilist trajektoori mööda, mis kindlustab tagasipöördumise Maale, kulub aga vähemalt üks aasta. Ekspeditsioonid kaugematele planeetidele kestavad mitu aastat.

Kaasaegne raadiotehnika on võimeline suunatud raadiolainete abil kosmilise laevaga sidet pidama. Et maailma-ruumi sõitvad laevad alluvad samadele seadustele nagu taevakehadki, saab mistahes ajal kindlaks määrata nende asukohta maapealsete radiojaamade suhtes.

Füsioloogilisest seisukohast ei näi olevat takistusi planeetidevaheliste reiside läbiviimiseks. Rakettmootori töötamise ajal suudab inimene kõigi oletuste kohaselt mõne minuti jooksul taluda ülekoormust, mis 4—5 korda ületab tema kaalu. See võimaldab anda raketile kosmist kiirust rakettmootori küllaltki ökonoomsete töötingimuste juures.

Mis puutub aga kaaluta olekusse, siis pole me veel kindlad, et selle toime pika aja jooksul on organismile ohutu. Kuid ka negatiivne tulemus ei oleks takistuseks kosmilise ruumi vallutamisel, sest tehniliselt on täiesti võimalik luua raskustunnet pöörleva liikumise abil.

Kabiini temperatuuri saab suures ulatuses reguleerida päikesekiirte rohkem või vähem intensiivse neelamisega laeva väliskesta poolt.

Inimorganismile sobiva koostise ja niiskusega mikroatmosfääri loomine kosmilise laeva kabiinis, astronautide varustamine toiduainetega ja kaitsmine Päikese ultravioletsete kiirte eest ei tekita kaasaja tehnikale raskusi. Küsimus kosmiliste kiirte toimest inimorganismile on uurimise staadiumis. Tõsiseks ohuks kosmilisele laevale on kokkupõrked meteorkehadega ja asteroididega.

Teaduse saavutused võimaldavad järeldada, et lennud päikesesüsteemi piirides on teostatavad juba meie sajandil. Suured ideed, mis veel eile näisid utoopiana, muutuvad täna reaalsuseks.

Planeetidevahelised reisid võimaldavad anda vastuse inimkonda erutavale küsimusele elu olemasolust ja tema

arengustaadiumidest meie päikesesüsteemi teistel planeetidel.

Peale suure teadusliku väärtuse omandavad planeetidevahelised lennud aja jooksul kindlasti ka praktilise tähtsuse, kuigi praegu on raske ennustada, missugustes vormides see avaldub. Võib viidata näiteks sellele, et planeedid ja nende kaaslased kujutavad endast suuri looduse varasalvi, mida tuleb uurida ja kasutada inimkonna hüvanguks.

Nõukogude rahvas, kes kasutab teadust inimkonna huvides, hakkab ehitama planeetidevahelisi jaamu ja kosmilisi laevu ainsa eesmärgiga — üha sügavamalt tungida kosmose saladustesse ja laiendada inimhõimuse võimu loodustjõudude üle.



SISUKORD

| | |
|--|-----------|
| Legendilt kosmiliste lendude teaduseni | 3 |
| I. Kosmiline laev | 7 |
| 1. Millest tuleb üle saada | 7 |
| 2. Kosmilise laeva algkujuks on rakett | 12 |
| 3. Kosmilise laeva ehitus | 16 |
| II. Kosmilise laeva pardal | 19 |
| 1. Õhkutõus | 19 |
| 2. Lennul | 20 |
| 3. Elu kosmilisel laeval | 22 |
| 4. Kosmilise lennu ohud | 24 |
| 5. Laskumine Maale | 29 |
| III. Maa kunstlik kaaslane | 30 |
| 1. Kunstliku kaaslase rajamine | 30 |
| 2. Kunstliku kaaslase kasutamine | 32 |
| IV. Kosmilised lennud | 35 |
| 1. Lend Kuule | 35 |
| 2. Lend Marsile | 37 |
| 3. Lend Veenusele | 42 |
| 4. Lennud teistele taevakehadele | 46 |
| Lõppsõna | 48 |

85 kop.

A-16558

TÜ RAAMATUKOGU



1 0300 00498117 3