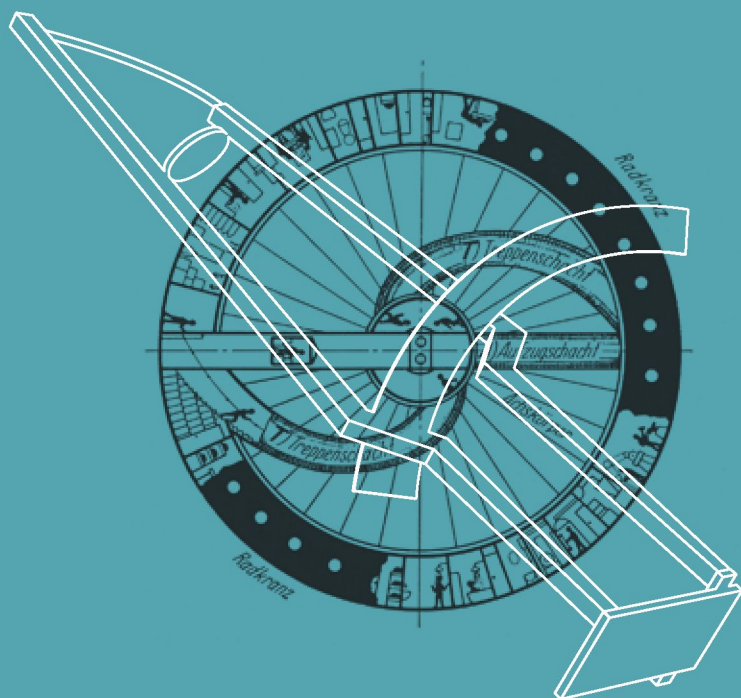


HERMAN POTOČNIK NOORDUNG

# PROBLEM VOŽNJE PO VESOLJU



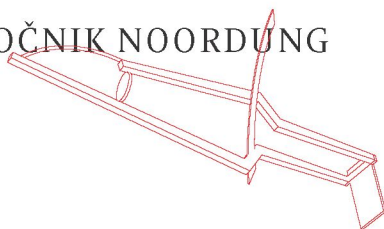
RAKETNI MOTOR



KSEVT



HERMAN POTOČNIK NOORDUNG



KSEVT

Herman Potočnik Noordung

## Problem vožnje po vesolju: raketni motor

Elektronska izdaja slovenskega prevoda, december 2010

Izvirnik: Hermann Noordung, Das Problem der Befahrung des Weltraums - der Raketen-Motor, © Richard Carl Schmidt & Co., Berlin W62, 1929

Prva izdaja slovenskega prevoda: Herman Potočnik Noordung, Problem vožnje po vesolju: raketni motor, © Slovenska matica Ljubljana, 1986, prevod: Peter Srakar

Izdajatelj: Kulturno središče evropskih vesoljskih tehnologij (KSEVT)

Za KSEVT: Srečko Fijavž, Miha Turšič, Dragan Živadinov

Urednica: Narvika Bovcon

Oblikovalci: Boris Balant, Miha Turšič, Dunja Zupančič

Jezikovna urednica: Inge Pangos

Prevajalci: Peter Srakar, Andreja Alt (rus), Rok Podgrajšek (ang)

Povezava: <http://www.noordung.info/NoordungSlo.pdf>



To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 3.0 Unported. V skladu s to licenco sme vsak uporabnik ob priznanju avtorstva delo razmnoževati, distribuirati, javno priobčevati in dajati v najem, vendar samo v nekomercialne namene. Dela ni dovoljeno predelovati. Izvod licence je na voljo na spletu, na naslovu <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/> ali po pošti, na naslovu Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

---

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

629.76/78:001.5(0.034.2)  
629.78(497.4):929Potočnik H.(0.034.2)  
929Potočnik H.(0.034.2)

POTOČNIK, Herman, 1892-1929  
Problem vožnje po vesolju [Elektronski vir] : raketni motor /  
Herman Potočnik Noordung ; [prevod Peter Srakar, Andreja Alt,  
Rok Podgrajšek]. - Elektronska izd. - El. knjiga. - Ljubljana :  
KSEVT, 2010

Način dostopa (URL): <http://www.noordung.info/NoordungSlo.pdf>.  
- Prevod dela: Das Problem der Befahrung des Weltraums

ISBN 978-961-92999-2-0

254086912

HERMAN POTOČNIK NOORDUNG



# PROBLEM VOŽNJE PO VESOLJU



RAKETNI MOTOR

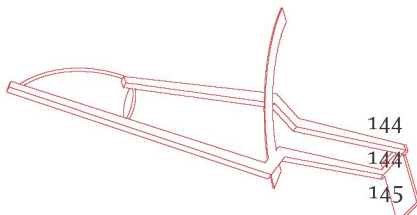
1929/2010

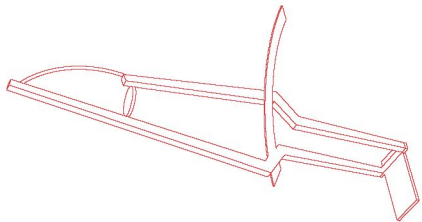
KSEVT

## Kazalo

Predgovor I. - T. N. Želnina	9
Predgovor II. - Frederick I. Ordway III, Roger D. Launius, J. D. Hunley	39
V oblasti teže	45
Praktična meja zemeljske težnosti	47
Prosti obhodni tir	49
Manevriranje v težnostnih poljih vesolja	51
Oklep zemeljskega ozračja	52
Doslej dosežene skrajne višine	53
Topovski strel v vesolje	54
Povratni sunek	55
Vozilo na povratni sunek	58
Rakete	60
Dosedanji reševalci problemov vožnje po vesolju	61
Potovalna hitrost in izkoristek pri raketnih vozilih	62
Vzlet	70
Splošno o gradnji vesoljske rakete	77
Dosedanji predlogi	85
Pripombe k dosedanjim konstrukcijskim predlogom	98
Vnitev na Zemljo	101
Hohmannov pristajalni manever	104
Pristajanje z vsiljenim kroženjem	107
Pristajanje po zaviralnih elipsah	110
Oberthov pristajalni manever	111
Dosedanji izsledki	112
Še dvoje pomembnih vprašanj	112
Vesoljska raketa v poševnem metu	113
Vesoljska raketa kot letalo	117
Opazovalnica v odprtem vesolju	123
Bistvo teže in možnosti njenih vplivov	127
Vpliv breztežnosti na človeški organizem	131
Fizikalno obnašanje teles ob odsotnosti teže	132
Brez zraka	142
V vesolju vlada večna tišina	143

Sončni sij v nočni temi	144
Neomejen razgled	144
Brez toplote	145
Ureditev vesoljske opazovalnice	149
Sončna elektrarna	151
Oskrbovanje s svetlobo	153
Oskrbovanje z zrakom in s toploto	154
Oskrbovanje z vodo	156
Sporazumevanje na daljavo	156
Sredstvo za upravljanje vesoljske opazovalnice	156
Razdelitev vesoljske opazovalnice na 3 objekte	159
Bivalno kolo	160
Observatorij in strojnica	168
Kako je poskrbljeno za sporazumevanje na daljavo in varnost	172
Razdelitev vesoljske opazovalnice na 2 objekta	172
Vesoljsko oblačilo	173
Potovanje k vesoljski opazovalnici	174
Posebne fizikalne raziskave	177
Teleskop neizmernih razsežnosti	178
Opazovanja in raziskovanje zemeljskega površja	179
Raziskovanje zvezdnega sveta	180
Lebdeče orjaško zrcalo	180
Najstrašnejše bojno sredstvo	182
K nebesnim telesom	183
Tehnika vožnje	185
Start z zemeljskega površja	188
Vesoljska opazovalnica kot oporišče za vesoljski promet	189
Dosegljivost sosednjih zvezd	190
Daljni svetovi	192
Bomo kdaj dosegli stalnice?	195
Predvideni potek razvoja potovanja po vesolju	198
Sklepna misel	202







## Predgovor I.

T. N. Želnina



Ime Hermana Noordunga je leta 1929, ko je v Berlinu izšla knjiga *Problem vožnje po vesolju: Raketni motor*<sup>1</sup> takoj in za vselej vstopilo v zgodovino kozmonavtike. Knjiga je podrobno obravnavala možnost premagovanja gravitacije in trdila, da za razvoj kozmonavtike ni ne tehničnih, ne ekonomskih, ne medicinsko-bioloških ovir. Le peščica bralcev pa je vedela, da za nemškim imenom Noordung stoji Slovenec Herman Potočnik.

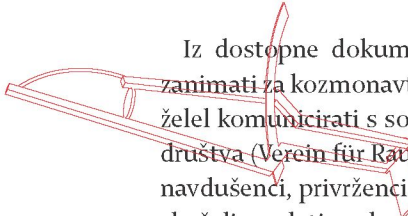
Rodil se je 22. decembra 1892 v mestu Pola (v tistih časih del Avstro-Ogrske, sl. Pulj oz. hr. Pula, danes del Republike Hrvaške), v družini vojaškega mornariškega zdravnika. Oče je umrl, ko je bilo Hermanu štirinajst mesecev. Mati, ki je ostala sama s štirimi otroki, se je preselila k staršem v Maribor, kjer je Herman končal osnovno šolo. Kasneje je obiskoval vojaško realno šolo nižje stopnje v Fischau in vojaško realno šolo višje stopnje v Mährisch Weisskirchenu (danes Hranice, del Republike Češke, op. ur.). Leta 1910 je začel obiskovati tehnično vojaško akademijo v Mödlingu, nedaleč od Dunaja, ter jo leta 1913 končal kot konstruktor železnic in mostov s činom poročnika.

Na akademiji je Potočnik veljal za resnega in osredotočenega človeka. Med prvo svetovno vojno je služil v železniškem polku v Srbiji, Bosni in Galiciji. Leta 1919 se je kot stotnik zaradi zdravstvenih razlogov (začetek pljučne tuberkuloze) upokojil.

Leta 1918, takoj po koncu vojne, se je Potočnik začel ponovno izobraževati: vpisal se je na dunajsko višjo tehnično šolo in za specializacijo izbral elektrotehniko. Leta 1925 je uspešno opravil državne izpite in diplomiral kot inženir (specialist za raketno tehniko op. ur.). A bolezen mu je hitro spodkopavala zdravje in ga oropala življenskih moči: 27. avgusta 1929, star šestintrideset let, je Potočnik umrl. Pokopan je bil na osrednjem dunajskem pokopališču. Žal se njegov grob ni ohranil.<sup>2</sup>

1 Noordung, Hermann, *Das Problem der Befahrung des Weltraums. Der Raketen-Motor*, Richard Carl Schmidt & Co, Berlin 1929.

2 Biografski podatki so vzeti iz naslednjih publikacij: *Sykora, Fritz, Pioniere der Raumfahrt* aus



Iz dostopne dokumentacije ni razvidno, kdaj se je Potočnik začel zanimati za kozmonavtiko. Živel je samotarsko življenje in videti je, da ni želel komunicirati s sodobniki. Ni si dopisoval s člani Kozmonavtskega društva (*Verein für Raumschiffahrt*), ki so ga leta 1927 ustanovili nemški navdušenci, privrženci ideje poleta v vesolje, in vsa pisma, ki so mu jih skušali predati preko založnika njegove knjige, je trmasto pušcal brez odgovora.<sup>3</sup> Vse kaže, da ni vzpostavil stikov niti z dunajskim Znanstvenim društvom za preučevanje zgornjih slojev atmosfere (*Wissenschaftliche Gesellschaft für Höhenforschung*), ustanovljenim jeseni 1926 na pobudo Franza von Hoeffta. Ne glede na to pa se je Potočniku zdelo pomembno, da poudari svojo duhovno vez z nemškimi raziskovalci kozmonavtike. S tem, ko si je izbral psevdonim Noordung, ki očitno izhaja iz nemške besede Norden (sever), naj bi izrazil pripadnost njihovemu krogu, izoblikovanemu severno od Avstrije. Čisto verjetno je tudi, da psevdonim nima nobenega posebnega pomena in gre le za prikrivanje pravega priimka. Na vprašanje, zakaj, se ponujata dva odgovora: morda se je želel očitkom rojakov, da je poln »vesoljskih sanjarij«, ter

---

Österreich, in: *Blätter für Technikgeschichte*, Heft 22, Technisches Museum für Industrie und Gewerbe in Wien, Forschungsinstitut für Technikgeschichte, Wien 1960, str. 189-206. Tu str. 198-199 (prvič objavljen portret H. Potočnika). *Braun von Wernher, Ordway III Frederick I.*, History of Rocketry & Space Travel, New York 1966, str. 202. *Pioniere der Flugwissenschaften: Hermann Potočnik*, in: *Zeitschrift für Flugwissenschaften (ZFW)*, Organ der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e. V. und der Deutschen Gesellschaft für Flugwissenschaften e. V., März 1968, Heft 3, str. 463-464. Ehrung und Würdigung eines großen österreichischen Raumfahrtspioniers, in: *Österreichische flugmedizinische Mitteilungen*, 1976, Nr. 1, str. 10-11. *Ruppe, Harry O.*, Noordung: Der Mann und sein Werk, in: *Astronautik*, 1976, Heft 3, str. 81-83. *Buedeler, Werner*, Geschichte der Raumfahrt, Künzelsau-Thalwil-Strassburg-Salzburg 1979. *H. J. H.* Erinnerungen an den k. u. k. Hauptmann Potočnik-Noordung. Seine Weltraum-Voraussagen trafen zu, in: *Soldat und Technik*, 1980, Heft 7, str. 396. Kozmonavtika. Enciklopedija. Glavni redaktor V. P. Gluško. M., založba Sovjetska enciklopedija, 1985, str. 269. *Vařacha B. S.* Hermann Potočnik-Noordung - einer der "geistigen Pioniere der Raumfahrt", in: *Astronautik*, 1987, Heft 4, str. 111-112.

- 3 *Ley, Willy*, *Rockets, Missiles and Space Travel*, The Viking Press, New York 1957. Str. 369. *Лей Вили*. Ракеты и полеты в космос. Сокращенный перевод с английского. М., Военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1961. Str. 311.

poudariti, da je knjigo napisal civilist in ne častnik v pokoju; morebiti pa je hotel samo skriti svoj honorar pred davkarji.

Zadnja leta življenja se je Potočnik posvečal svoji knjigi, v kateri se je ukvarjal s problemom osvajanja vesoljskega prostiranja. Delu se je predal v celoti; objavo je preživel le za nekaj mesecev.

Knjiga je izšla pri znani in prestižni berlinski založbi Richard Carl Schmidt & Co, specializirani za literaturo o letalstvu, avtomobilskem in pomorskem prometu, jadranju ter elektrotehniki. Založba je očitno šla v korak s časom in objavljala dela, ki so bralcem razkrivala svet naprednih tehnologij. Knjiga Hermana Potočnika Noordunga je bila eno takšnih del. Sredi leta 1928 se je končala »bitka mnogoterih formul«. Tako je nemški popularizator kozmonavtika Willy Ley imenoval večletno diskusijo med privrženci in nasprotniki<sup>4</sup> ideje raketnega vesoljskega poleta, ki se je razplamtela leta 1924 na straneh publikacij v nemškem jeziku. V zavesti družbe se je oblikovala predstava o kozmonavtiki kot o nastajajoči, obetavni veji znanosti in tehnike in ne le kot predmetu znanstvene fantastike. Ko so Fritz von Opel, Max Valier in Friedrich Sander aprila in maja 1928 javno predstavili avtomobile, ki so jih poganjale rakete s smodnikom, je množice navdušila in prepričala misel, da se lahko raketo resnično uporabi tudi za pogon transportnih sredstev. Polet na razdalji poldrugega kilometra, ki ga je 11. junija 1928 izvedel Fritz Stahmer, na jadralnem letalu, opremljenem z dvema raketama s smodnikom, pa je bil za sodobnike znanilec približajoče se dobe raketnih letalnih naprav.

Ko je založnik sprejel Potočnikov rokopis za objavo, ni prav nič tvegalo, da bi naklada ostala neprodana. Knjigo je že na veliko promoviral: ločeno je bil izdan barvit reklamni prospekt z naročilnico<sup>5</sup>, še preden pa je knjiga uzrla luč sveta, so se v vsaj treh nemških revijah julija, oktobra in novembra 1928 pojavile novice o njej s kratko napovedjo vsebine.<sup>6</sup> V

4 Ley, Willy, Vorstofs ins Weltall. Rakete und Raumschiffahrt, Verlagsges. m.b.H., Wien 1949, str. 130.

5 Soeben ist erschienen: Hermann Noordung. Das Problem der Befahrung des Weltraums... Eine leichtfassliche Darstellung der größten Zukunftsfrage der Menschheit, [Werbeprospekt mit einem Bestellzettel], 1928, str. 1-8.

6 Das Problem der Befahrung des Weltraumes. Von Herm. Noordung, in: Die Schönheit, 1928, Heft 7, str. 104-106. [Winkler, Johannes, Das Problem der Befahrung des Weltraums, Buchbesprechung], in: Die Rakete, 15. 10. 1928, str. 158. Schlör, Dr., Das Problem der Befahrung

reviji *Die Rakete* je bilo januarja 1929 objavljeno celo krajše poglavje za »poskusno branje«<sup>7</sup>.

S prodajo Potočnikove knjige ni bilo nikakršnih težav – nenazadnje to potrjuje tudi dejstvo, da je bila kmalu ponatisnjena. Od julija do septembra 1929 so knjigo v skrajšani obliki objavljali na straneh ameriške revije *Science Wonder Stories*.<sup>8</sup> To je bilo prvo v nemščini napisano delo o kozmonavtiki, ki so ga prevedli v angleščino. Šest let kasneje je v posebni knjigi izšla še v ruskem prevodu pod naslovom *Problem potovanja po vesoljskem prostranstvu*.<sup>9</sup> Do takrat so lahko sovjetski bralci podatke o H. Potočniku Noordungu našli v publikacijah znanih popularizatorjev kozmonavtike Ja. I. Perelmana in N. A. Rinina.<sup>10</sup>

Vse to dokazuje, da je Potočnikova knjiga takoj postala organski del svetovne zakladnice kozmonavtske literature, ki je bila konec dvajsetih let 20. stoletja že precej razvita. Sočasno je našla svoj krog bralcev v tistih državah, ki jim je bilo v prihodnosti usojeno postati vodilne na področju gradnje raket in osvajanja vesolja.

Kot je razvidno iz že omenjenih napovedi vsebine ter iz odziva, ki je sledil kmalu po izidu,<sup>11</sup> so knjigo sodobniki sprejeli kot uspeh uvod v problematiko vesoljskega poleta, napisan na bralcu dostopen način ter zasnovan na delih znanih raziskovalcev, ki so objavljali v tistem času.

---

des Weltraums, [Buchbesprechung], in: *Die Umschau*, 24. 11. 1928, Heft 48, str. 986.

7 Probekapitel aus Noordung: *Das Problem der Befahrung des Weltraums*, in: *Die Rakete*, 15. 01. 1929, str. 7-9

8 Noordung, Hermann, *The Problems of Space Flying*, in: *Science Wonder Stories*, July 1929, Vol. 1, No 2, str. 170-180; August 1929, Vol. 1, No 3, str. 264-272; September 1929, Vol. 1, No 4, str. 361-368.

9 Нордунг Г. Проблема путешествия в мировом пространстве. М.-Л., ОНТИ НКТП СССР, Главная авиационная редакция, 1935.

10 Перельман Я.И. Межпланетные путешествия. Начальные основания звездоплавания. Издание шестое. Л., «Прибой», 1929. Стр. 100, 186. Перельман Я.И. Межпланетные путешествия. Основы ракетного летания и звездоплавания. 7-е изд. Л., 1932. стр. 89. Рынин Н.А. Межпланетные сообщения. Выпуск 5-й. Теория реактивного движения. Л., 1929. стр. 63; Рынин Н.А. Межпланетные сообщения. Выпуск 9-й. Астронавигация. Летопись и библиография. Л., 1932. Стр. 129.

11 Lademann, Robert E., *Das Problem der Befahrung des Weltenraumes*, [Buchbe-sprechung], in: *Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt*, 1929, 1. Aprilheft, str. 174.

Dvainšestdeset poglavij Potočnikove knjige dejansko temelji na idejah, zapisanih v knjigah in člankih H. Obertha, Maxa Valiera, W. Hohmanna in F. von Hoeffta.<sup>12</sup> (Po vsej verjetnosti ni bral takrat znanih del R. Goddarda<sup>13</sup> in K. E. Ciolkovskega,<sup>14</sup> čeprav je avtorja poznal in ju je omenjal v kratkem zgodovinskem pregledu del o kozmonavtiki.)

**Problem vožnje po vesolju: Raketni motor se je od drugih besedil razlikoval po originalnem avtorjevem izhodišču, izraženem tako v zgradbi in načinu obdelave snovi, kot tudi v jasnem stališču o kardinalnih problemih kozmonavtike.**

---

12 Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923. Valier, Max, Der Vorstoß in den Weltenraum - Eine technische Möglichkeit? Eine wissenschaftlich gemeinverständliche Betrachtung, Druck und Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1924. Hohmann, Walter, Die Erreichbarkeit der Himmelskörper. Untersuchungen über das Raumfahrtproblem, Druck und Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1925. Hoefft, Franz von, Die Eroberung des Weltalls, in: Die Rakete, 15.03.1928, str. 36-42.

13 Goddard, Robert, A Method of Reaching Extreme Altitudes, Smithsonian Miscellaneous Collections, Vol. 71, no. 2, Washington December 1919, str. 337-406.

14 Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения. М., изд. А.Н. Гончарова, 1895. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами // Научное обозрение. 1903. № 5. Стр. 45-75. Циолковский К.Э. Реактивный прибор как средство полета в пустоте и атмосфере // Воздухоплаватель. 1910. № 2. Стр. 110-113. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Реактивный прибор "Ракета" // Вестник воздухоплавания. 1911. № 19. Стр. 16-21. № 20. Стр. 29-32. № 21-22. Стр. 31-37. 1912. № 2. Стр. 2-7. № 3. Стр. 15-16. № 5. Стр. 2-5. № 6-7. Стр. 6-9. № 9. Стр. 7-11. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (дополнение к 1-й и 2-й части труда того же названия). Калуга, изд. автора, 1914. Циолковский К.Э. Вне Земли // Природа и люди. 1918. № 2. Стр. 23-24. № 3. Стр. 44-46. № 4. Стр. 62-64. № 5. Стр. 78-80. № 6. Стр. 94-96. № 7. Стр. 107-108. № 8. Стр. 124-126. № 9. Стр. 138-143. № 10. Стр. 154-158. № 11. Стр. 171-176. № 12. Стр. 187-189. № 13. Стр. 204-207. № 14. Стр. 216-217. Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, изд. Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. Циолковский К.Э. Ракета в космическое пространство. Калуга, 1924. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами (переиздание работ 1903 и 1911 гг. с некоторыми изменениями и дополнениями). Калуга, 1926. Циолковский К.Э. Космическая ракета. Опытная подготовка. Калуга, изд. автора, 1927.

Zaobjel je dela drugih avtorjev, prebrano je preoblikoval v tok lastnih misli in jih razporedil v takšno zaporedje, da je celostno, a z različnih gledišč razkril mnoge probleme, povezane z osvajanjem vesolja.

Potočnik je bistvo teh problemov razlagal presenetljivo jedrnat, strnjeno in vsebinsko polno. V njegovem besedilu ni nič odvečnega ali neumestnega, kar bi nemara preveč obremenilo bralčevo pozornost; nič ni nedorečenega. Knjiga ne le da uvede bralca v problematiko kozmonavtika, ampak nosi v sebi tudi očiten didaktični naboj. Zato bi bilo prav, da jo jemljemo kot sploh prvi primer učbeniške literature o kozmonavtiki, učbenik, nenadomestljiv za bralce, ki so se začeli zanimati za probleme kozmonavtika ter za vse tiste, ki so se trudili pojasniti, ali je tehnično sploh mogoče zapustiti Zemljo in se nanjo vrniti.

Iz knjige so lahko izvedeli marsikaj o organizaciji bivanja in dejavnosti ljudi v pogojih breztežnosti in vakuuma, o posebnostih poletov na druga nebesna telesa (vključno s tem, da bi se poleti začeli z zemljske orbite), o možnostih uporabe atomskih in ionskih motorjev v vesoljskih poletih in o težavah, ki so povezane s potovanji med zvezdami. Sto ilustracij, s katerimi je Potočnik opremil svojo knjigo, je povečalo njen didaktični značaj in pomagalo pri aktivnejšem dojemljanju prebranega.

Mimogrede, po količini in kakovosti ilustracij (vključno s prvimi barvnimi ilustracijami v kozmonavtski literaturi nasploh) Potočnikovi knjigi med podobnimi publikacijami tistega časa ni bilo enake.

Krog bralcev, ki se je oblikoval v osmih desetletjih po objavi, je nesporno ogromen in brez dvoma so v njem tudi ljudje, ki so svoje življenje posvetili uporabni kozmonavtiki. Poznamo vsaj dve takšni imeni. Prvo ime je Wernher von Braun, tehnični direktor izgradnje prve balistične rakete dolgega dosega A4 (V-2). Projekt je potekal v Nemčiji od srede tridesetih do srede štiridesetih let 20. stoletja. Von Braun je bil tudi vodja projekta izgradnje prvih ameriških nosilnih raket Saturn V, ki so omogočile polet prvih ljudi na Luno. Drugo ime je Mihail Klavdijevič Tihonravov, konstruktor prve sovjetske rakete na hibridno gorivo, ki je 17. 8. 1933 uspešno poletela približno 400 m v višino. Bil je znanstveni svetovalec pri idejnem projektu prvega Zemljinega umetnega satelita in sodelavec Sergeja Pavloviča Koroljova, legendarnega glavnega konstruktorja prvih sovjetskih nosilnih raket, ki so Sovjetski zvezi omogočile prednost v prvem desetletju zgodovine kozmonavtike

(1957–67).

Wernher von Braun se je pri pisanju disertacije opiral na Potočnikovo knjigo in jo tudi vključil v seznam uporabljene literature.<sup>15</sup> M. K. Tihonravov je imel ruski prevod knjige; da jo je pozorno prebral, priča veliko število opomb na njenih straneh. Danes ta izvod Potočnikove knjige iz osebne knjižnice M. K. Tihonravova hranijo v fondih Državnega muzeja zgodovine kozmonavtike K. E. Ciolkovskega.<sup>16</sup>

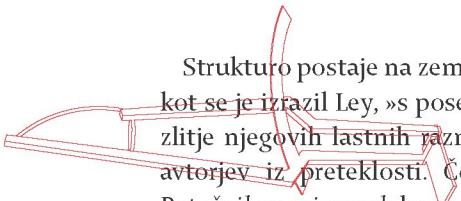
A zgodovinskega pomena Potočnikove knjige ne gre omejiti le na njeno didaktičnost. Pozorna študija vsebine v primerjavi z deli njegovih predhodnikov in sodobnikov daje težo novim znanjem, ki so bila edinstven Potočnikov prispevek k razvoju teoretične kozmonavtike. Novost njegovih spoznanj je v tem, da je preusmeril kozmonavtiko na raziskovanje in osvajanje našega lastnega planeta.

Medtem ko so drugi pionirji kozmonavtike njen glavni cilj videli v razširjanju človeštva »po obličju vsemirja«, v poletih na druga nebesna telesa in gradnji naselbin izven Zemlje, je Potočnik, vsaj na začetku njenega razvoja, uporabo vesoljske tehnologije v celoti podredil potrebam na Zemlji. Po Potočnikovem mnenju naj bi bila prva mejnika v razvoju kozmonavtike raketno letalstvo, ki bi omogočilo potovanja na Zemlji s skoraj vesoljskimi hitrostmi, in večnamenska postaja na zemeljski orbiti, ki bi omogočala opazovanje vsega dogajanja na planetu ter usmerjala življenje na njem. Tako jasno in tako natančno ni kozmonavtike opredelil še nihče pred njim.

Potočnik se ni posebej posvečal temi raketnega letalstva. Le strinjal se je z H. Oberthom in F. von Hoefftom, ki sta za razliko od M. Valiera menila, da razvoj raketnega letalstva ne bo šel po poti nameščanja raketnih motorjev na že obstoječa letala, ampak po poti gradnje letal z novimi konstrukcijskimi načrti za super visoke polete z nadzvočno hitrostjo.

15 Braun von, Wernher, Konstruktive, theoretische und experimentelle Beiträge zu dem Problem der Flüssigkeitsrakete. Dissertation zur Erlangung der Würde eines Dr. phil. der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Vorgelegt am 16. April 1934 von Wernher Freiherr von Braun aus Berlin, in: Raketentechnik und Raumfahrtforschung, Sonderheft 1, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Raketentechnik und Raumfahrt e.V., 1964, str. 1-48. Tu str. 48.

16 Fondi Državnega muzeja zgodovine kozmonavtike K. E. Ciolkovskega. K-III-2534.



Strukturo postaje na zemeljski orbiti je Potočnik opisal podrobno, in kot se je izrazil Ley, »s posebno ljubeznijo«<sup>17</sup>. Ta poglavja predstavljajo zlitje njegovih lastnih razmišljanj, idej in predlogov s tistimi drugih avtorjev iz preteklosti. Če hočemo razumeti, v čem je edinstven Potočnikov prispevek k razvoju predstav o vesoljski postaji, moramo na kratko pogledati v njihovo zgodovino.

Do leta 1929 se je ideja o vesoljski postaji razvijala na dveh ravneh: na znanstvenofantastični in znanstvenoteoretični. Za prvo raven so pomembna tri imena: Edward Everett Hale, duhovnik iz ameriškega Bostona, ki je med oktobrom in decembrom 1869 ter februarja 1870 v štirih številkah revije *Athlantic Monthly* objavljal zgodbo *Opečna Luna* (*The Brick Moon*); Jules Verne, veliki francoski pisatelj fantast, ki je leta 1879 izdal svoj roman *Bajna dediščina*; Kurd Lasswitz, učitelj matematike iz nemškega Gotha, čigar roman *Na dveh planetih* je ugledal luč sveta leta 1897.<sup>18</sup>

Pripoved E. E. Halea je bila v celoti posvečena vesoljski postaji, »opečni luni«, znotraj votli sferi s premerom 61 m, izdelani iz ognjevarnega materiala, ki je bil podoben opeki. Skupaj s svojimi konstruktorji in z njihovimi družinami na krovu je bila izstreljena na zemeljsko orbito, na višino 6.500 metrov, s pomočjo dveh hitro vrtečih se koles. Postaja bi morala »večno krožiti okrog Zemlje« kot navigacijski svetilnik »v korist vseh morjeplovcev«.<sup>19</sup>

Tako je pripoved E. E. Halea prvo delo svetovne literature, v katerem je zapisana ideja *orbitalne* postaje na zemeljski orbiti oziroma *umetnega satelita* našega planeta.

Ustvarjalna misel J. Verna in K. Lasswita je to idejo v celoti obšla, a se vseeno dotaknila nekaterih njenih vidikov. J. Verne se je, na primer, omejil na vprašanje hitrosti, potrebne za izstrelitev orbitalne postaje:

17 Ley, Willy, *Die Fahrt ins Weltall*, Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig 1929 (2. Aufl.), str. 69.

18 Lasswitz, Kurd, *Auf zwei Planeten* (1897). Frankfurt/Main 1969

19 Opis vesoljske postaje E. E. Halea je vzet iz: Braun von, Wernher, *Ordway III Frederick I*, *History of Rocketry & Space Travel*, Thomas Y. Crowell Company, New York 1966, str. 17-20; *Ордевей Ф.И. История, эволюция и достоинства проектов орбитальных станций, выдвигавшихся в США и Западной Европе // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 17-18. М., 1972. Стр. 90-111. Ту стр. 90-91.*



»Naprava, izstreljena z začetno hitrostjo, ki je dvajsetkrat večja od danes obstoječe in znaša 10 tisoč jardov<sup>20</sup> na sekundo, ne more nikdar pasti na Zemljo! Ta hitrost jo bo skupaj z Zemljino privlačnostjo prisilila, da bo neprestano krožila okrog zemeljske oble.«<sup>21</sup>

K. Lasswitz je vso svojo pozornost namenil postaji, nameščeni v bližini Zemlje, vendar če smo natančni, ta ni bila orbitalna. Knjigo je napisal v času marsovske evforije, nastale med Zemljani po tem, ko so leta 1877 odkrili Marsove satelite in na njegovi površini opazili tvorbe, ki so jih imeli za umetne kanale. Ta dejstva so bila takrat videti kot neizpodbiten dokaz obstoja visoko razvite marsovske civilizacije, ki je postala protagonist Lasswitzovega romana. Z močjo avtorjeve ustvarjalne domišljije so Marsovci izkoristili »antigravitacijo« in nad zemeljskim severnim polom na višini 6.536 km zgradili postajo, ki je bila za njihova plovila »vesoljsko pristanišče«, iz katerega so potem na različne načine pristajali na našem planetu.<sup>22</sup>

E. E. Hale, J. Vern in K. Lasswitz so bili oblikovalci ideje zunajzemeljske postaje na znanstvenofantastični ravni. Zaslužni so za spoznanje pomena zunajzemeljske postaje oziroma umetnega satelita Zemlje, ki je namenjen natančnejši orientaciji na Zemlji ter vmesnemu postanku pri obisku drugih planetov.

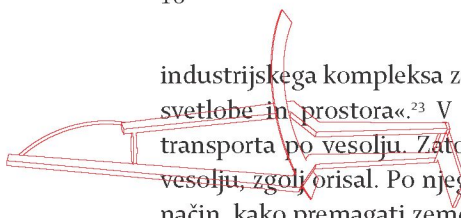
Toda ti avtorji še niso bili sposobni natančno razumeti pojma vesoljske postaje kot letalne naprave in kot varnega pristanišča ljudem, ki živijo in delajo v izvenzemeljskem okolju. Zgodovinsko je pojem vesoljske postaje na znanstvenoteoretični ravni opredelil njen začetnik, K. E. Ciolkovski.

Njegova knjiga *Sanje o Zemlji in nebu in učinki vesoljske gravitacije*, objavljena v Moskvi leta 1895, je delo, v katerem je bil prvič podan koncept vesoljske postaje kot bivališča, znanstvenega laboratorija in

<sup>20</sup> 1 jard = 0,9144 m.

<sup>21</sup> Citat po: Ордевей Ф.И. История, эволюция и достоинства проектов орбитальных станций, выдвигавшихся в США и Западной Европе // Из истории авиации и космонавтики. Objava 17-18. Moskva, 1972. Str. 90-111. Tu str. 91.

<sup>22</sup> Natančnejša obnova podrobnosti ustroja »postaje Marsovcев« nad Zemljinim severnim polom, navedenih v romanu Lasswitza, je skupaj z risbo objavljena v: Межпланетные корабли и сообщение с Марсом по Кургу Лассвицу // Рынин Н.А. Межпланетные сообщения. Выпуск 2-й. Космические корабли в фантазиях романистов. Л., 1928. Str. 48-53.



industrijskega kompleksa za prebivalce, ki so zapustili planet »v iskanju svetlobe in prostora«. <sup>23</sup> V tem času Ciolkovski še ni rešil problema transporta po vesolju. Zato je sliko hipotetične civilizacije, delujoče v vesolju, zgolj orisal. Po njegovem mnenju se bo človeštvo, ko bo našlo način, kako premagati zemeljsko gravitacijo, v vesolju ponovno razvilo. V opisu vesoljskih postaj se je znanstvenik držal strogo znanstvenih pojmov; označil je njihovo obliko (sfero), velikost (od nekaj sežnjev <sup>24</sup> do »neprimerljivo večjih velikosti«), materiale, iz katerih so narejene (jeklo, steklo v kovinskem ogrodju), ter osnovne principe in nekatere elemente sistema za vzdrževanje življenjskih funkcij (hermetičnost, neprekinjeno obnavljanje zaloga kisika v atmosferi s pomočjo rastlin, regulacijo temperature, umetno težnost).

Vesoljske postaje Ciolkovski ni razumel zgolj kot stopnje v razvoju, ko prebivalci planetov naseljujejo vesoljsko prostranstvo. Postavil jo je v čas, ko bodo imele inteligentne civilizacije možnost, da vesolje v celoti preobrazijo. Po njegovem mnenju bodo vesoljske postaje nadomestile planete s težnostjo, vključno z njihovimi omejenimi količinami sončne toplote in svetlobe. Postale bodo njihove umetne analogije, ki bodo obdržale vse prednosti planetarnega okolja, ne bodo pa imele njegovih pomanjkljivosti.

Prikazal je proces razgradnje nebesnih teles in oblikovanja ogromnih umetnih konstrukcij namesto njih. Te bodo inteligentnim civilizacijam omogočile večkratno povečati hitrost razvoja, ki bo temeljil na obvladovanju energije zvezde in izkoriščanju prednosti okolja brez težnosti. Za izgradnjo teh konstrukcij bo uporabljen material razgrajenih nebesnih teles; del bo porabljen kot surovina za proizvodnjo različnih gradbenih materialov, drugi del za ustvarjanje naravnega okolja, kakršnega so prebivalci planetov vajeni.

Te sklepe in razmišljanja je Ciolkovski naprej razvijal v delih, napisanih po objavi članka *Raziskovanje vesoljskih prostranstev z reaktivnimi napravami* <sup>25</sup> poleti 1903, v katerem so bili prvič v zgodovini

<sup>23</sup> Циолковский К.Э. Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения. М., изд. А.Н. Гончарова, 1895. Стр. 79.

<sup>24</sup> 1 seženj = 0,71 m.

<sup>25</sup> Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами //

navedeni izčrpani matematični dokazi o tem, da je raketa sposobna doseči vesoljsko hitrost.

V članku *Reaktivna naprava »Raketa«*<sup>26</sup>, kjer je razpravljal o realni in ne več le hipotetični možnosti premagovanja sile zemeljske gravitacije in ustanovitve človeških naselbin izven planeta, je Ciolkovski posvetil veliko pozornosti ogromnim vesoljskim oranžerijam, katerih naloga bi bila čiščenje zraka na zunajzemeljskih postajah in oskrbovanje njihovih prebivalcev s hrano. Najprej se je vprašal, kako bi oranžerije dostavili v atmosfero. Odgovor pa je bil pomemben prispevek Ciolkovskega k razvoju ideje vesoljske postaje – predlagal je, da bi oranžerije dostavljali v orbito v obliki ločenih blokov, ki bi jih kasneje montirali v želeno konstrukcijo. Na tak način je dvema tipoma gigantskih vesoljskih konstrukcij, ki jih je opisal prej (konstrukcija, v celoti narejena na Zemlji in dostavljena v vesolje v končni obliki, ter konstrukcija, ki se gradi neposredno v vesolju iz surovin, dostavljenih z Zemlje ali drugih nebesnih teles), dodal še tretjo: postaje, ki se sestavljajo na orbiti iz že skonstruiranih elementov, dostavljenih z Zemlje.

Od leta 1917 se je Ciolkovski vse bolj podrobno ukvarjal z vprašanji namestitve in ureditve zunajzemeljskih postaj, organizacije njihovega vesoljskega vsakdana, njihove delovne in raziskovalne dejavnosti. Ko je razmišljal o višini orbite, na katero bi bilo treba dostaviti vesoljske postaje, je prišel do spoznanja, da bo za bivanje najustreznejša tako imenovana geosinhrona orbita, ki jo je tudi kot prvi opisal v literaturi: »Po nasvetih znanstvenikov se je roj teh raket nahajal 5,5 Zemljinega polmera daleč od njene površine ali na razdalji 33.000 kilometrov.<sup>27</sup> Čas njihovega obrata okrog planeta se je kot naročeno izenačil z zemeljskim dnevom. Dan je bil skorajda večer, vsakih 24 ur se je pojavil kratek sončni mrk, ki ga nikakor ne moremo imeti za noč ... Hitrost rakete glede na Zemljo je bila 3 km/s.«<sup>28</sup>

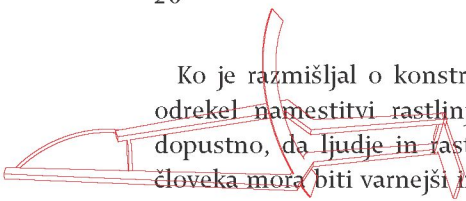
---

Научное обозрение. 1903. № 5. Стр. 45-75.

26 Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами. Реактивный прибор "Ракета" // Вестник воздухоплавания. 1911. № 19. Стр. 16-21; № 20. Стр. 29-32; № 21-22. Стр. 31-37; 1912. № 2. Стр. 2-7; № 3. Стр. 15-16; № 5. Стр. 2-5; № 6-7. Стр. 6-9; № 9. Стр. 7-11.

27 Tu se je Ciolkovski zmotil v izračunih: pet in pol Zemljinih polmerov pomeni razdaljo 35,079 km.

28 Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, изд. Калужского общества изучения природы



Ko je razmišljal o konstrukcijskih načrtih postaj, se je Ciolkovski odrekel namestitvi rastlinja. Po njegovem je nepraktično, čeprav dopustno, da ljudje in rastline bivajo v istem prostoru. Prostor za človeka mora biti varnejši in trdnější kot prostor za rastline; ker so v bivanjskih prostorih in prostorih oranžerije priporočljivi različen zrak, tlak, vlaga in temperatura, jih je bolje ločiti, a vseeno povezati med sabo.

V skladu s tem je Ciolkovski predlagal tri vrste postaj:

- 1.) sestavljene iz skupnega bivalnega oddelka, ki je namenjen ljudem in rastlinam (oranžerija bivališče);
- 2.) ločene na bivalni in proizvodni oddelek ter oranžerijo, ki so med sabo izolirani, a hkrati povezani s hermetično zaprtimi preklopnimi vrati;
- 3.) povezava modulov različnih namembnosti (zaradi kompleksnosti takšne tehnične tvorbe je znanstvenik modulne konstrukcije postavil v čas, ko se bo človeštvo že razširilo »po ogromnem nebesnem svodu«).<sup>29</sup>

Za postajo prve vrste je Ciolkovski predlagal obliko sfere, za postajo druge vrste stožec ter za naseljene module postaj tretje vrste valjasto in toroidalno obliko, za module z oranžerijo pa valjasto in stožčasto. Ciolkovski je prav tako opisal notranjo opremo postaj, bivalne, proizvodne in kopalniške prostore, oranžerijo, naprave za uporabo v vsakdanjem življenju in industrijske naprave, nameščene na postaje. Večkrat se je vračal k vprašanju, kolikšen del površine postaje morajo zavzemati okna.

Precej podrobno se je Ciolkovski posvetil utemeljevanju zahteve po popolni hermetičnosti postaje kot pogoju za varnost njenih prebivalcev. Da ne bi prišlo do dehermetizacije, je predlagal, da postajo razdelimo na hermetične odseke, vhode in izhode pa opremimo s komorami z loputo (»združevalnimi« ali »prehodnimi« komorami, kot jih je poimenoval).

Ciolkovski je prvič v literaturi opisal vrstni red postopkov pri izstopanju kozmonavtov iz postaje v odprto vesolje: »Opremili so ju (kozmonavta) z vsem nujno potrebnim (za bivanje v vesoljskem prostranstvu) in enega od njiju zaprli v zelo ozko komoro, podobno etuiju za očala. V ta namen

---

и местного края, 1920. Стр. 73-74.

29 Циолковский К.Э. Цели звездоплавания. Калуга, 1929. Стр. 5.

so najprej odprli notranjo stran komore, jo potem hermetično zaprli in hitro izsesali iz 'etuija' manjšo količino zraka, ki je v njem še ostala, da ga ne bi šlo niti za dah v nič. Ohlapno oblečen kozmonavt ni ničesar razumel in je nestrpnno čakal v temi. ~~Čez minuto ali dve so odprli zunanjo~~ polovico 'etuija', odrinil se je in odneslo ga je na prosto. Nato so spustili tudi drugega.«<sup>30</sup>

Ciolkovski je prvi opisal tudi vesoljski skafander, posebno oblačilo »z napravo za dihanje in odstranjevanje odpadnih snovi iz telesa«<sup>31</sup>. »Če naj bi živeli v praznini, v razredčenem in neuporabnem zraku, potrebujemo posebno oblačilo ... Oblačilo ovije celo telo z glavo vred, vanj ne pronicajo ne plini ne pare; je gibljivo, ni masivno, ne otežuje gibanja telesa; močno je do te mere, da lahko zdrži notranji pritisk plinov, ki obkrožajo telo; v predelu glave je opremljeno z osmimi ploskimi ploščicami, delno prepustnimi za svetlobo, skozi katere se lahko gleda. Ima debelo podlogo, ki greje ter omogoča pronicanje plinov in par ter ima rezervoarje za urin in drugo. Povezano je s posebno kapsulo, ki pod obleko neprestano dovaja zadostno količino kisika.

Ogljikov dioksid, vodna para in ostali telesni izločki se vsesajo v druge kapsule. Plini in para neprestano krožijo pod oblačilom v prepustni podlogi s pomočjo posebnih samodejnih črpalk. Dnevno človek ne potrebuje več kot kilogram kisika. Vseh zalog bo zadostovalo za osem ur, skupaj z oblačilom tehtajo največ 10 kilogramov.«<sup>32</sup>

Ciolkovski je prvi v literaturi predlagal individualno avtonomno premično vozilo (»eksplozivni avtomobilček«<sup>33</sup>), reaktivno napravo, ki omogoča gibanje izven postaje: »Popolnoma varni ste ... Poletite z jermenom, ki je dolg en kilometer: poletite, kamor hočete, in vrnite se, ko si zaželite ... - Kaj pa če se jermen pretrga? ... – Nič zato! Vsakomur

30 Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, изд. Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. Стр. 44.

31 Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, изд. Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. Стр. 41.

32 Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, изд. Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. Стр. 42.

33 Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, изд. Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. Стр. 44.

bomo dali posebno majhno orodje, s katerim lahko, če želite, naredite eksplozijo, orodje deluje kot raketa ... Z njegovo pomočjo lahko letite v katero koli smer in se tudi kadar koli vrnete nazaj.«<sup>34</sup>

Do srede dvajsetih let 20. stoletja se je intelektualni potencial teoretične kozmonavtike na zahodu gradil brez vpliva del Ciolkovskega. Knjiga Hermanna Obertha *Raketa v medplanetarnem prostoru*<sup>35</sup>, izdana leta 1923 v Münchnu, je postala prelomnica v zgodovini zahodne kulture. Knjiga je ločila fantazijsko dobo vesoljskih poletov od dobe znanstveno utemeljenih sklepov, odločitev in predvidevanj.

V njej je nemški znanstvenik<sup>36</sup> opredelil osnove raketne in vesoljske tehnologije poleta, ki jih je preučeval neodvisno od Ciolkovskega. Delno so te potrdile sklepe ruskega znanstvenika. Istočasno pa je Oberth prvič v znanstveni literaturi teoretičnim dokazom o raketi, ki lahko doseže vesoljsko hitrost, dodal sklep, da je treba nemudoma začeti z izdelavo višinskih raket na tekoče gorivo.

Oberthova knjiga je odigrala v zahodni Evropi vlogo katalizatorja pri ustvarjanju in razširjanju znanstveno utemeljenih razmišljanj o načinih in sredstvih za polete v vesolje. Spodbudila je tudi nastanek del o izgradnji prvih poskusnih vzorcev raket in raketnih motorjev na tekoče gorivo. Med drugim je močno vplivala na nekatere tehnične rešitve pri projektu balistične rakete dolgega dosega A-4 (od novembra 1944 znane pod imenom V-2).<sup>37</sup>

Knjiga *Raketa v medplanetarnem prostoru* je navdahnila raziskovalce, med njimi tudi H. Potočnika, da so se lotili problemov, povezanih s stalnim prebivanjem človeka v vesoljskem prostoru; v njej je bil prvič v zahodni literaturi razložen znanstveni koncept

<sup>34</sup> Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, изд. Калужского общества изучения природы и местного края, 1920. Стр. 43.

<sup>35</sup> Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923.

<sup>36</sup> Do leta 1938 je H. Oberth živel v Romuniji.

<sup>37</sup> Seznam točk, ki vsebujejo Oberthove ideje in predloge in ki so se uresničile v konstrukciji A-4, je E. Sänger označil za »zelo dolg seznam«: Sänger, Eugen an Oberth, Hermann, 04-05-1947, v: Oberth, Hermann, Briefwechsel, Erster Band, Bukarest 1979, str. 135-136, tu str. 135.

vesoljske postaje<sup>38</sup>. Kasneje jo je Oberth pomensko dopolnil: leta 1928 v članku *Postaje v vesolju*<sup>39</sup> in leta 1929 v knjigi *Poti do vesoljskih poletov*<sup>40</sup>.

Naslov dela nedvomno govori o tem, da si lahko Oberth kot prvi od zahodnih raziskovalcev pripiše zasluge za utemeljitev vloge dolgoročne orbitalne postaje pri osvajanju Zemlje in vesoljskega prostanstva. Idejo izvenzemeljske postaje Oberth razloži takole: »Če izstrelimo tako velike aparate (rakete, op. T. Ž.) na orbito okrog Zemlje, bo vsak od njih predstavljal nekaj podobnega mali Luni. Njihove vrnitve na Zemljo ne bomo načrtovali.<sup>41</sup> Njihova komunikacija z Zemljo lahko poteka preko manjših naprav, tako da so te velike rakete (imenujmo jih opazovalne postaje) lahko bolj prilagojene za svojo osnovno nalogo.«<sup>42</sup>

Oberth je naštel naslednje namembnosti vesoljskih postaj:

- opazovanje Zemlje za znanstvene in strateške potrebe;<sup>43</sup>
- oskrba Zemlje z elektriko, pridobljeno s pretvorbo energije sončnih

38 Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 86.

39 Oberth, Hermann, Stationen im Weltraum, in: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239.

40 Oberth, Hermann, Wege zur Raumschiffahrt, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 350-371.

41 Bolj natančen prevod tega stavka bi bil: »Sploh ne smejo biti namenjeni vrnitvi na Zemljo.« (op. T. Ž.)

42 Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, München und Berlin 1923, str. 86; citirano po: Оберт Г. Ракета в космическое пространство // Гансвиндт. Годдард. Эсно-Пельтри. Оберт. Гоман. Избранные труды (1891-1938). М., «Наука», 1977. Стр. 424-510, стр. 503-504.

43 Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 86; Oberth, Hermann, Stationen im Weltraum, in: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 232-233; Oberth, Hermann, Wege zur Raumschiffahrt, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 352.

žarkov;<sup>44</sup>

- omogočanje telegrafске zveze na Zemlji;<sup>45</sup>

- opozarjanje plovil na nevarnost ledenikov, reševanje žrtev nesreč;<sup>46</sup>

- opazovanje vremena;<sup>47</sup>

- izgradnja in oskrbovanje »vesoljskih ogledal«; s skoncentrirano energijo sončnih žarkov je mogoče spreminjati Zemljino podnebje in pokrajino, med drugim za strateške cilje, kot je na primer uničenje nasprotnikovega ozemlja;<sup>48</sup>

<sup>44</sup> Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 86; Oberth, Hermann, Stationen im Weltraum, in: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 226; Oberth, Hermann, Wege zur Raumschiffahrt, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 352.

<sup>45</sup> Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 86; Oberth, Hermann, Stationen im Weltraum, in: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 233; Oberth, Hermann, Wege zur Raumschiffahrt, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 352.

<sup>46</sup> Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 86; Oberth, Hermann, Stationen im Weltraum, in: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 233; Oberth, Hermann, Wege zur Raumschiffahrt, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 352.

<sup>47</sup> Oberth, Hermann, Wege zur Raumschiffahrt, München und Berlin 1929, str. 352.

<sup>48</sup> Oberth, Hermann, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 87-88; Oberth, Hermann, Stationen im Weltraum, in: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str.



- izgradnja vesoljskih teleskopov in astronomska opazovanja;<sup>49</sup>
- izgradnja medplanetarnih vesoljskih plovil in njihova oskrba z gorivom;<sup>50</sup>
- preučevanje dolgotrajnega prebivanja ljudi v breztežnosti;<sup>51</sup>
- izvajanje parapsiholoških eksperimentov.<sup>52</sup>

Bistvo, ki ga je Oberth zajel v pojmu vesoljske postaje, je popolnoma sovpadalo s smislom, ki mu ga je pridal Ciolkovski. Oba sta na postajo gledala kot na stroj prebivališče, aparat, ki ljudem omogoča življenje

---

216-239. Tu str. 236-238; Oberth, Hermann, *Wege zur Raumschiffahrt*, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 352.

49 Oberth, Hermann, *Die Rakete zu den Planetenräumen*, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 86; Oberth, Hermann, *Stationen im Weltraum*, in: *Die Möglichkeit der Weltraumfahrt*. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 219-225; Oberth, Hermann, *Wege zur Raumschiffahrt*, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 353-371.

50 Oberth, Hermann, *Die Rakete zu den Planetenräumen*, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 88-89; Oberth, Hermann, *Stationen im Weltraum*, in: *Die Möglichkeit der Weltraumfahrt*. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 234-235; Oberth, Hermann, *Wege zur Raumschiffahrt*, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 353.

51 Oberth, Hermann, *Stationen im Weltraum*, in: *Die Möglichkeit der Weltraumfahrt*. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 216-218.

52 Oberth, Hermann, *Stationen im Weltraum*, in: *Die Möglichkeit der Weltraumfahrt*. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoefft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239. Tu str. 225-226.

in delo v pogojih izven Zemlje. A zgradbe, ki sta jih vsak zase gradila v domišljiji, so si povsem nasprotujoče.

Vesoljska postaja »v iskanju svetlobe in prostora«<sup>53</sup> Ciolkovskega je »usmerjena« od Zemlje k vesolju. V središču pozornosti njenih prebivalcev so »vesoljske pustinj« s svojimi neizčrpnimi bogastvi in nerazkritimi skrivnostmi.

Oberth pa je »usmeril« vesoljsko postajo proti Zemlji; zanj je bila predvsem neločljiv del človekove dejavnosti pri preučevanju in spreminjanju planeta. Prvi je tudi postavil vprašanje o prednostih uporabe vesoljske postaje kot skladišča goriva ter startne ploščadi za medplanetarna plovila.<sup>54</sup>

Kot drugi za Ciolkovskim<sup>55</sup> in hkrati prvi v zahodni literaturi je Oberth zapisal idejo o vzpostavitvi umetne gravitacije v vesoljski postaji: »Če bi daljši vpliv breztežnosti privedel do škodljivih posledic (o čemer vsekakor dvomim), bi lahko dve takšni raketi povezali z nekaj kilometrov dolgo vrvjo in zavrteli eno okrog druge.«<sup>56</sup> Prav tako je poudaril pomen telovadbe v stanju breztežnosti, da ostane organizem v formi.<sup>57</sup> Vendar v dvajsetih letih 20. stoletja Oberth še ni predlagal

53 *Циолковский К.Э.* Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения. М., изд. А.Н. Гончарова, 1895. Str. 79.

54 *Oberth, Hermann*, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 88.

55 *Циолковский К.Э.* Свободное пространство (1883) // *Собр. соч.* Т. II. М. 1954. Str. 25-68. Tu str. 65; *Циолковский К.Э.* Исследование мировых пространств реактивными приборами. Реактивный прибор "Ракета" // *Вестник воздухоплавания.* 1911. № 19. Str. 16-21. № 20. Str. 29-32. № 21-22. Str. 31-37. 1912. № 2. Str. 2-7. № 3. Str. 15-16. № 5. Str. 2-5. № 6-7. Str. 6-9. № 9. Str. 7-11 / *Циолковский К.Э.* *Собр. соч.* Т. II. М., 1954. Str. 100-139. Tu str. 135.

56 *Oberth, Hermann*, Die Rakete zu den Planetenräumen, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1923, str. 86; citirano po: *Оберт Г.* Ракета в космическое пространство // *Гансвиндт. Годдард. Эно-Пельтри. Оберт. Гоман. Избранные труды (1891-1938).* М., «Наука», 1977. Str. 424-510. Tu str. 504.

57 *Oberth, Hermann*, Stationen im Weltraum, in: Die Möglichkeit der Weltraumfahrt. Allgemeinverständliche Beiträge zum Raumschiffahrtsproblem von Professor Hermann Oberth, Dr. Franz v. Hoeffft, Dr.-Ing. Walter Hohmann, Dr. Karl Debus, Ingenieur Guido von Pirquet und Ingenieur Fr. W. Sander, Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig 1928, str. 216-239.

nič, kar bi bilo povezano s konkretno tehnično podobo vesoljske postaje. Ciolkovski je tukaj šel precej dlje od svojega nemškega kolega.

Pri nadaljnjem razvoju ideje vesoljske postaje je imel precejšnjo vlogo tudi avstrijski inženir Guido von Pirquet, predvsem zaradi članka *Vesoljske poti*, ki so ga na straneh revije *Die Rakete* objavljali od maja 1928 do januarja 1929.<sup>58</sup> V njem je von Pirquet navedel matematične dokaze o nenadomestljivosti vesoljske postaje kot »odskočne deske« pri uresničevanju medplanetarnih poletov. Ti dokazi so osnova tako imenovanega »vesoljskega paradoksa«, ki pravi, da bodo medplanetarni poleti s postaje precej lažji kot izgradnja same postaje.<sup>59</sup>

Takšnega mnenja sta bila tudi sovjetska raziskovalca kozmonavtike F. A. Cander in A. I. Šargej (od 15. 8. 1921 je živel, deloval in objavljaj pod imenom Ju. V. Kondratjuk).

V številnih referatih, ki jih je imel med letoma 1923 in 1929 v različnih mestih po ZSSR, je F. A. Cander vztrajno ponavljaj misel: »Ureditev medplanetarnih postaj okrog Zemlje in drugih planetov bo zelo pomembna – nanje bodo lahko pristajali letala in rakete, ki bodo vzleteli z Zemlje; na njih bodo po letu lahko počivali letalci; zaradi njih se bodo medplanetarna potovanja silno pocenila, saj se bo vse potrebno za nadaljnji polet na drug planet lahko hranilo na medplanetarni postaji.«<sup>60</sup>

»Medplanetarna baza za polete po Sončnem sistemu« je bila pomembna točka programa osvajanja vesolja, s katero se je med letoma 1916 in 1928 ukvarjal A. I. Šargej. Takole je upravičil njeno izgradnjo: »Imeti na razpolago bazo <...> pomeni veliko prednost, saj nam ne bo treba za vsak polet z Zemlje v medplanetarno prostranstvo in nazaj

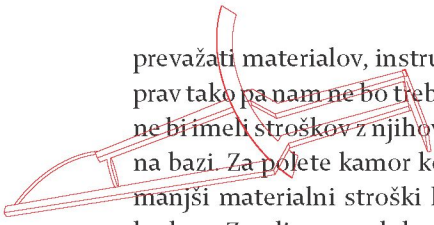
---

Tu str. 218.

58 Pirquet von, Guido, Fahrtrouten, in: Die Rakete, 15.05.1928, str. 67-74; 15.06.1928, str. 93-94; 15.07.1928, str. 107-109; 15.08.1928, str. 117-121; 15.09.1928, str. 134-140; 15.10.1928, str. 155-158; 15.11.1928, str. 169-171; 15.12.1928, str. 183-190; 15.01.1929, str. 9-13.

59 Pirquet von, Guido, Fahrtrouten, in: Die Rakete, 15.08.1928, str. 118-121; 15.09.1928, str. 137-140; 15.10.1928, str. 157-158.

60 Цандер Ф.А. Проблемы сверхавиации и очередные задачи по подготовке к межпланетным путешествиям // Цандер Ф.А. Проблема полета при помощи реактивных аппаратов. Межпланетные полеты. Сборник статей. М., Оборонгиз, 1961. Стр. 436-441. Tu str. 439.



prevažati materialov, instrumentov, strojev in ljudi s komorami zanje, prav tako pa nam ne bo treba odmetavati predmetov prve kategorije, da ne bi imeli stroškov z njihovo vrnitvijo na Zemljo. Skladišče za vse to bo na bazi. Za polete kamor koli z baze in nazaj bodo potrebni za večkrat manjši materialni stroški kot pri podobnem poletu z Zemlje. Rakeete bodo z Zemlje v medplanetarno prostranstvo pošiljali samo zaradi oskrbovanja baze ali zaradi zamenjave ene posadke z drugo v krajših ali daljših časovnih razdobjih.«<sup>61</sup> Kot F. A. Cander se tudi A. I. Šargej ni neposredno ukvarjal z ureditvijo medplanetarne baze, toda pripomnil je, da bo treba v primeru, »če se bo na ljudeh negativno odražal vpliv dolge odsotnosti navidezne težnosti, bivališče zgraditi ločeno od observatorija in ju med seboj povezati z nekaj deset metrov dolgo vrvjo, za ustvarjanje umetne gravitacije na postaji pa sistem vrteti okoli skupnega središča težnosti.«<sup>62</sup> V tem predlogu so očitne podobnosti z razmišljanjem H. Obertha, čeprav lahko z veliko verjetnostjo trdimo, da del nemškega znanstvenika A. I. Šargej ni poznal. Poleg tega so se razmišljanja A. I. Šargeja o vesoljskih postajah v nečem precej razlikovala od predlogov drugih avtorjev. Svoje »medplanetarne baze« ni namestil na zemeljsko, pač pa na Lunino orbito.

Če povzamemo rezultate teoretičnih raziskav, ki so potekale od konca devetdesetih let 19. stoletja pa do konca tridesetih let 20. stoletja, lahko ugotovimo, da so K. E. Ciolkovski, H. Oberth, F. A. Cander in A. I. Šargej (Ju. V. Kondratjuk) izoblikovali znanstvena mnenja o vlogi vesoljskih postaj pri človekovem osvajanju vesolja, o njihovi večnamenskosti, osnovni strukturi in uporabi naravnih virov v vesolju.

**Konec tridesetih let 20. stoletja se je v zgodovini ideje vesoljske postaje začela doba projektno-konstruktorskega razvoja in prvi, ki je na ogled postavil konkreten projekt zunajzemeljske postaje, je bil H. Potočnik. V vsebino svoje knjige je vključeval ideje, ki so bile razmetane**

<sup>61</sup> Кондратюк Ю.В. Завоевание межпланетных пространств. Новосибирск, изд. автора, 1929. Citirano po.: Кондратюк Ю.В. Завоевание межпланетных пространств. М., Оборонгиз, 1947. Str. 73.

<sup>62</sup> Кондратюк Ю.В. Завоевание межпланетных пространств. Новосибирск, изд. автора, 1929. Citirano po.: Кондратюк Ю.В. Завоевание межпланетных пространств. М., Оборонгиз, 1947. Str. 74.

po delih njegovih predhodnikov: sistemi za vzdrževanje življenjskih funkcij, ki so predvidevali ustvarjanje zaprtega ekološkega kroga in nadzor sestave atmosfere; helijeve naprave, ki naj bi energijo sončnih žarkov pretvorile v električno; postopek pri izhodu kozmonavtov s postaje v odprto vesolje; konstrukcija skafandra; individualna avtonomna naprava za gibanje kozmonavtov v odprtem vesolju; posebnosti življenja in vsakdana v breztežnosti; ustvarjanje umetne težnosti; montaža postaje na orbiti iz ločenih sestavnih delov; postaja kot »opazovalni stolp«, skladišče raketnega goriva in vesoljsko pristajališče ... Vse te in druge ideje je Potočnik zapisal v svojem delu. Toda v njegovi knjigi so dobile novo življenje, postale so predmet in proizvod inženirske ustvarjalnosti; dobile so obliko realne zgradbe, primerne za uporabo v breztežnosti in vakuumu. Brez pretiravanja lahko rečemo, da je Potočnikov načrt naseljene postaje izven Zemlje (z opisom njene konstrukcije) v zavesti ljudi pripravil psihološki prehod od zemeljske arhitekture k vesoljski. Zato ga popolnoma utemeljeno imenujemo za očeta vesoljske arhitekture.

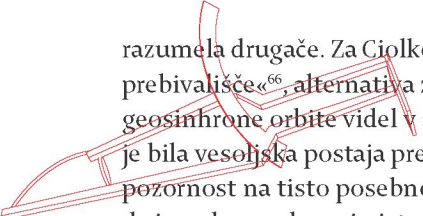
Popolnoma očitno je, da je Potočnik podal vrsto predlogov, ne da bi vedel, da so bili že prej navedeni v literaturi. Na primer, po njegovi zamisli bi morala biti postaja nameščena na krožno orbito na višini 35.900 km, da bi njen položaj ostal nespremenjen v odnosu do določene točke na Zemlji.<sup>63</sup> Vrsta publikacij poudarja poseben pomen tega predloga, Potočnika pa v njih imenujejo »pionir sinhronne orbite, na katero dandanes pošiljajo geostacionarne satelite«<sup>64</sup> in »avtor ideje geostacionarnega satelita«.<sup>65</sup>

Vendar je treba podobne trditve popraviti. Kot smo že navedli, je geosinhrono orbito v literaturi prvi omenil Ciolkovski. Pomen geosinhronne orbite sta Ciolkovski in Potočnik razumela enako, njene prednosti pa sta zaradi različne namembnosti vesoljske postaje

63 Noordung, Hermann, Das Problem der Befahrung des Weltraums. Der Raketen-Motor, Berlin 1929, str. 98.

64 Ehrung und Würdigung eines grossen österreichischen Raumfahrtspioniers, in: Österreichische flugmedizinische Mitteilungen, 1976, Nr. 1, str. 10-11. Str. 10.

65 Vařacha B. S. Hermann Potočnik-Noordung - einer der "geistigen Pioniere der Raumfahrt", in: Astronautik, 1987, Heft 4, str. 111-112. Str. 111.



razumela drugače. Za Ciolkovskega je postaja predvsem »zaatmosferno prebivališče«<sup>66</sup>, alternativa zemeljskemu svetu. Zato je glavno prednost geosinhrone orbite videl v »večnem« sončnem dnevju. Za Potočnika pa je bila vesoljska postaja predvsem »opazovalni stolp«<sup>67</sup>, zato je usmeril pozornost na tisto posebnost geosinhrone orbite, ki postaji omogoča, da je vedno nad eno in isto točko zemeljske površine.

Če se vrnemo k Potočnikovim osrednjim temam, lahko ugotovimo, da ni »odkril« ne geosinhrone orbite ne geostacionarnega umetnega zemeljskega satelita. Vendar pa je njegova nedvomna zasluga v tem, da je spoznal prednosti takšne orbite in takšnega satelita za rešitev problema vesoljskih komunikacij in opazovanja Zemlje iz vesolja.<sup>68</sup>

Potočnikovo knjigo lahko utemeljeno štejemo tudi za eno od zgodnejših raziskav vesoljske medicine in biologije. S tem, ko je ponovil nekatera temeljna dejstva o vplivu osnovnih dejavnikov vesoljskega poleta – prevelike obtežitve in breztežnosti – na živ organizem (o čemer sta v literaturi nemškega govornega področja pred njim govorila H. Oberth in M. Valier), je Potočnik naredil še korak naprej. Kot prvi je bil pozoren na zmanjšanje mišične mase v pogojih breztežnosti in na nujnost posebnih telovadnih vaj za ohranjanje mišic. Rezultat tega je bila vznemirljiva napoved: bivanje v breztežnosti bo zdravju škodljivo, ker bodo mišice oslabele »in ne bodo delovale po povratku življenja v pogoje gravitacije, na primer, po vrnitvi na Zemljo.«<sup>69</sup> Temu je sledilo nič manj vznemirljivo priporočilo: »Povsem verjetno je, da bi se lahko temu izognili s sistematičnimi vajami za mišičevje, da ne govorimo o tem, da bi lahko z ustreznimi tehničnimi ukrepi to okoliščino

66 Циолковский К.Э. Вне Земли. Калуга, 1920, str. 77.

67 Potočnik je postajo poimenoval z besedo «Warte» ali «Raumwarte», kar pomeni vrh, stolp: Noordung, Hermann, Das Problem der Befahrung des Weltraums. Der Raketen-Motor, Berlin 1929, str. 96.

68 Podobno tehtno oceno obravnavanega Noordungovega znanstvenega dosežka je moč prebrati v članku: Ruppe, Harry O., Noordung: Der Mann und sein Werk, in: Astronautik, 1976, Heft 3, str. 81-83, tu str. 81.

69 Нордунг Г. Проблема путешествия в мировом пространстве. М.-Л., ОНТИ НКТП СССР, Главная авиационная редакция, 1935. Стр. 57.

odpravili.«<sup>70</sup>

V Potočnikovi knjigi je tudi nekaj zelo natančnih opazanj o vsakodnevnem utripu v breztežnosti, ki jih v delih drugih pionirjev kozmonavtike ni. Na primer, pronicljivo je ugotovil, kako težko bo umivanje v breztežnostnem okolju: »Popolnoma se bo treba odpovedati umivanju in kopanju na običajen način. Možno bo le brisanje z gobami, brisačami, rjuhami itd.«<sup>71</sup> Kot je znano, posadke vesoljskih plovil in postaj uporabljajo predvsem vlažilne robčke.

Omenili smo že, da Potočnikova knjiga ni šla neopazno mimo sodobnikov. A zanimivo je, da so se nanjo običajni bralci odzivali drugače kot strokovnjaki. Če so prvi govorili, kako resno in argumentirano je knjiga seznanjala širše občinstvo z bližnjimi in prihodnjimi nalogami kozmonavtike,<sup>72</sup> je bila pri slednjih takoj v »nemilosti«.<sup>73</sup> W. Ley je pisal: »Noordung je imel resnično vrsto zanimivih idej, ampak vsaka je imela kakšno pomanjkljivost.« In naprej: »Skupaj z <...> v bistvu pravilnim razmišljanjem je v Noordungovem projektu tudi vrsta načelnih napak.«<sup>74</sup> H. Oberthu se je zdelo v svoji knjigi *Poti do vesoljskih poletov* nujno kar devetkrat nasprotovati H. Potočniku. Tri od teh opazk so se navezovala na ureditev vesoljske postaje: odklonil je idejo o spremembi okenskih stekel v konveksne leče za kopičenje sončne svetlobe v prostoru, idejo o vrtenju »bivalnega kolesa« s hitrostjo enega obrata v 8 sekundah ter idejo o namestitvi postaje na geosinhroni orbiti.<sup>75</sup> Potočnika so kritizirali celo za »precej

<sup>70</sup> Ibid.

<sup>71</sup> Ibid., str. 62.

<sup>72</sup> Schlör, Dr., Das Problem der Befahrung des Weltraums, [Buchbesprechung], in: Die Umschau, 24.11.1928, Heft 48, str. 986.

<sup>73</sup> Ley, Willy, *Rockets, Missiles and Space Travel*, The Viking Press, New York 1957, str. 369. *Лей В.* Ракеты и полеты в космос. М., Военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1961. Стр. 308.

<sup>74</sup> Ley, Willy, *Rockets, Missiles and Space Travel*, The Viking Press, New York 1957, str. 369. *Лей В.* Ракеты и полеты в космос. М., Военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1961. Стр. 308.

<sup>75</sup> Oberth, Hermann, *Wege zur Raumschiffahrt*, Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin 1929, str. 99, 152-153, 180, 222, 227, 257, 305, 351, 385.

fantastično metodo izračuna skupne učinkovitosti rakete<sup>76</sup>. Nasploh so Potočnikovi kolegi menili, da ima njegov projekt postaje zgolj historičen pomen.<sup>77</sup>

Ta sodba je primer tega, kako nepravilno in omejeno lahko protagoniste znanosti in tehnike ocenjujejo njihovi sodobniki. Še ne dve desetletji kasneje so se namreč Potočnikovi predlogi in načrti ponovno rodili v projektih drugih avtorjev, njihova prevlada v predstavah o tehnični obliki prihodnjih vesoljskih postaj pa je bila mnogo let očitna in nesporna. Od konca štiridesetih let 20. stoletja je vsekakor od Potočnikovega projekta odpadla zgolj ideja o modulih, razporejenih v vesoljskem prostoru in med sabo povezanih z vrvmi, električnimi kabli in zračnimi cevmi. Bolj se je razmišljalo o gigantskih celostnih konstrukcijah, ki bi »pod eno streho« zduževale bivalne, laboratorijske, proizvodne in služnostne prostore. Za sestavne elemente tovrstnih konstrukcij so avtorji predlagali sfere, polsfere, plošče, valje, trdne mrežne spoje in ploščadi. Obvezni pogoj za delovanje vesoljske postaje je bilo ustvarjanje umetne težnosti v njenih bivalnih prostorih. Postaja je torej »usmerjena« proti Zemlji. Vsem pa je bila skupna ideja o pošiljanju konstrukcije v vesolje po delih.

Najzgodnejši med projekti zunajzemeljske postaje, ki so se pojavili po H. Potočniku, je bil projekt Angležev Harryja Rossa in Ralpa Smitha – opisala sta ga v članku *Orbitalne baze*, objavljenem leta 1949 v mesečniku Britanske medplanetarne družbe.<sup>78</sup> Predvidevala sta izgradnjo široko uporabne postaje za posadko 24-ih oseb, predstavnikov različnih znanstvenih smeri. To je bila resna napoved podrobnega preučevanja Zemlje iz vesolja, izvajanja meteoroloških in astronomskih opazovanj ter raziskav narave vesoljskega prostora.

<sup>76</sup> Ley, Willy, *Rockets, Missiles and Space Travel*, The Viking Press, New York 1957, str. 369. *Лей В.*

*Ракеты и полеты в космос.* М., Военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1961. Стр. 308.

<sup>77</sup> Ley, Willy, *Rockets, Missiles and Space Travel*, The Viking Press, New York 1957, str. 369. *Лей В.*

*Ракеты и полеты в космос.* М., Военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1961. Стр. 308.

<sup>78</sup> Ross, H. E., *Orbital Bases*, in: *Journal of the British Interplanetary Society*, January 1949, Vol. 8,

No. 1, str. 1-19.



Na zunaj bi bila Ross-Smithova postaja zgrajena iz centralne sfere v premeru 30 m (skupaj z bivalnimi prostori in delavnicami), na katero bi bila pritrjena vrteča se zrcalna pofsfera s premerom 60 m, ki bi zbirala sončne žarke, katerih energija bi se z enostavnimi postopki pretvorila v električno. V negibljivi prehodni konstrukciji, usmerjeni stran od sfere, bi bil pristajalni prostor za vesoljska plovila.

»Bivalno kolo« Hermana Potočnika Noordunga se je pojavilo v projektu »vmesne postaje za vesoljska potovanja«, ki ga je leta 1949 predlagal sovjetski znanstvenik, strokovnjak za vesoljsko navigacijo in popularizator kozmonavtika A. A. Šternfeld.<sup>79</sup> Res pa je, da na njegovem »kolesu« ni bilo pesta in napere, zato bi vesoljska plovila težko pristajala na nenehno vrtečem se »kolesu«. Kasneje je A. A. Šternfeld ponudil še en projekt postaje, sestavljene iz odsluženih zgornjih stopenj vesoljskih raket; v nekaterih delih postaje naj bi bila breztežnost, v drugih pa umetna težnost.<sup>80</sup>

Leta 1951 je Hans Hermann Koelle predstavil postajo, zgrajeno iz 36-ih sfer s premerom 5 m. Podobno kot pri »bivalnem kolesu« Hermana Potočnika Noordunga so bile združene v prstan z osmimi naperami, v katerih so bili prehodi. V štirih od njih so bila vgrajena dvigala do osrednjega odseka pesta.<sup>81</sup> Po Koellejevih izračunih naj bi postaja na Zemlji tehtala 150 ton, prostora pa naj bi bilo za posadko 65-ih raziskovalcev. Predviden program znanstvenih poskusov bi vključeval meteorologijo, raziskave vesoljskega prostora, vpliv breztežnosti na

79 Штернфельд А.А. Полет в мировое пространство. М.-Л., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949. Стр. 106-108. Штернфельд А.А. Искусственные спутники. М., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1958. Прилога na str. 128 in 129.

80 Штернфельд А.А. Искусственные спутники. М., Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1958. Прилоге na str. 128 in str. 129, na str. 264 in str. 265.

81 Hoepfner, H., Koelle, Hans Hermann, Die optimale Lastrakete zur Außenstation in 1669 km Höhe, in: Forschungsbericht Nr. 8 der Gesellschaft für Weltraumforschung, Stuttgart 1951; Koelle, Hans Hermann, Der Einfluss der konstruktiven Gestaltung der Außenstation auf die Gesamtkosten des Projekts, in: Forschungsbericht Nr. 9 der Gesellschaft für Weltraumforschung, Stuttgart 1951.

žive organizme ter celo pomoč vesoljskim posadkam, žrtvam nesreč na orbiti.

Koellejevi članki so bili osnova razprav na temo vesoljskih postaj, ki so potekale na straneh nemških publikacij.<sup>82</sup> Njihovi avtorji so se dotaknili širokega kroga vprašanj, od medicinsko-biološke opreme postaje do radijske povezave z njo.

Posebno zanimanje je vzbudil članek *Vesoljska postaja*, katerega avtorji so bili trije nemški inženirji, delujoči v Francoskem nacionalnem centru za vesoljske raziskave: Rolf Engel, U. T. Boedewadt in Kurt Hanisch.<sup>83</sup> Za osrednjo nalogo si niso zadali izdelati projekt postaje z njeno zunanjo obliko in notranjimi prostori, temveč preučevati fizične in tehnične pogoje njenega delovanja: vidnost zemeljskega površja in posebnosti pri menjavi dneva in noči na orbiti, realna ocena stroškov za izgradnjo postaje in študija njenega oskrbovanja. Prvič so avtorji prepričljivo dokazali, da so problemi, povezani z ohranjanjem delovanja postaje, precej pomembnejši in dražji kot njena izgradnja. Izdelali so svojo različico postaje v kompleksu s šeststopenjsko nosilno raketo, s pomočjo katere bi bilo treba izstreliti na zemeljsko orbito skupno maso 510 ton (teža postaje naj bi bila 180 ton, teža opreme pa 330 ton).

Na začetku petdesetih let 20. stoletja je bil najbolj znan projekt vesoljske postaje Wernherja von Brauna, predstavljen leta 1952.<sup>84</sup>

82 Wie wird sich der menschliche Organismus voraussichtlich im schwerkraftfreien Raum verhalten? in: *Weltraumfahrt*, 1951, Heft 4, str. 81; Krause, H., Die Kinematik einer Außenstation in einer zur Äquatorebene geneigten elliptischen Bahn, in: Forschungsbericht Nr. 10 der Gesellschaft für Weltraumforschung. Stuttgart 1951; Merten, R., Funkverbindung mit der Außenstation, in: Hochfrequenztechnik und Weltraumfahrt. Stuttgart 1951, str. 92-101; Schaub, W., Die Flutkräfte auf der Außenstation, in: *Weltraumfahrt*, 1952, Heft 1, str. 1-8; Krause, H., Die Bewegung einer Außenstation in einer elliptischen, zum Erdäquator geneigten Bahn um die Erde, in: *Weltraumfahrt*, 1952, Heft 1, str. 17-25; *Weltraumfahrt*, 1952, Heft 3, str. 74-78; Haber, H., Gerathewohl, S., Physik und Psychophysik der Gewichtlosigkeit, in: *Weltraumfahrt*, 1953, Heft 2, str. 44.

83 Engel, Rolf, Boedewadt, U. T., Hanisch, K., Die Außenstation, in: *Raumfahrtforschung*, München 1952, str. 117-154.

84 Kot priča W. Ley, je bila predhodnica tega von Braunovega projekta zgodnejša različica iz let 1950 in 1951. To je bila »skoraj valjasta konstrukcija z zračno komoro in dvema naperama, usmerjenima izven nje«. Ley je omenil še nekatere podrobnosti: »Ti naperi združujeta pesto z

Njegova postaja je spominjala na »avtomobilsko pnevmatiko« s premerom 75 m, ki se je vrtela okrog »vozlišča«. Vpliv ideje H. Potočnika na njeno obliko je bil očiten. »Pnevmatika« naj bi se na orbiti sestavila iz več segmentov, narejenih iz umetnih materialov. Čeprav bi bile stene precej tanke, bi zaradi notranjega tlaka postaja lahko zdržala zunanji tlak. Projekt je temeljil na izračunih vzporedno zasnovane tristopenjske nosilne rakete in segmentov postaje za namestitev na orbito, na višino 1.730 km. Za oskrbo z energijo naj ne bi uporabili okorne sončne elektrarne, temveč jedrski reaktor. Še ena novost v primerjavi z zgodnejšimi projekti je bila ideja shranjevanja vode v rezervoarjih pod tlemi bivalnih prostorov, pridobivali pa bi jo tudi z obnovo odpadkov. Poleg tega bi v primeru porušenega ravnotežja, nastalega kot posledica gibanja ljudi iz prostora v prostor (v posadki naj bi bilo 200–300 oseb), črpalke avtomatično prečrpavale vodo iz enega rezervoarja v drugega in tako stalno vzpostavljale ravnotežje.<sup>85</sup>

Leta 1954 je Oberth objavil svojo tretjo knjigo o kozmonavtiki, *Ljudje v vesolju*, v katero je vključil poglavje o vesoljskih postajah.<sup>86</sup> V njej je ugotavljal, da univerzalne postaje z različnimi namembnostmi ne more biti.<sup>87</sup> Opisal je več različnih vrst postaj: »vesoljsko pristanišče« (izstrelili naj bi ga na višino 300–400 km, namenjeno bi bilo montaži »električnih vesoljskih plovil«, ki bi opravljala medplanetarne polete<sup>88</sup>), »postaja za opazovanje Zemlje« (nameščena bi bila na geostacionarni orbiti<sup>89</sup>) in

---

obodom, ki je v obliki pravilnega dvajsetkotnika. Veliko parabolično ogledalo na prečki pesta naj bi kopičilo sončno svetlobo in jo usmerjalo v kotel, ki je pritrjen pod pestom.« *Лейб В. Ракеты и полеты в космос*. М., Военное издательство министерства обороны Союза ССР, 1961. Стр. 311.

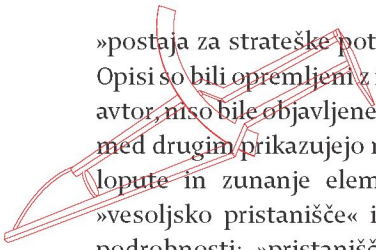
85 Braun von Wernher, Kaplan, J., Haber, H., Ley, Willy, Schachter, O., Whipple, F., *Across the Space Frontier*. New York 1952; Braun von Wernher, *Stationen im Weltraum*, Frankfurt/Main 1953.

86 Oberth, Hermann, *Menschen im Weltraum. Neue Projekte für Raketen- und Raumfahrt*, ECON-Verlag, Düsseldorf 1954, str. 80–123.

87 Oberth, Hermann, *Menschen im Weltraum. Neue Projekte für Raketen- und Raumfahrt*, ECON-Verlag, Düsseldorf 1954, str. 96.

88 Oberth, Hermann, *Menschen im Weltraum. Neue Projekte für Raketen- und Raumfahrt*, ECON-Verlag, Düsseldorf 1954, str. 101.

89 Ibid., str. 96.



»postaja za strateške potrebe« (nameščena bi bila na višini 600 km<sup>90</sup>). Opisi so bili opremljeni z ilustracijami, a vse ilustracije, ki jih je pripravil avtor, niso bile objavljene.<sup>91</sup> Med neobjavljenimi skicami so tudi risbe, ki med drugim prikazujejo notranjo opremo vesoljske postaje, preklonpe lopute in zunanje elemente površine postaje.<sup>92</sup> Konstruktivsko se »vesoljsko pristanišče« in »opazovalna postaja« razlikujeta le v eni podrobnosti: »pristanišče« ima »montažno delavnico«, kjer naj bi potekala montaža medplanetarnih plovil. Skupni elementi omenjenih dveh postaj in »postaje za opazovanje Zemlje« so: bivalni enoti za posadko, nameščeni vsaka na svojem koncu povezovalne cevi, številni prostori za shranjevanje in teleskopi.

Leta 1955 je Krafft Ehrlicke podrobno opisal projekt postaje, sestavljene iz osrednjega prostora ter bivalnih in delovnih kapsul, ki se stikajo z njim. Projekt je bil izdelan za nosilno raketo Atlas. Ob tej priložnosti je bila izrečena misel, da ni potrebno, da se zadnja stopnja transportne rakete vrne na Zemljo. Sestavili bi jo lahko iz lahkih, a trdnih materialov kot kapsulo, ki bi ostala na orbiti in se uporabljala za gradnjo ali oskrbovanje postaje.<sup>93</sup>

Ta predlog se je kasneje razvil v projektu postaje, ki ga je leta 1955 objavil Darrell Romick z oddelka za astrofiziko ameriškega podjetja Goodyear Aircraft.<sup>94</sup> Njegova postaja je bila v obliki valja (dolžine 900 m in premera 330 m), pritrjenega na disk (premera 460 m in debeline 12 m). Posadka bi štela 20.000 oseb. Osrednji del postaje naj bi bil narejen iz tretje stopnje nosilnih raket, ki bi ponesle preostale elemente na orbito. Prve in druge stopnje nosilnih raket naj bi bile po Romickovem

<sup>90</sup> Ibid., str. 120.

<sup>91</sup> Ibid., str. 92, 97, 109, 112, 113, 115, 119.

<sup>92</sup> Oberth, Hemann, Menschen im Weltraum, 24.03.1954, in: Archiv der Gemeinde Feucht, DP-6704, DP-6705, DP-6706, DH-6607, DH-6608.

<sup>93</sup> Ehrlicke, Krafft A., Analysis of Orbital Systems, Proceedings of V. International Astronautical Congress, Innsbruck, 01.-07.08.1954.

<sup>94</sup> Romick, D. C., Preliminary Engineering Study of a Satellite Station Concept, American Rocket Society, Preprint 274-55, 14.-18.11.1955. Ta publikacija je vsebovala besedilo referata D. Romicka, ki ga je pripravil skupaj z R. Knightom in G. V. Peltom za 9. letni kongres Ameriške raketne združbe, ki je potekal v New Yorku od 30. novembra do 3. decembra 1954.

načrtu opremljene s krili. Upravljali bi jih piloti, kar bi omogočalo njihov varen spust in pristanek, kasneje pa tudi njihovo ponovno uporabo.<sup>95</sup>

Konec štiridesetih let in v petdesetih letih 20. stoletja so o ideji vesoljske postaje razpravljali tako strokovnjaki kot avtorji poljudnoznanstvenih knjig in člankov.<sup>96</sup> Niso le ponavljali idej in predlogov, ki so bili že znani v literaturi, pač pa so tudi predstavljali nove ugotovitve. E. Burgess je na primer razširil »obzorja« možnosti uporabe zunajzemeljske postaje s predlogom: poleg poskusov, ki potrebujejo pogoje, značilne za vesoljsko prostranstvo, na primer vakuum in visoke temperature, naj se na njej izvaja tudi za človeka nevarna in škodljiva opravila, še posebej iz področja atomske fizike.<sup>97</sup>

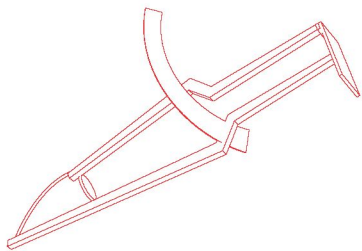
Ko končujemo pregled projektov vesoljskih postaj, ki so se pojavljali konec štiridesetih let in v petdesetih letih 20. stoletja, moramo priznati, da je prav »opazovalni stolp« Hermana Potočnika Noordunga za te avtorje postal merilo arhitekturnega sloga v breztežnosti. Njegov inženirsko razdelani projekt vesoljske postaje je bil prvi na svetu. Tudi v prihodnje bo buril ustvarjalno domišljijo konstruktorjev vesoljske tehnike, njegova knjiga pa bo za vse večne čase obogatila knjižnico strastnega oboževalca literature o vesolju kot klasično delo, ki nikoli ne zastara.

---

95 Romick, D. C., Preliminary Engineering Study of a Satellite Station Concept, American Rocket Society, Preprint 274-55, 14-18.11.1955.

96 Na primer, Gartmann, Heinz, Raketen von Stern zu Stern, [B. M.] 1949; Burgess, E., An Introduction to Rockets and Spaceflight, London 1956.

97 Burgess, E., An Introduction to Rockets and Spaceflight, London 1956, str. 45-57.



## Predgovor II.

Frederick I. Ordway III, Roger D. Launius, J. D. Hunley

Leta 1995 je Nasin oddelek za zgodovino (NASA History Office) objavil prvi celotni prevod nemške klasike vesoljskih poletov, *Das Problem der Befahrung des Weltraums: Der Raketen-Motor* (angl. *The Problem of Space Travel: The Rocket Motor*, sl. *Problem vožnje po vesolju: raketni motor*), avtorja Hermana Noordunga (pseudonim Hermana Potočnika), izvirno izdane leta 1929. Gre za velik dosežek Nasinega oddelka za zgodovino v prizadevanjih za delovanje dolgoletnega programa financiranja prevodov, ki je v 70-ih letih zastal. Nov zagon naj bi dobil z internacionalizacijo uspehov Nase pri vesoljskih poletih in še posebej z njeno vključitvijo v partnersko gradnjo Mednarodne vesoljske postaje. Na izreden pomen teh prizadevanj nas poleg dolgoletnih zagovornikov vesoljskih postaj po vsem svetu opominja prav Noordungova knjiga.

Mi trije: Roger D. Launius, Frederick I. Ordway III in J. D. Hunley ter še nekaj drugih smo bili globoko vpleteni v njen prevod. Ordway, že v najstniških letih velik zbiralec znanstvenofantastične literature in strokovnih del o raketah in vesoljski znanosti, jo je spoznal prvi med nami. Delni prevodi Francisa M. Currierja so bili objavljeni v periodični reviji *Science Wonder Stories*, katere urednik je bil Hugo Gernsback. V reviji niso objavljali le znanstveno verjetnih fantazijskih zgodb, temveč tudi tekoče znanstvene dosežke.

Leta 1956, ko je bil zaposlen na oddelku za vodene projekte (Guided Missile Division) Republic Aviation Corporation, je začel Ordway razmišljati, da bi Noordungovo knjigo v celoti prevedli in izdali v Združenih državah. V ta namen se je 23. julija istega leta povezal z nemško založbo Richard Carl Schmidt & Co., kjer so bili projekt pripravljeni podpreti in so ga prosili za Gernsbackov naslov, da sestavijo pogodbo. Ordway je bil z Gernsbackom že v navezi in ta mu je zatrdil, da angleškega prevoda celotne knjige še ni. Potem je Ordway zamenjal službo in februarja 1957 začel delati na Army Ballistic Missile Agency v vojaški bazi Redstone Arsenal, v Huntsvillu, Alabama. Pod Wernherjem von Braunom, kasnejšim direktorjem Nasinega Marshallovega centra za vesoljske polete (NASA Marshall Space Flight Center, prav tako v

Huntsvillu), je služboval prav v času razvoja lunarnih raket Saturn, ki so astronaute ponesele na Zemljin naravni satelit. Maja 1957 je von Braunova ekipa proslavila prvo uspešno izstrelitev rakete Jupiter, avgusta ji je sledila še tristopenjska Jupiter-C in januarja 1958 je na orbiti že krožil prvi ameriški satelit. Ordwayju se je življenje tako delavno in razburljivo zasukalo, da mu je projekt Noordung ušel iz glave – a le začasno.

Julija 1960 so von Braunovo ekipo z Ordwayjem vred premestili k Nasi, kjer je dobila pomembno vlogo pri programu Apollo, in sicer v fazi pristajanja na Luno. Sredi tega velikanskega podviga se je Ordway spet spomnil na Noordungovo knjigo. Pomladi 1963 sta s Harryjem O. Ruppom, namestnikom direktorja Nasine Marshallove službe za bodoče projekte (NASA Marshall's Future Projects Office), zamisel začela oživljati. Pritegnila sta Willyja Leyja, dolgoletnega Ordwayjevega prijatelja in sodelavca, ki je takrat živel v New Yorku, zaslovel pa je kot nemško-ameriški avtor izredno brane knjige izdane pod različnimi naslovi – eden od njih je *Rockets, Missiles, and Space Travel*. Tako naslovljena izdaja iz leta 1961 je vključevala obširno razpravo o Noordungu in njegovi knjigi. Ordway in Ruppe sta si Leyja želela za uvodničarja.<sup>1</sup>

Korespondenca je razkrila nekatere dotlej še neznane podatke. Ley je, na primer, vedel, da je Noordung pod imenom Potočnik služil v avstro-ogrski vojski in da je bil njegov oče kirurg pri mornarici. O knjigi je Ley zapisal: »Gre za delo, katerega preroška vsebina (še posebej o del o vesoljski postaji, ki je bila, kljub podnaslovu o raketnem motorju, glavna tema) se izpolni šele čez čas. Ko je izšla, so vsi govorili le o njenih nepravilnostih.« Guido von Pirquet, avstrijski vesoljski pionir, je tako, na primer, kritiziral preglednice o učinkovitosti rakete.<sup>2</sup> Ker je imel kup

1 Oba predhodna odstavka in tisti, ki sledijo, povzamejo precej bolj podrobno razpravo o teh zadevah v Ordwayjevih uvodnih besedah in Hunleyjevem predgovoru prevoda knjige Hermanna Noordunga, *The Problem of Space Travel: The Rocket Motor* (Washington, D.C.: NASA SP-4026, 1995). Bralci, ki jih zanimajo daljši opisi, najdejo prevod na spletnem naslovu: <http://history.nasa.gov/SP-4026/cover.html> in v nekaterih knjižnicah.

2 Ibid., str. xii. Kot razkrije Ordway v uvodnih besedah k prvi angleški izdaji Potočnikove knjige na str. x, op. 5, se lahko vsa korespondenca najde v Ordway Collection, Center Library and Archives, U.S. Space & Rocket Center, Huntsville, Alabama.



drugih obveznosti, Ley projektu ni ravno vztrajno sledil.

Medtem so se pogajanja z morebitnimi ameriškimi založniki vlekla že več kot leto. Sčasoma se nemška stran ni več odzivala in projekt je obstal. Tik pred tem je Ruppe razložil, da je Noordungovo načrtovanje vesoljske postaje še vedno presežek, razen ideje o umestitvi postaje na geostacionarno orbito. Stalna namestitvev nad istim delom zemeljskega površja bi bila za druga področja Zemlje manj uporabna in komunikacijsko manj dostopna.

Ordway se s projektom ni več ukvarjal, dokler ni slišal, da je bila leta 1986 knjiga izdana v slovenščini. Kmalu zatem (leta 1993) mu je Arthur C. Clarke, britanski pisatelj znanstvene fantastike in daljnovidni zagovornik komunikacijskih satelitov, s Šri Lanke javil, da sta mu jo dva Slovenca podarila. Približno takrat se je začel Ordway pogovarjati s takratnim Nasinim glavnim zgodovinarjem, Rogerjem Launiusom, ki je v sklopu Nasinega financiranja historičnih knjig že razmišljal o prevodu in izdaji Noordungove knjige. Takratni Nasin arhivar Lee Saegesser je predlagal, naj Nasin oddelek za zgodovino naroči prevod pri STIP – Nasinem programu za znanstvene in tehnične informacije. Ta je za prevod najel podjetje SCITRAN iz Santa Barbare, Kalifornija; kataloška oznaka prevoda iz leta 1993 je bila: NASA TT-10002. (Pri tem osnovnem prevodu ni zabeleženo ime prevajalca/ev, kaj šele osnovni podatki o njem/njih.) Prva ga je urejala Jennifer Garland, pri STIP koordinatorica za tujo literaturo. Čeprav je obvladala predvsem ruščino in druge slovanske jezike, ne toliko nemščine, je popravila kar nekaj nepravilnosti na ravni črkovanja, slovnice, besedišča in oblike ter zagotovila, da so bili vsi izračuni in enačbe pravilno vneseni, pojasnjeni in umeščeni.

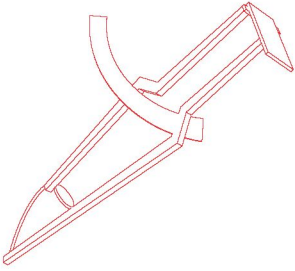
Hunley, takrat član Nasinega oddelka za zgodovino, je napravil še nekaj dodatnih popravkov. *Kunstsatz* pri ognjemetni raketi je, na primer, prevedel kot »bursting charge« (eksplozivni naboj) in ne »man-made charge« (umetni naboj), kar bi bil točen, a dobeseden prevod in ne izraz, ponavadi rabljen pri opisu ognjemetne rakete. Prav tako je »brace« (nosilni jermen), kot prevod za besedo *Stab* na isti raketi, zamenjal z »guidestick« (krmilo). Omenimo še prevod besede *Betriebsstoff* kot »propellant« (pogonska snov) v primerih, ko je šlo očitno tako za gorivo kot za oksidant, ter kot dobesedni »fuel« (gorivo) v primerih,

ko je šlo za gorivo kot del pogonske snovi v raketi. Podobno je prevod besede *Gestirn* spremenil iz »star« (zvezda) v »planet« (planet), kjer se je nemška beseda očitno nanašala na enega izmed naravnih satelitov našega Sonca. V glavnem je skušal zagotoviti, da je prevod sledil ameriški pogovorni rabi, ne da bi se preveč odmaknil od izvirnega nemškega pomena. Prav tako je dodal kar nekaj sprotnih opomb, da je predstavil osebe, ki jih omenja Noordung. (Sprotno opombe s številko strani so Noordungove, a spremenjene, da se skladajo s številčenjem strani v prevodu.)

A nemščina ni Hunleyjev materni jezik, zato je po njegovem uredniškem delu prevod pregledal še priznani vesoljski znanstvenik dr. Ernst Stuhlinger, Ordwayjev dober prijatelj in sodelavec. Stuhlinger je leta 1936 doktoriral iz fizike na univerzi v Tübingenu. Z raketami in vesoljsko znanostjo se je začel ukvarjati leta 1943 v Peenemündeju in svoje delo nadaljeval kot namestnik direktorja za znanost v Nasinem Marshallovem centru za vesoljske polete vse do konca leta 1975. Njegovo poznavanje tehničnih podrobnosti, ki jih je opisoval Noordung, je bilo zato veliko globlje, razumevanje Noordungove avstrijske nemščine pa bolj prefinjeno. Vestno je prebral nemški izvirnik in prevodu s popravki Hunleyja in Garlandove dodal še svoje popravke. Izvirni prevajalci so *fortgeschleudert*, kar dobessedno pomeni »flung away« (vržen stran), prevedli kot »accelerated away« (pospešen stran), Stuhlinger pa popravil v bolj pogovoren in natančen izraz »launched« (izstreljen); ali pa je *Schwerpunkt* iz pravilne slovarske definicije »center of mass« (masno središče) spremenil v bolj pravilen izraz »center of gravity« (težišče); in *liegender* (kot položaj človeškega telesa), prevedeno kot »lying« (ležeč), spremenil v bolj primeren »prone« (nagnjen). Na takšen in še kakšen način je naredil prevod bolj točen in berljiv, ne da bi kvaril slog avtorja, ki je pisal v avstrijski nemščini precej pred časom, ko so bili številni tehnični izrazi sploh skovani. Po zadnji redakciji, 2. avgusta 1994, je Stuhlinger napisal Hunleyju: »Noordung je pisal prisrčno in preprosto avstrijsščino, z veliko majhnih besed, ki pomensko ne prispevajo veliko, pripomorejo pa k bolj tekočemu jeziku. Veliko teh besed ima več pomenov, odvisno od sobesedila; če jih iščeš v slovarju, zlahka izbereš napačno in spremeniš pomen. V več primerih sem takšne besede kar izločil, saj niso bile potrebne in so besedilo le obtežile. V

drugih primerih sem moral izbrati drugačen angleški prevod.« Kljub takšnim težavam pri prevodu in kljub »nekaterim netočnim pogledom avtorja«, kot pravi Stuhlinger, »gre za izredno knjigo«, ki bi morala po njegovem postati dostopna tudi bralcem brez znanja nemščine. To je glavno ozadje Nasinega prevoda, kateremu je uvodne besede napisal Ordway, predgovor pa Hunley.

O trajnem zanimanju za Noordungovo klasiko priča tudi simpozij *The Problem of Space Travel* (sl. Problem vožnje po vesolju). V sodelovanju z Oddelkom za vesoljsko zgodovino Nacionalnega letalskega in vesoljskega muzeja ga je 27. marca 2007 pripravilo Veleposlaništvo Republike Slovenije v Washingtonu. Pokrovitelj dogodka je bil veleposlanik Samuel Žbogar.



## V oblasti teže

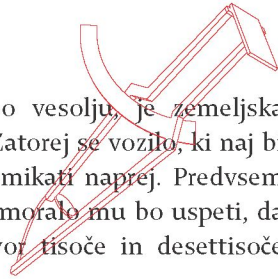
Odločilna ovira, ki nasprotuje vožnji po vesolju, je zemeljska privlačnost, ki jo vselej občutimo kot težo. Zatorej se vozilo, ki naj bi potovalo po vesolju, ne bo moglo zgolj pomikati naprej. Predvsem in najprej se bo moralo ločiti od Zemlje, tj. moralo mu bo uspeli, da težnosti navkljub dvigne sebe in svoj tovor tisoče in desetstisoče kilometrov visoko.

Ker pa je težnost sila mase, si moramo najprej priti na jasno z drugimi v naravi delujočimi silami, nato pa se še poukvarjati z vzroki teh sil, tj. s temeljnimi mehaničnimi lastnostmi mase; gre namreč za vprašanja, na katerih temelji problem vožnje po vesolju.

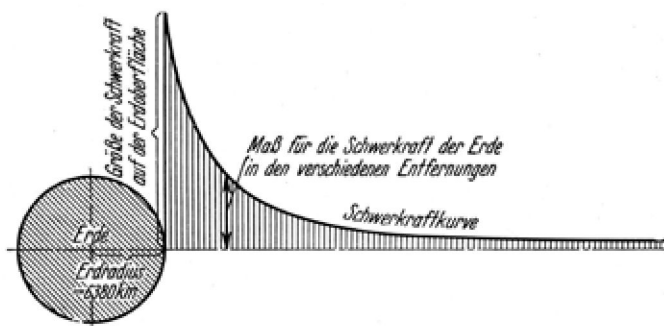
Ena od teh lastnosti je, da se vse mase vzajemno privlačijo (gravitacijski zakon). Posledica tega pojava je, da vsaka masa deluje na vsako drugo maso s privlačno silo mase. Privlačno silo, s katero nebesna telesa zaradi svoje celotne mase delujejo na druge mase, imenujemo težnost. Z Zemlje učinkujoča »zemeljska privlačnost« povzroča, da so vsa telesa, ki se znajdejo na Zemlji, »težka« toliko, kolikor »teže« vsebujejo, torej kolikor velika ali majhna je njihova masa. Zaradi tega je privlačna sila mase (težnost) tem večja, čim večja je masa teles, med katerimi deluje. Nasprotno njena jakost pojenjuje z naraščajočo razdaljo (natančneje: s kvadratom le-te), čeprav območje njene dejavnosti nima prave meje (sl. 1). Nič bi bila teoretično šele pri neskončni oddaljenosti. Prav tako kakor Zemlja, imajo tudi Sonce, Mesec in vsako drugo nebesno telo svoji velikosti ustrezno težnost.

Druga temeljna lastnost mase je, da si vsaka masa vselej prizadeva vztrajati v načinu gibanja, v katerem se je znašla (vztrajnostni zakon). Zato se bo vsaka masa, katere gibanje želimo pospešiti, zaustaviti ali mu spremeniti smer, temu prizadevanju upirala, upor pa bo povzročil nastanek t. i. vztrajnostne sile mase (sl. 2). Tega označimo v glavnem kot vztrajnostni upor, v posebnih primerih, zgolj če se je masa prisiljena gibati po ukrivljenem tiru, kot sredobežnost. Sredobežnost je vselej razločno usmerjena navzven iz krivulje gibanja (sl. 3). Vse te sile: težnost, vztrajnostni upor in sredobežnost so sile mase.

Kot smo že omenili, se z oddaljevanjem proti neskončnosti privlačnost Zemlje vedno manjša. A nikoli ne moremo niti popolnoma



zapustiti območja zemeljske privlačnosti (polja težnosti) niti doseči dejanske meje zemeljske težnosti; lahko pa izračunamo, kolikšno delo bi bilo potrebno, da bi to polje v celoti premagali. Potrošena energija bi morala znašati 6.380 ton metrov za vsak kilogram bremena. Nadalje je mogoče izračunati, s kakšno hitrostjo je treba z Zemlje zalučati telo, da se ne bo spet vrnilo nanjo. Ta hitrost je 11.180 m/s.



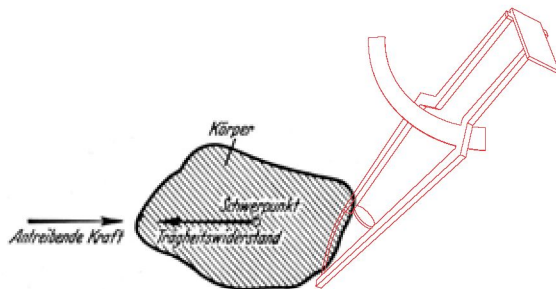
SLIKA 1.

Potek privlačne sile Zemljine mase. Z oddaljenostjo krivulje težnosti od vodoravne osi je predstavljena pojemajoča jakost privlačnosti s povečujočo se razdaljo.

MASS FÜR DIE SCHWERKRAFT DER ERDE IN DEN VERSCHIEDENEN ENTFFERNUNGEN – IZMERA ZEMELJSKE TEŽNOSTI NA RAZLIČNIH RAZDALJAH; SCHWERKRAFTKURVE – KRIVULJA TEŽNOSTI; GRÖSSE DER SCHWERKRAFT AUF DER ERDOBERFLÄCHE – JAKOST TEŽNOSTI NA ZEMELJSKI POVRŠINI; ERDE – ZEMLJA; ERDRADIUS. 6380 km – RADIJ ZEMLJE, 6380 km.

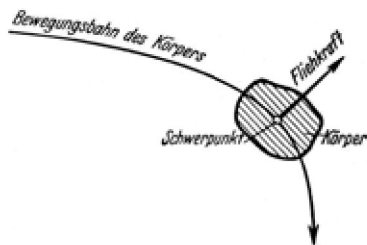
Hkrati je to natančno tista hitrost, s katero bi ob zemeljsko površino zadelo telo, ki bi prosto padlo iz neskončne razdalje. Da bi podelili masi enega kilograma to hitrost, bi bili prisiljeni porabiti prej omenjeno delo 6.380 ton metrov na kilogram bremena.

Četudi ne bo nikoli mogoče zapustiti območja zemeljske težnosti, se poraja možnost, da telo odtegnemo njenemu delovanju – podvržemo ga delovanju druge sile mase, ki deluje nasprotno od zemeljske težnosti. Kot takšna pride, v skladu z našimi prejšnjimi ugotovitvami o temeljnih lastnostih mase, v poštev le: privlačna sila mas sosednjih zvezd ali pa v samem telesu vzbujena vztrajnostna sila mase.



SLIKA 2.

KÖRPER – TELO; ANTREIBENDE KRAFT – DELUJOČA SILA; SCHWERPUNKT – TEŽIŠČE;  
TRÄGHEITSWIDERSTAND – VZTRAJNOSTNI UPOR.

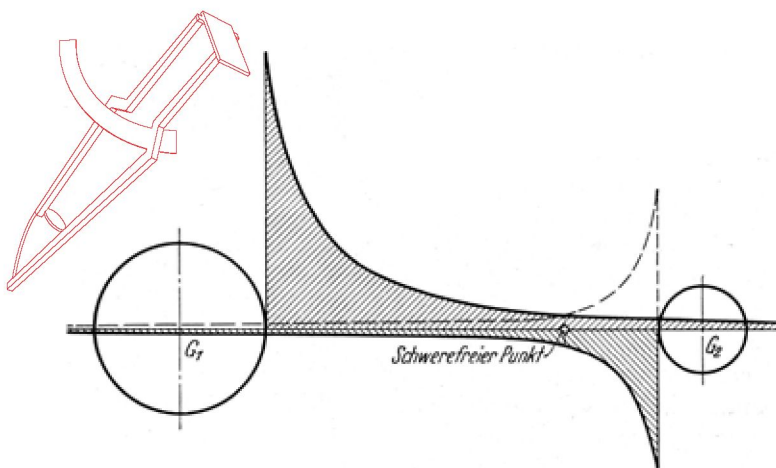


SLIKA 3.

BEWEGUNGSBAHN DES KÖRPERS – TIR GIBANJA TELESA; FLIEHKRAFT – SREDOBEŽNOST; KÖRPER – TELO;  
SCHWERPUNKT – TEŽIŠČE.

## Praktična meja zemeljske težnosti

Najprej se bomo ukvarjali s prej omenjeno možnostjo. Ker ima, kakor Zemlja, tudi vsako drugo nebesno telo težnostno polje, ki se s pojemajočo močjo razteza v neskončne daljave, tičimo (vsaj teoretično) v sočasnem delovanju vseh teles. Od vseh pa zaznamo le delovanje zemeljske teže, delno tudi mesečeve. Na Zemljinem površju, kjer se odigrava naše življenje, privlačna sila Zemlje tako prevladuje, da delovanje težnosti, ki jo povzročajo druga nebesna telesa, praktično izgine.



SLIKA 4.

Potek polja težnosti dveh sosednjih zvezd  $G_1$  in  $G_2$  je enak kot na sl. 1, le da je težnostna krivulja manjše zvezde  $G_2$  narisana navzdol, ker njena privlačna sila deluje nasproti privlačni sili večje zvezde  $G_1$ . Breztežnostna točka je tam, kjer sta si obe polji po nasprotujočem si delovanju enaki, in se zato izničujeta.

---

SCHWEREFREIER PUNKT – BREZTEŽNOSTNA TOČKA.

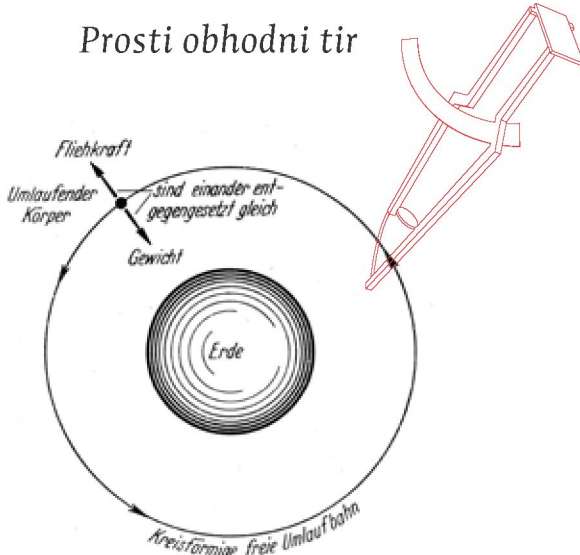
Takoj je drugače, ko se oddaljujemo od Zemlje. Njena privlačna sila stalno slabi, nasprotno pa se tista sosednjih zvezd vse bolj krepi. A ker deluje proti zemeljski privlačnosti, mora biti v vsaki smeri od Zemlje neko mesto, kjer so privlačne sile v ravnovesju. Tostran njega torej prevladuje zemeljska teža, onstran pa delovanje sosednjih zvezd. To mesto lahko označimo kot praktično mejo zemeljskega težnostnega polja, a pojma zaradi različnih leg in stalnih sprememb položaja sosednjih zvezd glede na Zemljo ne smemo razumeti preveč strogo.

V določenih točkah praktične težnostne meje (predvsem v teh, ki ležijo na daljici med Zemljo in sosednjimi zvezdami) pa se privlačne sile izničijo tudi po smeri, tako da tam vlada popolno breztežnostno stanje. Tako mesto v vesolju označimo kot »breztežnostno točko« (sl. 4).

Vsekakor gre samo za nezanesljivo, popolnoma labilno stanje breztežnosti. Že ob najneznatnejšem premiku na eno ali drugo stran grozi padec ali na Zemljo ali na sosednjo zvezdo.



## Prosti obhodni tir



SLIKA 5.

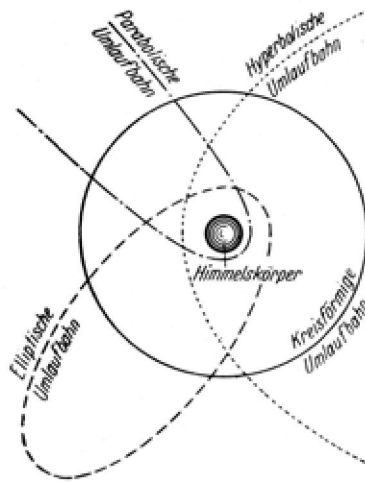
Prosti krožni obhod nekega telesa okoli Zemlje. Ker se njegova teža zaradi pri tem nastale sredobežnosti izniči, se nahaja v odnosu do Zemlje v stabilnem stanju prostega lebdenja.

FLIEHKRAFT – SREDOBEŽNOST; UMLAUFENDER KÖRPER – KROŽEČE TELO; GEWICHT – TEŽA; SIND EINANDER ENTGEGENGESETZT GLEICH – SILI STA SI ENAKI PO NASPROTUJOČEM SI DELOVANJU; ERDE – ZEMLJA; KREISFÖRMIGE FREIE UMLAUFBAHN – PROSTI KROŽNI OBHODNI TIR.

Če hočemo doseči zanesljivo, stabilno stanje breztežnosti, se moramo izogniti delovanju težnosti na drugačen način – z vztrajnostnimi silami. Dosežemo jih z ustrežno hitrostjo, če po prostem obhodnem tiru obvozimo nebesno telo, ki privlači (gravitacijsko gibanje). Pri tem nastala, vselej navzven naravnana sredobežnost je potemtakem s privlačnostjo v ravnovesju: če je gibanje krožno, samo z njo (sl. 5); če je tir druge oblike (elipsa, hiperbola, parabola), hkrati z ostalimi pri tem nastalimi vztrajnostnimi silami (sl. 6).

Na podoben način se gibajo vse lune in vsi planeti. Naša luna (Mesec), na primer, se nenehno pomika ob Zemlji s srednjo hitrostjo 1.000 m/s, a ne pade nanjo, čeprav je v njenem privlačnostnem območju, temveč prosto lebdi nad njo. Ker pa se Zemlja sama pomika s stalno hitrostjo blizu 30.000 km/s, tudi ne pade na Sonce. V tako nastali sredobežnosti

se izniči delovanje Sončeve težnosti na zemeljskem površju. V razmerju do Sonca smo »breztežni« in v »stabilnem lebdenju«, praktično »odtegnjeni« delovanju njegove privlačnosti. Kolikor manjša je razdalja, na kateri poteka kroženje, toliko močnejše je delovanje privlačne sile. Zato mora biti temu ustrezno večja nasproti delujoča sredobežnost, zaradi nje pa krožna hitrost (sredobežnost namreč narašča s kvadratom le-te). Krožna hitrost, ki na primer zadošča za razdaljo Lune od Zemlje, znaša nekih 1.000 m/s; pri telesu, ki bi krožilo bliže zemeljskemu površju, pa bi morala biti 8.000 m/s (sl. 7).

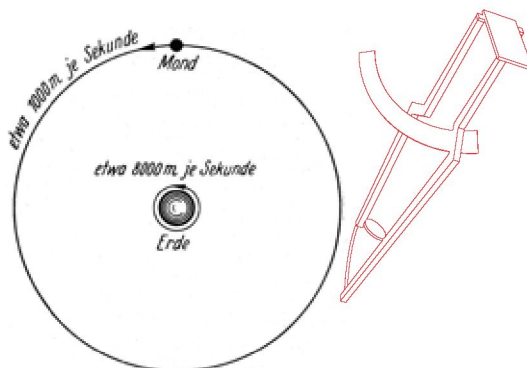


SLIKA 6.

Različni prosti obhodni tiri okrog nekega planeta. Po zakonih gravitacijskega gibanja morajo gorišče tira (pri krogu središče) vselej sovpadati s središčem mase (težiščem) krožečega telesa.

PARABOLISCHE UMLAUFBAHN – PARABOLIČNI OBHODNI TIR; HYPERBOLISCHE UMLAUFBAHN – HIPERBOLIČNI OBHODNI TIR; HIMMELSKÖRPER – NEBESNO TELO; ELLIPTISCHE UMLAUFBAHN – ELLIPTIČNI OBHODNI TIR; KREISFÖRMIGE UMLAUFBAHN – KROŽNI OBHODNI TIR.

Če bi hoteli podeliti nekemu telesu takšno hitrost in ga postaviti nasproti Zemlje v stabilno lebdenje ter ga s tem osvoboditi zemeljske teže, bi porabili okoli 3.200 ton metrov dela na kilogram njegove teže.



SLIKA 7.

Obhodna hitrost je toliko večja, kolikor bližje središču privlačnosti poteka prosto obhodno gibanje.

---

MOND – MESEC; ETWA 1000 m JE SEKUNDE – PRIBLIŽNO 1000 m/s; ETWA 8000 m JE SEKUNDE – PRIBLIŽNO 8000 m/s; ERDE – ZEMLJA.

## Manevriranje v težnostnih poljih vesolja

Zemeljski teži ali delovanju teže katerega drugega nebesnega telesa se lahko odtegnemo na dva osnovna načina: z doseganjem praktične meje težnosti in s prehodom v prosto kroženje. Kateri naj bi bil pravi, je odvisno od vsakokratnega zadanega cilja, ki ga nameravamo doseči.

Na poti v daljavo bi se med manevriranjem vesoljske ladje utegnili primeriti, da bi nebesna telesa, prek območja katerih bi tekla naša proga, obkrožili po prostih obhodnih tirih (brez kakršnegakoli pogona z dodatno silo in le z zaletom), četudi ne bi nameravali na njih pristati.

Daljšo progo bi morali torej sestaviti iz delcev teh križnih tirov (prog lebdenja), pri čemer bi morali uporabiti pogon le za prehod iz težnostnega polja ene zvezde v sosednjega.

Da bi se dlje časa zadržati na neki višini nad nekim nebesnim telesom (npr. nad Zemljo), bi se morali določen čas voziti z določeno hitrostjo po prostem, morda krožnem tiru, kajti le tako bi lahko vztrajali v stabilnem stanju lebdenja nad njim.

Pri dvigu z Zemlje ali katerega drugega nebesnega telesa bomo

skušali doseči ali praktično mejo težnosti in z njo »popolno odcepitev« (odpovemo se stabilnemu lebdenju) ali prehod na prosto obhodno pot in z njim »stabilno lebdenje« (odpovemo se popolni odcepitvi). Obstaja še ena, a za naš primer neuporabna možnost: vozilo za nekaj časa odtegnemo delovanju teže, ko pa doseže neko določeno višino, mu dovolimo, da se spusti nazaj na Zemljo (običajni met).

Dejansko vseh teh možnosti ne bomo uporabljali med sabo strogo ločeno, ampak dopolnjujoče. Pri dviganju bomo vselej potrebovali pogon. Ta znaša za ton metrov na kilogram dvigajočega se bremena; vzdigujočim telesom bodisi odvezamemo težo bodisi (kar je pravzaprav isto) podelimo neznanske, malone kozmične hitrosti 8.000–11.200 m/s, kar je približno 12-kratna hitrost topovskega izstrelka.

## Oklep zemeljskega ozračja

Za vožnjo po vesolju je poleg težnosti izredno pomemben zračni ovoj. Ima ga marsikatero nebesno telo, vsekakor pa Zemlja. Medtem ko je pri pristajanju lahko koristen, predstavlja pri dvigu ta ovoj precejšno oviro.

Višino celotnega Zemljinega zračnega ovoja so ob opazovanjih meteorskih padcev in polarnega sija ocenili na nekako 100 (morda 400) kilometrov (sl. 8).



SLIKA 8.

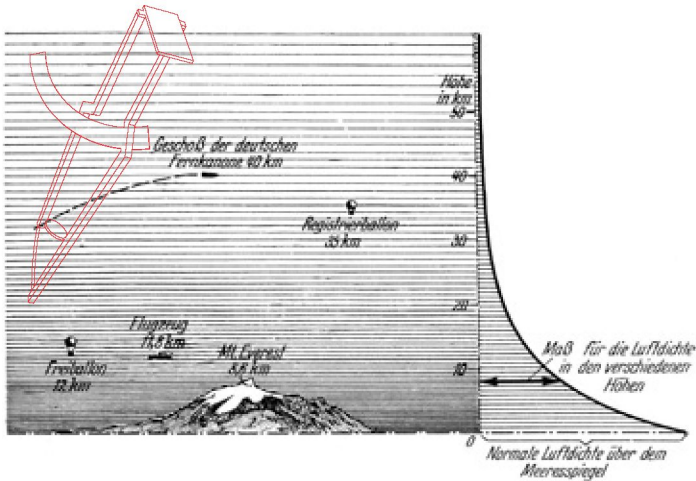
Slika prikazuje zračni ovoj s predpostavko, da sega kakšnih 400 km visoko, v pravilnem razmerju do Zemlje.

V zračnem ovoju okoli Zemlje je zgolj v najgloblji, nekaj kilometrov nad površjem ležeči plasti gostota zraka takšna, kakršno potrebujemo za obstoj življenja. Zelo hitro se redči: na višini 5 km znaša le polovico, na višini 15 km pa morda celo le šestino tiste nad morsko gladino (sl. 9).

Ta okoliščina je za vprašanje vesoljske vožnje odločilna, in to v pozitivnem smislu. Znano je, da ima vsako gibajoče se telo v zraku upor. Pri povečani hitrosti ta upor zelo hitro, v kvadratnem razmerju narašča. Pri hitrostih, primernih za vesoljske polete, pa je znotraj goste zračne plasti ob Zemlji ta upor tako velik, da ga moramo v kar največji meri upoštevati, že ko načrtujemo premagovanje težnostnega polja pri vzletu, torej tudi že pri gradnji vozila. Na vso srečo gostota zraka z naraščanjem višine upada, zato se upor vozila kmalu dosti zmanjša in ostane v znosnih mejah. Kljub temu je zračni ovoj pri dvigu velika ovira, saj kot oklep obdaja Zemljo z vseh strani. Njegov pomen za vrnitev na Zemljo bomo spoznali kasneje.

## Doslej dosežene skrajne višine

Doslej je bilo kar nekaj poskusov prodiranja v velike višine. Z letalom smo že uspeli doseči višino 11.800 m, z balonom 12.000 m, kot alpinisti (na Everest) pa 8.600 m (sl. 9). Še višje je uspelo priti balonskim sondam – gumijastim balonom, ki zmorejo prinesiti s seboj kar največ zelo lahkih merilnih naprav. Ker z naraščanjem višine zračni pritisk vedno bolj pada, se balon pri vzpenjanju vse bolj širi, dokler se končno ne razpoči. Merilne naprave se nato počasi spustijo s padalom, pri čemer samodejno beležijo pritisk, temperaturo in vlažnost zraka. S takimi balonskimi sondami je mogoče doseči višino okoli 35 km. To mejo so z višino okoli 40 km presegli izstrelki slovitih nemških topov dolgega dometa, s kakršnimi so obstreljevali Pariz. A kaj je vse to ob neznanskih višinah, ki jih moramo doseči, da bi prišli v odprto vesolje ali na druga nebesna telesa!



SLIKA 9.

Z naraščajočo višino se gostota zraka izredno hitro zmanjšuje, kar je razvidno iz krivulje, ki je začrtana na desni strani, in iz jakosti osenčenja.

HÖHE IN KM – VIŠINA V KM; REGISTRIERBALLON 35 KM – RAZISKOVALNI BALON 35 KM; GESCHOSS DER DEUTSCHEN FERNKANONE – IZSTRELEK IZ NEMŠKEGA DALJNOSTRELNEGA TOPA; FLUGZEUG 11,8 KM – LETALO 11,8 KM; FREIBALLON 12 KM – PROSTOLETEČI BALON 12 KM; MASS FÜR DIE LUFTDICHTEN IN DEN VERSCHIEDENEN HÖHEN – IZMERE GOSTOTE ZRAKA NA RAZLIČNIH VIŠINAH; NORMALE LUFTDICHTEN ÜBER DEM MEERESSPIEGEL – NORMALNA GOSTOTA ZRAKA NAD MORSKO POVRŠINO.

## Topovski strel v vesolje

Pri razmišljanju o sredstvu, s katerim bi se znebili zemeljskih spon, se zdi strel iz primerno velikega orjaškega topa kot naročen. Za premagovanje težnosti in za predrtje zračnega ovoja bi izstrellek potreboval skoraj brezmejno energijo, ki bi jo moral ponesti s seboj. Torej bi moral že pri zapuščanju zemeljskih tal imeti hitrost, ne nižjo od 12.000 m/s, saj je treba poleg dela pri vzpenjanju upoštevati še premagovanje zračnega upora.

Četudi bi današnja tehnična sredstva dovoljevala tak orjaški top in bi bilo mogoče poslati strel v vesolje (v resnici danes še nimamo pogonskega sredstva, dovolj učinkovitega za ta namen, kot je prof. H. Lorey dokazal Danzigu), izid tega poskusa ne bi odtehtal neznanske

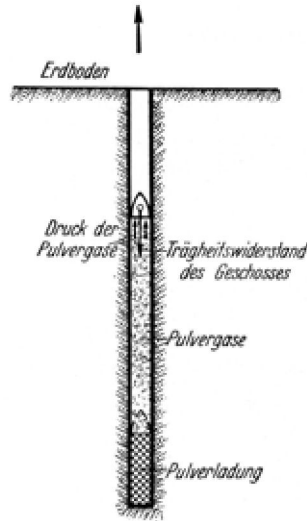
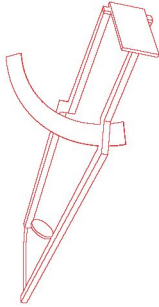
količine vložnega denarja. V najboljšem primeru bi se utegnil kak »kanonir« napihovati, češ da je prvi, ki mu je uspelo zalucati predmet z Zemlje, ali še raje, da je prvi obstreljeval Luno. Več najbrž ne bi bilo mogoče doseči: med potjo tega »vozila izstrelka« bi se vsa njegova »vsebina«, tako tovor z merilnimi instrumenti kot potujoči gostje, že v prvem trenutku združila v kašo. Le masivno jeklo bi morda preneslo silovit pritisk vztrajnosti – ta bi ob izstrelitvi delovala na vse dele izstrelka, ko bi iz stanja mirovanja malone v eni sekundi dosegel hitrost 12.000 m/s (sl. 10). Vročine, ki bi nastala kot posledica trenja v topovski cevi, zlasti zaradi drvenja skozi zrak, pa sploh nismo upoštevali.

## Povratni sunek

Topovski strel v vesolje torej ni uporaben. Energijo, potrebno za premagovanje težnosti in zračnega upora ter za nadaljnje potovanje v odprtem vesolju, mora vesoljsko vozilo dobiti drugače – s pogonsko snovjo, ki jo ponese s seboj. Potrebuje tudi pogonski motor, ki dopušča osnovno manevriranje med vožnjo po vesolju, npr. spreminjanje ali celo odvzemanje pogonske sile, spreminjanje smeri potovanja in še obračanje vozila pri domala že kozmičnih hitrostih. Vsi ti postopki ne smejo biti nevarni za potnike in opremo.

In kako vse to doseči? Kako predvsem omogočiti nadaljnje gibanje, ko pa v odprtem vesolju ni ne zraka ne teles, od katerih bi se ploveče vozilo odpravilo in dosegalo nadaljnje gibanje po kateri do danes uporabljanih metod (premikanje z nogami pri živalih in ljudeh, zamahovanje s perutmi pri pticah, poganjanje koles pri motornih vozilih, ladijski vijak, zračni vijak itd.)?

Sam od sebe se ponuja dobro znani fizikalni pojav. Kdor je kdaj ustrelil (in teh izkušenj današnji generaciji ne manjka), je (neredko na resnično neljub način) živo občutil t. i. povratni sunek. Gre za močan sunek v nasprotni smeri streljanja, ki ga zada strelcu orožje, ko se sproži. Nastane pa zaradi tega, ker smodnikovi plini pritisnejo z isto silo, s katero poženejo izstrelak, tudi na orožje in ga skušajo premakniti nazaj (sl. 11).



SLIKA 10.

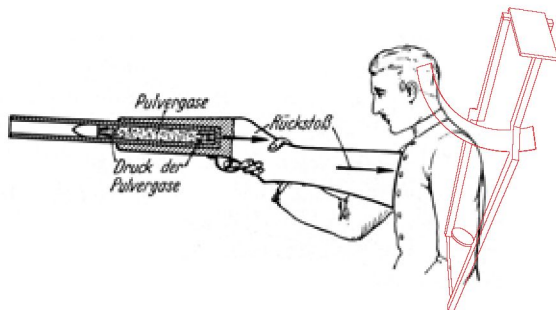
Orjaški top Julesa Verna za obstreljevanje Meseca. Izstreljek je votel in prirejen za prevoz osebja. Cev je v zemljo nameščena kot jašek.

DRUCK DER PULVERGASE – PRITISK SMODNIKOVEGA PLINA; ERDBODEN – ZEMELJSKO POVRŠJE; PULVERGASE – SMODNIKOV PLIN; PULVERLADUNG – POLNJENJE S SMODNIKOM; TRÄGHEITSWIDERSTAND DES GESCHOSSES – VZTRAJNOSTNI UPOR IZSTRELKA.

Pojav povratnega sunka lahko opazujemo tudi v vsakodnevnem življenju, čeprav največkrat ne na tako popoln način. Recimo ko z roko odrinemo premični predmet (sl. 12), začutimo v obratni smeri prav takšen sunek, kakršnega smo podelili predmetu. Močnejši je ta povratni sunek, bolj smo zaradi njega tudi sami odrinjeni. Močnejše, ko smo sunili, večja je potem tudi odzivna hitrost, ki jo prejme odsunjeno telo. Po drugi strani pa podelimo predmetom, ki smo jih sunili z enako silo, toliko večjo hitrost, kolikor manjša je njihova teža; točneje, kolikor manjša je njihova masa. In tudi sami se bomo pri tem toliko bolj odmaknili, kolikor smo lažji.

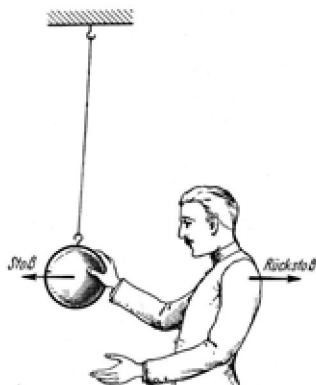
Fizikalni zakon, na katerem temelji ta pojav, se imenuje zakon o ohranitvi težišča in pove, da skupno težišče sistema teles vselej miruje, če ga premika le notranja, med telesi delujoča sila.





SLIKA 11.  
Povratni sunek ob sprožitvi kakšnega orožja.

PULVERGASE – SMODNIKOV PLIN; RÜCKSTOSS – POVRATNI SUNEK; DRUCK DER PULVERGASE – PRITISK SMODNIKOVEGA PLINA.

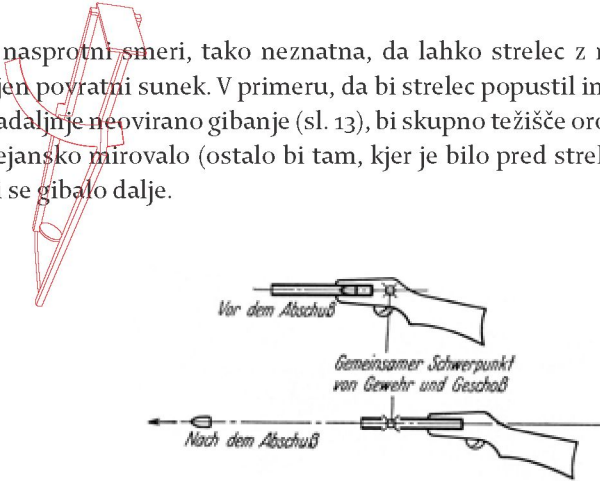


SLIKA 12.  
Kadar z roko na hitro odrinemo lahko gibljiv, masivni predmet (npr. prosto visečo železno kroglo), pri tem tudi sami začitimo znaten povratni sunek.

STOSS – SUNEK; RÜCKSTOSS – POVRATNI SUNEK.

V našem prvem primeru je pritisk smodnikovih plinov notranja sila, ki deluje med obema telesoma: izstrelkom in orožjem. Medtem ko razmeroma majhen izstreljek zaradi tega vpliva prejme hitrost nekaj sto metrov na sekundo, pa je narobe hitrost, ki jo doseže dosti težje orožje

v nasprotni smeri, tako neznatna, da lahko strelec z ramo prestreže njen povratni sunek. V primeru, da bi strelec popustil in dovolil orožju nadaljnje neovirano gibanje (sl. 13), bi skupno težišče orožja in izstrelka dejansko mirovalo (ostalo bi tam, kjer je bilo pred strelom), orožje pa bi se gibalo dalje.



SLIKA 13.

Če povratnega sunka ne prestrežemo, se orožje po sprožitvi giblje nazaj, tako da skupno težišče izstrelka in orožja miruje.

VOR DEM ABSCHUSS – PRED SPROŽITVIJO; GEMEINSAMER SCHWERPUNKT VON GEWEHR UND GESCHOSS – SKUPNO TEŽIŠČE OROŽJA IN IZSTRELKA; NACH DEM ABSCHUSS – PO SPROŽITVI.

## Vozilo na povratni sunek

In še primer, ko je orožje pritrjeno na voziček (sl. 14): če bi se sprožilo, bi se začel voziček gibati zaradi sile povratnega sunka; če bi ga sprožili večkrat, v kratkih presledkih, kot npr. pri strojnici, bi voziček pospeševal, tako da bi nazadnje premagal tudi vzpon.

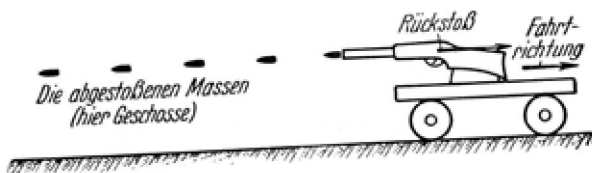
To vsekakor ne bi bilo ravno najpopolnejše vozilo s pogonom na povratni sunek.

Premo gibanje takšnega vozila nastane, ker voziček zaluča del lastne mase (v prejšnjem primeru je bil to izstrelak) v smeri, nasprotni gibanju, sam pa se pri tem odbije od zalučanega dela mase.

Sedaj je jasno, zakaj je ta pogonski način uporaben tudi, ko je vozilo v praznem prostoru, kjer ni v njegovi okolici niti zraka niti česa drugega, od česar bi se moglo odriniti. Pogon bo razvil največjo učinkovitost šele takrat, ko ne bo zunanega upora.

Pri tehničnem usposabljanju takšnega vozila si bo treba prizadevati po eni strani, da bo za doseganje določenega pogonskega učinka vozilo odpravilo kolikor mogoče malo mase, po drugi strani pa, da bo to odkrivanje potekalo na kar se da preprost, a učinkovit in zanesljiv način.

Za izpolnitev prve zahteve je predvsem potrebno, da je odzivna hitrost kolikor mogoče velika. Iz že povedanega, brez računskega dokazovanja in samo z razmislekom lahko spoznamo: s kolikor večjo hitrostjo hočemo odriniti telo, toliko večjo silo moramo za to uporabiti; po prej povedanem bo tudi sila, ki bo delovala na nas, toliko večja – to pa je povratni sunek, ki nastane prav zaradi odpravljanja te mase.

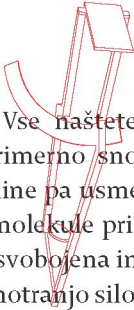


SLIKA 14.

Preprosto vozilo s pogonom na povratni sunek: voziček se giblje zaradi povratnih sunkov, ki nastajajo zaradi nepretrganega streljanja z orožjem.

DIE ABGESTOSSENEN MASEN (HIER GESCHOSSE) – ODRINJENE MASE (V NAŠEM PRIMERU IZSTRELKI);  
RÜCKSTOSS – POV RATNI SUNEK; FAHRTRICHTUNG – SMER GIBANJA.

Priporočljivo je torej, da ne odpravimo večjih delov mas v dolgih časovnih presledkih, ampak kolikor mogoče majhne mase v neprekinjenem nizu. Zakaj to pripomore k zmanjševanju potiskajoče mase, izhaja iz preračunavanj, ki pa jih tu, kljub vsemu, ne moremo navajati. Vsekakor je razumljivo, da je odpravljanje čim manjše mase v čim bolj neprekinjenem zaporedju toliko bolj pomembno, ker poteka pogon na povratni način. To bi to utegnilo škoditi vozilu in vsemu, kar je v njem, zato je praktično uporabna le takšna, nenehno delujoča pogonska sila.



## Rakete

Vse naštete pogoje najbolje izpolnimo pri masnem odzivu, kjer primerno snov, ki jo vozilo nosi s seboj, vžgemo, pri tem nastale pline pa usmerimo skozi »izpuh«. Snovi tako v kar najmanjših delcih (molekule pri gorenju nastalih plinov) povzročijo odziv, pri sežiganju osvobodjena in v plinski tlak pretvorjena energija pa pri tem poskrbi za »notranjo silo«.



SLIKA 15.

Vzdolžni prerez ognjemetne rakete. Nanjo je pritrjena palica, ki preprečuje, da bi se raketa prevrnila.

---

KUNSTSATZ – OGNJEMETNI STAVEK; TREIBSATZ – POGONSKI STAVEK; VERBRENNUNG DES TREIBSATZES – IZGOREVANJE POGONKEGA STAVKA; RÜCKSTOSS DER AUSSTRÖMENDEN VERBRENNUNGSGASE – POVRATNI SUNEK PLINOV PRI IZGOREVANJU; STAB – PALICA; AUSSTRÖMENDE VERBRENNUNGSGASE – IZTEKAJOČI PLINI, NASTALI PRI GORENJU.

Najpreprostejša izvedba takšnega vozila je ognjemetna raketa (sl. 15). Njen namen je, da izvede t. i. umetniški skok. Gre za različne predmete pri ognjemetu, ki na določeni višini zgorijo, da bi bodisi razveseljevali oko s prekrasnim ognjemetom bodisi služili za svetlobno signalizacijo (npr. pri vodenju bitke).

Premo gibanje (vzpenjanje) ognjemetu namenjene rakete povzroči smodniški naboj, ki ga nosi s seboj. Ob startu ga moramo zažgati, da potem izgoreva med počasnim vzpenjanjem, ko nastali plini uhajajo nazaj (navzdol), pri tem pa (zaradi delovanja povratnega sunka) nenehno ustvarjajo k prednjemu koncu rakete usmerjeno silo (kako, smo že opisali).

Seveda bi morala biti raketa vesoljsko vozilo bistveno drugačna kot preprosta raketa za ognjemet.

## Dosedanji reševalci problemov vožnje po vesolju

Misel, da bi utegnilo biti načelo povratnega sunka uporabno za pogon vesoljskih vozil, ni nova. Že leta 1660 je v svojih romanih Francoz Cyrano de Bergerac razpletal vsekakor fantastično pripoved o potovanjih z vesoljskimi vozili, ki so jih vzdigovale rakete. Ne dosti kasneje je znani angleški učenjak Isaac Newton na že znanstveni način opozoril na možnost, da bi se mogli s pojavom povratnega sunka pomikati tudi v brezračnem prostoru. Leta 1848 je Anglež Charles Golithly prijavil patent za letalni stroj na raketni pogon. Podobne predloge je leta 1890 v javnosti priobčil Nемеc Herman Ganswindt, nekaj let za njim pa še Rus Ciolkovski. Tudi znani francoski pisatelj Jules Verne je v eni od svojih povesti mimogrede opozori na že namensko uporabo raket za premikanje. Zamisel vesoljske ladje na raketni pogon pa je najbolj izoblikovana v romanu nemškega fizika Kurta Lasswitza.

Do resnejših znanstvenih premikov je prišlo šele v novejšem času, malone hkrati z več strani: leta 1919 je na to temo izšlo delo ameriškega profesorja dr. Roberta Goddarda; leta 1923 sledi delo saškega profesorja Hermanna Obertha iz Sedmograškega; leto 1923 prinese splošno razumljivo delo münchenskega pisatelja Maxa Valiera, leto 1925 študijo

essenskega inženirja dr. Walterja Hohmanna; leta 1926 sledijo objave dunajskega kemika dr. Franza Edlerja von Hoeffta, leta 1925 in 1927 pa spisi ruskega profesorja Ciolkovskega.

V zadnjih letih je izšlo tudi nekaj novih romanov, osnovanih na izsledkih omenjenih novejših znanstvenih del, ki obravnavajo probleme vožnje po vesolju. Med avtorji posebej izstopa Otto Willi Gail.

Še preden se spustimo v pretres različnih, doslej znanih predlogov, moramo povedati še kaj o temeljih tehnike vožnje in gradnje vesoljskih raketnih vozil.

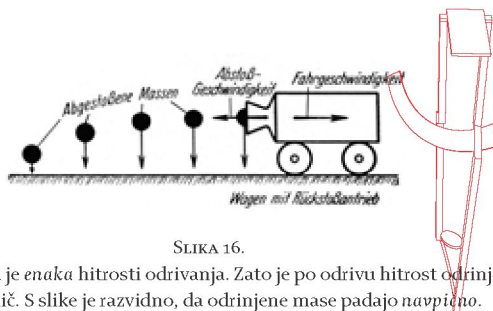
## *Potovalna hitrost in izkoristek pri raketnih vozilih*

Pri vozilih na povratni sunek je zlasti pomembno, da je potovalna hitrost na splošno že določena in je ne moremo izbrati samovoljno.

Ker pa je gibanje takšnega vozila odvisno od odzivanja delov lastne mase, mora biti ta postopek urejen tako, da po opravljenem odzivu vse mase oddajo vozilu kar največ energije; to, kar odnesejo s seboj, je namreč za vselej izgubljeno. Takšna energija ustvarja med drugim živo silo, ki je v vsakem gibajočem se telesu, v odbitih masah, ki po opravljenem odzivu v okolici (ali še bolje, glede na stanje pred odzivom) obmirujejo, pa naj je ne bi bilo več.

Torej mora biti potovalna hitrost enaka odzivni. Prav odzivna bo namreč odpravila hitrost, ki so jo imele mase kot deli vozila pred odzivom, s hitrostjo, ki jim je bila podeljena pri odzivu v nasprotni smeri (sl. 16). Zaradi odziva dosežejo ti delci relativno mirovanje in tonejo kot prosto padajoča telesa v globino.

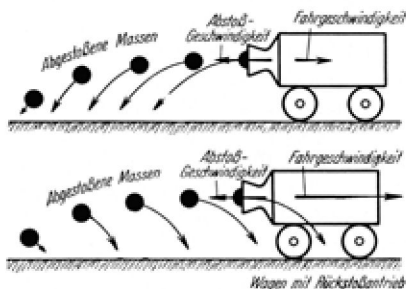
Le tako s povratnim sunkom ne izgubljammo energije, sam povratni sunek pa deluje s stoodstotnim (mehaničnim) izkoristkom (sl. 16). Če bi bila potovalna hitrost manjša ali večja od odzivne, bi bil tudi »izkoristek povratnega sunka« temu ustrezno manjši (sl. 17); ničen pa, če bi vozilo ob delujočem pogonu mirovalo.



SLIKA 16.

Hitrost pomikanja je enaka hitrosti odrivanja. Zato je po odrivu hitrost odrinjene mase enaka nič. S slike je razvidno, da odrinjene mase padajo navpično.

ABGESTOSSENE MASSEN – ODRINJENE MASE; ABSTOSS-GESCHWINDIGKEIT – ODRIVNA HITROST; FAHRGESCHWINDIGKEIT – HITROST POMIKANJA; WAGEN MIT RÜCKSTOSSANTRIEB – VOZILO S POGONOM NA POVRATNI SUNEK.



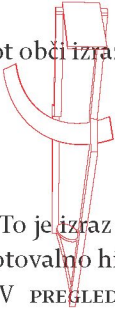
SLIKA 17.

Hitrost gibanja je manjša (zgornji prikaz) ali večja (spodnji prikaz) kot odrivna hitrost. V odrinjenih masah je po opravljenem odrivu še vedno del njihove odrivne hitrosti (zgornji prikaz) ali hitrosti gibanja (spodnji prikaz), kar moramo na sliki razbrati iz dejstva, da padajo poševno k tlom.

ABGESTOSSENE MASSEN – ODRINJENE MASE; ABSTOSS-GESCHWINDIGKEIT – ODRIVNA HITROST; FAHRGESCHWINDIGKEIT – HITROST POMIKANJA; WAGEN MIT RÜCKSTOSSANTRIEB – VOZILO S POGONOM NA POVRATNI SUNEK.

Vse skupaj najlažje preverimo z računom. In zaradi odločilnega pomena izkoristka, ki ga dobimo pri raketnem vozilu, bomo prav to tudi storiti. Če uporabimo »razmerje med dobljeno in porabljeno energijo«

kot obči izraz za izkoristek<sup>1</sup>, dobimo obrazec:



$$\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$$

To je izraz za izkoristek povratnega sunka  $\eta_r$  za vsako razmerje med potovalno hitrostjo  $v$  in odzivno hitrostjo  $c$ .

V PREGLEDNICI 1 so iz obrazca izračunani izkoristki za različne vrednosti razmerja.

Če bi bilo na primer razmerje:

$v/c = 0,1$  (potovalna hitrost je 1/10 odzivne), bi izkoristek povratnega sunka znašal samo 19 %;

$v/c = 0,5$  (potovalna hitrost je 1/2 odzivne), bi znašal že 75 %;

$v/c = 1$  (potovalna hitrost je enaka odzivni), bi bil v skladu s prejšnjim razmislekom – celo 100 %.

Pri razmerju  $v/c$ , večjem kot 1 (potovalna hitrost torej presega odzivno), bi se začel izkoristek povratnega sunka zmanjševati in bi drugič dosegel nič; pri potovalnih hitrostih, več kot 2-krat večjih kot odzivne, pa bi bil celo negativen.

Na prvi pogled gre za paradoks, saj vozilo pri odzivu pridobi na potovalni hitrosti in s tem navidezno tudi na živi sili! A nad energijsko pridobitvijo prevlada odtok energije, ki nastane pri odzivu; zaradi

1

$$\eta_r = \frac{\text{dobljena energija}}{\text{porabljen energija}} = \frac{\text{porabljen energija} - \text{izgubljena energija}}{\text{porabljen energija}}$$

$$\text{porabljen energija} = \frac{mc^2}{2}$$

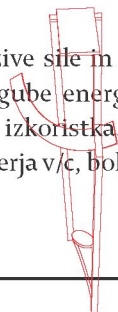
$$\text{izgubljena energija} = \frac{m(c-v)^2}{2}$$

pri tem je  $m$  opazovana odzivna masa,  $(c-v)$  pa njena hitrost po odzivu (saj ta predstavlja, tudi po že povedanem, za vozilo izgubljeno živo silo)

$$\eta_r = \frac{\frac{mc^2}{2} - \frac{m(c-v)^2}{2}}{\frac{mc^2}{2}} = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$$



velike hitrosti vsebujejo odrinjene mase mnogo žive sile in na vozilu (čeprav je njegova hitrost povečana) pride do izgube energije, ki se matematično izraža celo v negativnem predznaku izkoristka. A to ima ob izkoristkih, ki izhajajo iz velikih vrednosti razmerja  $v/c$ , bolj ali manj le teoretično vrednost.

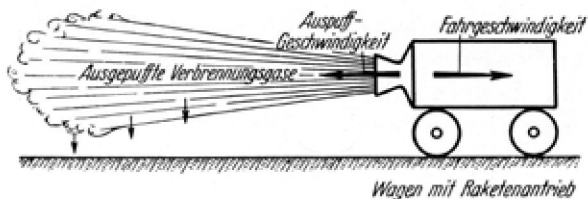


PREGLEDNICA 1.

Razmerje med potovalno hitrostjo $v$ in odrivno hitrostjo $c$	Izkoristek povratnega sunka $\eta_r$	
$\frac{v'}{c}$	$\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$	$\eta_r$ , zaokrožen na odstotek
0	0	0
0,01	0,0199	2
0,05	0,0975	10
0,1	0,19	19
0,2	0,36	36
0,5	0,75	75
0,8	0,96	96
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>100</b>
1,2	0,96	96
1,5	0,75	75
1,8	0,36	36
2	0	0
2,5	- 1,25	- 125
3	- 3	- 300
4	- 8	- 800
5	- 15	- 1500

Iz PREGLEDNICE 1 zelo jasno in razločno spoznamo, kako koristno in pomembno je, če hočemo doseči dober izkoristek pri povratnem sunku, da se potovalna hitrost kolikor mogoče približa odrivni. Pri tem določene razlike (celo do  $v = 0,5c$  ali  $v = 1,5c$ ) le niso toliko pomembne, saj je nihanje izkoristka v bližini maksimuma precej neznatno. Zategadelj lahko trdimo, da je gospodarna potovalna hitrost rakete nekako med 0,5- in 1,5-kratno vrednostjo njene odrivne hitrosti.

Če pa je to vozilo na povratni sunek, kot v našem primeru, raketa in nastaja masni odziv natovorjenih snovi prek primernih izgorevalnih in izpušnih vodov, mora biti, v skladu z nedavno spoznano zahtevo, potovalna hitrost kolikor mogoče enaka izpušni (sl. 18). Iz tega sledi, da se potovalna hitrost ravna po količini vsakokrat potrošene pogonske snovi in da je sleherni količini lastna druga, kar najbolj dosegljiva izpušna hitrost.



SLIKA 18

Pri raketnem vozilu mora biti potovalna hitrost kolikor je mogoče enaka izpušni hitrosti.

AUSGEPUFFTE VERBRENNUNGSGASE – IZPUHNJENI PLINI PRI IZGOREVANJU; AUSPUß-GESCHWINDIGKEIT – IZPUŠNA HITROST; FAHRGESCHWINDIGKEIT – HITROST GIBANJA; WAGEN MIT RAKETENANTRIEB – VOZILO NA RAKETNI POGON.

Ta temeljna zahteva tehnike vsake vožnje odločilno vpliva na uporabo raketnih vozil: odzivna hitrost bi pač morala biti, glede na prej povedano, kar se da velika. V praksi bi izkoristek zahteval izpušne hitrosti nekaj tisoč metrov na sekundo, temu primerno bi bila tudi potovalna hitrost izredno velika – tako ogromna, da je ne bi zmoglo nobeno doslej znano vozilo.

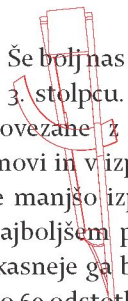
Iz PREGLEDNICE 2 jasno razberemo izkoristke za posamezne važnejše potovalne hitrosti (navedene so v 1. stolpcu) pri različnih obdobjih hitrosti.

Iz 2. stolpca, v katerem so navedeni nekateri izkoristki povratnega sunka, pa razberemo, kako malo gospodaren bi bil raketni pogon za naša dosedanja vozila, saj znaša njihova največja hitrost le nekaj sto kilometrov na uro.

PREGLEDNICA 2.



1.		2.								3.	
Potovalna hitrost		Izkoristek potovalnega sunka								Skupni izkoristek pogona vozila, če je pogonska snov benzol in tekoči kisik	
v		$\eta_r = \left(2 - \frac{v}{c}\right) \frac{v}{c}$									
		izražen v odstotkih, in sicer za naslednje odrivne hitrosti c v m/s:									
km/h	m/s	1000	2000	2500	3000	3500	4000	5000	2000	3500	
40	11	2.2	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.4	
100	28	4.6	2.8	2.2	1.8	1.6	1.4	1.2	0.6	1	
200	56	11	5.5	4.5	3.8	3.2	2.8	2.2	1.1	2	
300	83	16	8	6.5	5.5	4.7	4	3.4	1.6	3	
500	140	26	13	11	9	8	7	5.5	2.7	5	
700	200	36	19	15	13	11	10	8	4	7	
1000	300	51	28	23	19	16	14	12	6	10	
1800	500	75	44	36	31	27	23	19	9	17	
3600	1000	100	75	64	56	50	44	36	15	31	
5400	1500	75	94	84	75	67	60	51	19	42	
7200	2000	0	100	96	89	81	75	64	20	50	
9000	2500	-125	94	100	97	92	86	75	19	57	
10800	3000	-300	75	96	100	98	94	84	15	61	
12600	3500	-525	44	84	97	100	99	91	9	62	
14400	4000	-800	0	64	89	98	100	96	0	61	
18000	5000	-1500	-125	0	56	81	94	100	-25	50	
21600	6000		-300	-96	0	50	75	96	-61	31	
25200	7000		-520	-220	-77	0	44	70	-111	-40	
28800	8000		-800	-380	-175	-64	0	64	-160	-40	
36000	10000		-1500	-800	-440	-250	-125	0	-300	-160	
45000	12500			-1500	-900	-560	-350	-125		-350	



Še bolj nas to dejstvo zbode v oči pri skupnem izkoristku, navedenem v 3. stolpcu. (Dobimo ga, če upoštevamo še izgube, že tako ali tako povezane z odzivno hitrostjo, nastalo v izgorevalniku pogonske snovi in v izpušniku.) Izpeljemo lahko, da praktično dosežemo vselej le manjšo izpušno hitrost, kot bi bila pri določeni pogonski snovi v najboljšem primeru teoretično dosegljiva. Pri tem nastali izkoristek (kasneje ga bomo podrobneje obravnavali) pa se utegne povzpeti vse do 60 odstotkov. Pri benzolu, na primer, bi pri 62-odstotnem izkoristku znašala izpušna hitrost 3500 m/s, pri 20-odstotnem pa 2000 m/s, za vsakega od obeh primerov pa prinaša 3. stolpec PREGLEDNICE 2 skupni izkoristek (glede na vse povedano zdaj znaša le 62 oz. 20 % pripadajoče mu vrednosti v 2. stolpcu).

Številke nam kažejo, da je celo za potovalno hitrost nekaj sto kilometrov na sekundo skupni izkoristek še vedno tako neznamen, da se zunaj vesoljskega programa vprašanje uporabnosti raketnega pogona za katerokoli zemeljsko prometno sredstvo že zaradi gospodarnosti najbrž še dolgo ne bo pojavilo.

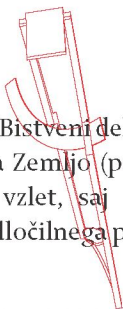
Nekaj povsem drugega so velike potovalne hitrosti. Celó pri nadzvočni hitrosti, ki ni prav velika, je izkoristek že razmeroma boljši; pri še večjih, malone kozmičnih hitrostih, ki znašajo nekaj tisoč metrov na sekundo (in celo do deset tisoč kilometrov na uro), pa je izkoristek skrajno ugoden. To kaže tudi PREGLEDNICA 2.

Posebej ugodno naključje je dejstvo, da prav pri vesoljskih vozilih, pri katerih je povratni sunek edini primeren pogonski način, visoke potovalne hitrosti niso le možne (v praznem prostoru namreč ni upora pri vožnji!), ampak so brezpogojno nujne. Kako bi bilo sicer mogoče prevoziti neznanske vesoljske razdalje v času, ki ga ima na voljo človek? Ni pa nevarnosti, da bi utegnili biti prevelika hitrost zdravju škodljiva; same hitrosti se namreč ne zavedamo, četudi je še tako velika. Kot »potujoči gostje na Zemlji« nenehno letimo okoli Sonca s hitrostjo 30.000 m/s, ne da bi jo kdajkoli občutili. S pospeški pri izseljenih spremembah hitrosti je seveda popolnoma drugače (to bomo spoznali kasneje).

PREGLEDNICA 3 omogoča, da med seboj lažje primerjamo opazovane potovalne hitrosti, kar je sicer razmeroma težko zaradi različno uporabljenih načinov označevanja (za doslej znana vozila km/h, za vesoljske polete pa m/s ali km/s).

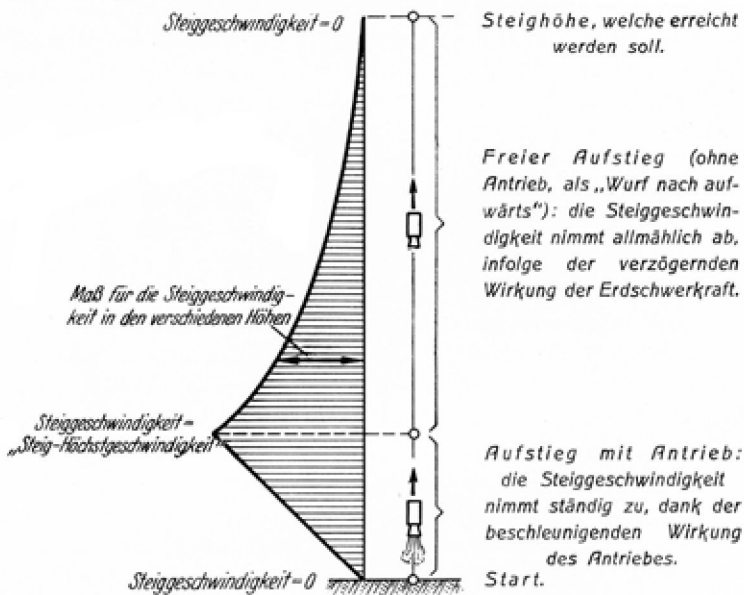
PREGLEDNICA 3.

Kilometer na uro km/h	Meter na sekundo m/s	Kilometer na sekundo km/s
5	1.39	0.00139
10	2.78	0.00278
30	8.34	0.00834
50	13.9	0.0139
70	19.5	0.0195
90	25.0	0.0250
100	27.8	0.0278
150	41.7	0.0417
200	55.6	0.0556
300	83.4	0.0834
360	100	0.1
500	139	0.139
700	195	0.195
720	200	0.2
1000	278	0.278
1080	300	0.3
1190	330	0.33
1800	500	0.5
2000	556	0.556
2520	700	0.7
3000	834	0.834
3600	1000	1
5400	1500	1.5
7200	2000	2
9000	2500	2.5
10800	3000	3
12600	3500	3.5
14400	4000	4
18000	5000	5
21600	6000	6
25200	7000	7
28800	8000	8
36000	10000	10
40300	11180	11.18
45000	12500	12.5
54000	15000	15
72000	20000	20



## Vzlet

Bistveni deli vesoljske vožnje so: vzlet, potovanje po vesolju in vrnitev na Zemljo (pristanek). Najprej bomo obravnavali najpomembnejšega – vzlet, saj zahteva izredno veliko od pogonskih možnosti in je odločilnega pomena za gradnjo celotnega vozila.



SLIKA 19.

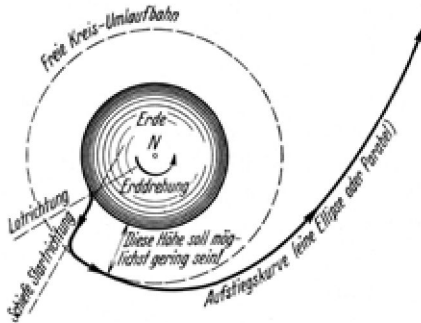
Navpični, pokončni vzlet vesoljske rakete.

STEIGGESCHWINDIGKEIT = 0 – HITROST VZPENJANJA = 0; STEIGHÖHE, WELCHE ERREICHT WERDEN SOLL – VIŠINA VZPENJANJA, KI NAJ BI JO DOSEGLI Z LETOM; FREIER AUFSTIEG (OHNE ANTRIEB, ALS “WURF NACH AUFWÄRTS”): DIE STEIGGESCHWINDIGKEIT NIMMT ALLMÄHLICH AB, INFOLGE DER VERZÖGERNDEN WIRKUNG DER ERDSCHWERKRAFT – PROSTI LET (BREZ POGONA, KOT NAVPIČNI MET): HITROST VZPENJANJA LE POLAGOMA POJENJUJE ZARADI POJEMAJOČEGA DELOVANJA ZEMELJSKE TEŽNOSTI; MASS FÜR DIE STEIGGESCHWINDIGKEIT IN DEN VERSCHIEDENEN HÖHEN – MEROLO ZA HITROST VZPENJANJA ZA RAZLIČNE VIŠINE; STEIGGESCHWINDIGKEIT = “STEIG – HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT” – HITROST VZPENJANJA = »NAJVEČJA HITROT VZPENJANJA«; AUFSTIEG MIT ANTRIEB: DIE STEIGGESCHWINDIGKEIT NIMMT STÄNDIG ZU, DANK DER BESCHLEUNIGENDEN WIRKUNG DES ANTRIEBES – VZLET S POGONOM: HITROST VZPENJANJA NENEHOMA NARAŠČA ZARADI POSPEŠUJOČEGA DELOVANJA POGONA; START – VZLET.

Glede izpeljave gibanja v vesoljskih težnostnih poljih imamo že od vsega začetka v mislih dve temeljni možnosti: »pokončni vzlet« in »položni vzlet«.

Pri pokončnem vzletu se vozilo dviga bolj ali manj navpično. Zaradi gonilne sile povratnega sunka hitrost vzpenjanja najprej raste, začeniš pri nič (sl. 19), dokler ni tako velika, da se pogon izključi (takrat jo bomo imenovali »največja hitrost vzpenjanja«), nadaljnji vzlet do nameravane višine pa poteka samo še zaradi delovanja žive sile, ki se je, kot pri »navpičnem mestu«, nakopičila v vozilu.

Pri položnem vzletu se vozilo ne vzpenja navpično, ampak bolj ali manj poševno. Pri tem ni tako pomembna dosežena višina, kot dosežena vodoravna hitrost, ki jo bo vozilo povečevalo, dokler ne bo doseglo obhodne hitrosti, potrebne za prosto lebdenje, z njo vred pa tudi »stabilno lebdenje« (sl. 5 in 20). Bolj natančno bomo ta način vzleta spoznali kasneje.



SLIKA 20.

Položni vzlet vesoljske rakete. Za vzlet porabljena energija je v tem primeru najmanjša.

FREIE KREIS-UMLAUFBAHN – PROSTI KROŽNI OBHODNI TIR; ERDE – ZEMLJA; ERDDREHUNG – VRTENJE ZEMLJE; LOTRICHTUNG – NAVPIČNA SMER; SCHIEFE STARTRICHTUNG – POŠEVNA ZAČETNA SMER; DIESE HÖHE SOLL MÖGLICHT GERING SEIN! – TA VIŠINA NAJ BO KAR NAJMANJŠA!; AUFSTIEGSKURVE (EINE ELLIPSE ODER PARABEL) – KRIVULJA VZPONA (ELIPSA ALI PARABOLA).

Zdaj raziščimo vprašanje izkoristka med vzletom. Kot lahko vselej izvedemo vzlet, lahko tudi postopno dosežemo končno hitrost – potovalna (vzpenjalna) hitrost bo spočetka manjša, kasneje (nad višino za končno hitrost) pa bo večja od odzivne. V skladu z njo se mora med dvigovanjem tudi izkoristek povratnega sunka spreminjati s pogonom, saj je že po naših prejšnjih ugotovitvah odvisen od vsakokratnega razmerja med velikostjo potovalne in odzivne hitrosti (gl. PREGLEDNICO 1, str. 64). Izkoristek bo zatorej najprej majhen, z naraščanjem hitrosti dvigovanja pa se bo večal, dokler ne bo dosegel maksimuma (če je končna hitrost, ki jo je treba doseči, dovolj velika) in nato začel upadati.

Če si hočemo v teh okoliščinah ustvariti sliko o stopnji izkoristka, moramo upoštevati »srednji izkoristek povratnega sunka«, ki nastane med delovanjem pogona. Zlahka spoznamo, da bo ta po eni strani odvisen od odzivne hitrosti  $c$ , ki jo bomo v vsej pogonski periodi obravnavali kot konstantno, po drugi strani pa od končne hitrosti  $v$ , ki jo dosežemo na koncu pogonske periode.

Pojasnilo nam daje obrazec<sup>2</sup>:

$$\eta_{\text{rm}} = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{e^{\frac{v}{c}} - 1}$$

Z njim smo naredili PREGLEDNICO 4. V njej je prikazan srednji izkoristek povratnega sunka iz razmerja med končno hitrostjo  $v$  in odzivno hitrostjo, ki prevladuje med pogonsko fazo, torej  $v/c$ . V pogonski

2

$$\begin{aligned} \text{Srednji izkoristek povratnega sunka } \eta_{\text{rm}} &= \frac{\text{dobljena energija}}{\text{porabljena energija}} \\ &= \frac{\text{živa sila končne mase } M \text{ pri končni hitrosti } v}{\text{živa sila odzivne mase } (M_0 - M) \text{ pri odzivni hitrosti } c} \end{aligned}$$

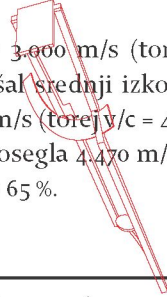
$$\text{torej: } \eta_{\text{rm}} = \frac{\frac{Mv^2}{2}}{\frac{(M_0 - M)c^2}{2}}$$

Iz česar sledi z  $M_0 = Me^{\frac{v}{c}}$  (glej stran 81):

$$\eta_{\text{rm}} = \frac{Mv^2}{\left(Me^{\frac{v}{c}} - M\right)c^2} = \frac{\left(\frac{v}{c}\right)^2}{e^{\frac{v}{c}} - 1}$$



fazi, pri kateri znaša dosežena končna hitrost v 3.000 m/s (torej  $v/c = 1$ ) in pri odzivni hitrosti  $c = 3.000$  m/s, bi znašal srednji izkoristek povratnega sunka 58 %; pri končni hitrosti 12.000 m/s (torej  $v/c = 4$ ) 30 % itn. V pogonski fazi, v kateri bi končna hitrost v dosegla 4.470 m/s, bi v ugodnih okoliščinah, tj. pri  $v/c = 1,59$ , dosegel celo 65 %.



PREGLEDNICA 4.

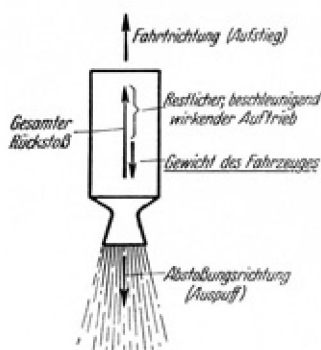
Razmerje med končno hitrostjo $v'$ in odzivno hitrostjo $c$ :	Srednji izkoristek povratnega sunka $\eta_{rm}$ med fazo pospeševanja	
	$\eta_{rm} = \frac{\left(\frac{v'}{c}\right)^2}{e^{\frac{v'}{c}} - 1}$	$\eta_{rm} \%$
0	0	0
0.2	0.18	18
0.6	0.44	44
1	0.58	58
1.2	0.62	62
1.4	0.64	64
<b>1.59</b>	<b>0.65</b>	<b>65</b>
1.8	0.64	64
2	0.63	63
2.2	0.61	61
2.6	0.54	54
3	0.47	47
4	0.30	30
5	0.17	17
6	0.09	9
7	0.04	4

Vsekakor spoznamo, da je izkoristek med vzletom še vedno ugoden, kljub nihanju razmerja  $v/c$  med potovalno in odzivno hitrostjo.

Poleg tega, v vsakem pogledu zanimivega problema izkoristka obstaja še eno, za vzlet odločilno vprašanje. Takoj po opravljenem startu, potem ko se bo ločilo od opore (trdne podlage, obešala, vodne gladine, startnega balona), bo vozilo odvisno le še od lastnega pogona (sl. 21), kar pa je – skladno z naravo povratnega sunka – povezano s porabo

dela, torej s porabo pogonskih snovi. Potrebna količina pogonskih snovi se bo torej povečala za dodatno, ne nepomembno količino in to se bo nadaljevalo, vse dokler ne bo vozilo doseglo največje hitrosti vzpenjanja (pri pokončnem vzletu) ali največje vodoravne obhodne hitrosti (pri položnem vzletu). Kolikor prej bo največjo hitrost doseglo, toliko krajši bo čas, med katerim je treba vozilo poganjati, in toliko manjša bo hkrati tudi poraba pogonske snovi.

Prav zato si moramo prizadevati, da pri vzletu kar najhitreje dosežemo veliko hitrost.



SLIKA 21.

Dokler je med vzpenjanjem pod vozilom potreben pogon (podpora), se s težo motorja zmanjšuje sama goneča sila.

---

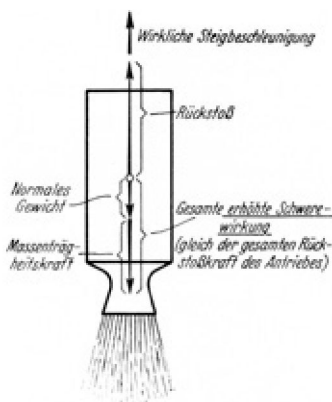
FAHRTRICHTUNG (AUFSTIEG) – SMER PREMIKANJA (VZPENJANJE); GESAMTER RÜCKSTOSS – CELOKUPNI POVRATNI SUNEK; RESTLICHER, BESCHLEUNIGENDWIRKENDER AUFTRIEB – PREOSTALI POGON, KI DELUJE POSPEŠEVALNO; GEWICHT DES FAHRZEUGES – TEŽA VOZILA; ABSTOSSUNGRICHTUNG (AUSPUFF) – SMER ODRIVANJA (IZPUHA).

Pri vesoljskih ladjah, primernih za prevoz človeka, pa se kaj kmalu pojavi neka omejitev. Pri prirastku hitrosti, tako tistim, doseženim s prosto igro masnih delcev, kot vsiljenim (v primeru našega pogona), ima pospeševanje vselej za posledico osvobajanje masnih delcev – to pa pomeni za vozilo povečanje teže pri vzletu (sl. 22). Da pospeševanje ne bi škodovalo zdravju potnikov, ne sme prekoračiti določene mere. Primerjalne študije, ki sta jih opravila tako Oberth kot Hohmann,

pa tudi dosednji poskusi pri letalstvu (npr. vijačni leti) dopuščajo domnevo, da je pri navpičnem vzletu še dopusten navpični pospešek  $30 \text{ m/s}^2$ .

Učinek težnosti, ki bi ga prestajala vozilo in njegova vsebina med delovanjem pogona, bi bil štirikrat večji od običajnega zemeljskega – z drugimi besedami: noge bi nosile štirikratno težo telesa.

Prav zato bi smela faza vzleta trajati le nekaj minut, potniki pa bi jo morali preležati (Oberth predlaga, da v visečih mrežah).



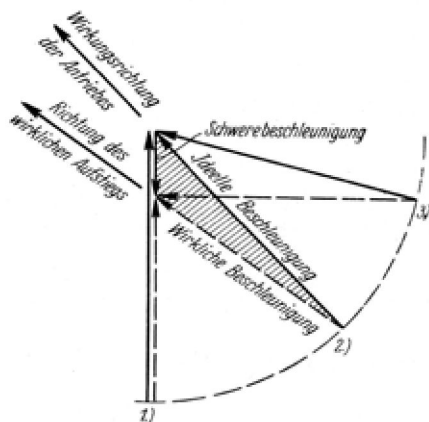
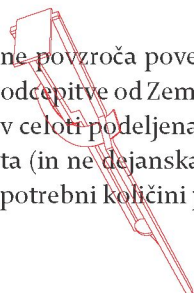
SLIKA 22.

Med trajanjem pogona se zaradi povzročene pospeševanja (prirastka hitrosti) prebudijo vztrajnostne sile, ki se na vozilu izražajo kot povečanje teže.

WIRKLICHE STEIGBESCHLEUNIGUNG – DEJANSKI POSPEŠEK PRI VZPENJANJU; RÜCKSTOSS – POVRATNI SUNEK; NORMALES GEWICHT – NORMALNA TEŽA; MASSENTRÄGHEITSKRAFT – VZTRAJNOST MASE; GESAMTE ERHÖHTE SCHWEREWIRKUNG (GLEICH DER GESAMTEN RÜCKSTOSSKRAFT DES ANTRIEBES) – CELOKUPNO POVEČANO DELOVANJE TEŽE (ENAKO CELOKUPNI MOČI POVRATNEGA SUNKGA POGONA).

Ob upoštevanju teh omejitev glede pospeška bi bilo možno pri navpičnem vzletu vesoljske ladje z moštvo doseči največjo hitrost vzpenjanja, potrebno za popolno odcepitev od Zemlje, nekako na višini 1.600 km. Hitrost bi znašala nekje 10.000 m/s, dosegli pa bi jo v nekaj več kot 5 minutah. Enako dolgo bi moral delovati tudi pogon. Glede na že povedano bi bilo treba v tem času poganjati vozilo in hkrati premagovati upor zemeljskega zračnega ovoja. Ker ne eno ne drugo

ne povzroča povečane porabe dela, bi bila za vzlet in vse do popolne odcepitve od Zemlje celotna poraba dela tako velika, kot če bi bila vozilu v celoti podeljena idealna največja hitrost, torej kakih 13.000 m/s. Prav ta (in ne dejanska največja hitrost vzpenjanja) v tem primeru odloča o potrebni količini pogonske snovi.



SLIKA 23.

Mnogokratnik pospeševanja za 1. navpično, 2. poševno in 3. vodoravno vzpenjanje. Zelo razločno vidimo, da je kljub nespremenjenemu idealnemu pospeševanju (jakosti pogona), dejanski pospešek od 1. do 3. vedno večji. (Mnogokotnik za 2. smo označili šrafrano.)

WIRKUNGSRICHTUNG DER ANTRIEBES – SMER DELOVANJA POGONA; RICHTUNG DES WIRKLICHEN AUFSTIEGS – SMER DEJANSKEGA VZPENJANJA; SCHWEREBESCHLEUNIGUNG – TEŽNOSTNO POSPEŠEVANJE; IDEELE BESCHLEUNIGUNG – IDEALNO POSPEŠEVANJE; WIRKLICHE BESCHLEUNIGUNG – DEJANSKO POSPEŠEVANJE.

Še bolje je, če vzlet ne poteka navpično, ampak v poševni krivulji. Še zlasti, če si ob tem prizadevamo doseči prosto obhodno gibanje tako blizu zemeljskega površja (morda 60–100 km nad morsko gladino), kolikor ga še dovoljuje zračni upor; »položni vzlet« (sl. 20), tj. želeno višino ali pa največjo hitrost, potrebno za popolno odcepitev od Zemlje, pa skušamo doseči šele potem – s povečevanjem obhodne hitrosti.

Prednost poševnega vzleta je, da zemeljska teža ne nasprotuje z vso silo pogonu (sl. 23), zato pride do velikega dejanskega pospeška, in to pri enakem idealnem pospeševanju (enakem pogonu), kar je, upoštevajoč že povedano, iz zdravstvenih razlogov omejeno. Prav zato tudi prej dosežemo potrebno hitrost za dvig.

Maksimalno hiter prehod v prosto obhodno gibanje omogoči vozilu, da se zelo hitro (zaradi sredobežnosti, ki pri tem nastane) odtegne zemeljski težnosti. Obe okoliščini skrajšata čas, ko mora vozilo nositi pogon, kar pomeni prihranek energije. Zato znaša po Oberthu za popolno odcepitev od Zemlje idealna največja hitrost, ki jo pri vzletu podelimo vozilu, le kakih 12.000 m/s. Če vzamemo za idealno največjo hitrost 12.500 m/s, pa se po piščevem mnenju utegnemo še najbolj približati dejansko praktično dosegljivi hitrosti.

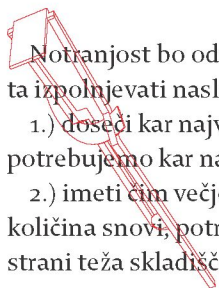
Dviganje, kakršnokoli pač je, vsekakor zahteva močno pospeševanje, zato rej doseže vozilo potrebno hitrost že na višini nekaj kilometrov.

V nizkih zračnih plasteh blizu Zemlje je posledica tega dejstva v prvem delu leta resnično neugodno velik zračni upor – posebej za raketo brez moštva; ker pa v tem primeru odpadejo zdravstvene ovire, je lahko pospešek pri vzletu dosti večji, kot pa pri vozilih s posadko. Če bi se hoteli izogniti nevšečnemu zračnemu upor, bi morali startno mesto predstaviti na kolikor mogoče visoko ležečo točko, npr. na startni balon, na drugo zračno vozilo ali na primerno visoko goro. Pri velikih vesoljskih ladjah pride zaradi njihove teže v poštev le zadnja možnost.

## Splošno o gradnji vesoljske rakete

Zahteve do vozila se bodo morale skladati z nameni in s cilji, ki se razlikujejo od potovanja do potovanja. Tudi pri vesoljskih ladjah bo treba, kot pri doslej znanih prometnih sredstvih, gradnjo prilagoditi vsakokratnim posebnostim potovanja. Vsekakor bodo imele vse ladje tako skupne stalnice, ki določajo gradnjo, kot tudi podobo.

Vnanjost bo morala biti podobna izstrelku, saj je ta oblika najprimernejša za premagovanje zračnega upora pri velikih hitrostih, doseženih že znotraj ozračja (doslej smo jo imenovali izstrelitvena hitrost).



Notranjost bo odvisna od uporabljene pogonske snovi, zato mora le-ta izpolnjevati naslednje zahteve:

- 1.) doseči kar največjo izpušno hitrost, saj smo že spoznali, da potrebujemo kar največjo potisno hitrost pospešenih mas;
- 2.) imeti čim večjo gostoto (specifično težo), saj se tako zmanjša količina snovi, potrebne za prevoz, posledično se zmanjša po eni strani teža skladišča, po drugi strani izguba, ki nastane zaradi zračnega upora;
- 3.) imeti kar najprimernejši način sežiga, pri katerem bi nastajala kolikor toliko stalna pogonska sila;
- 4.) povzročati čim manj nevšečnosti pri ravnanju z njo.

Podobno kot pri ognjemetnih raketah se tem pogojem še najbolj približa uporaba kateregakoli smodnika ali sorodnih sredstev, torej uporaba trdne pogonske snovi. Na enak način bi bilo možno izdelati tudi naprave za druge namene, še posebej na področju vojne tehnike. (O tem bo podrobneje tekla beseda kasneje.)

Za nadaljnji razvoj vožnje po vesolju, zlasti v primeru človeške posadke, utegne biti najbolj zanimiva uporaba tekoče pogonske snovi, navkljub spremljajočim tehničnim nevšečnostim. (To bomo kasneje še podrobneje razložili.)

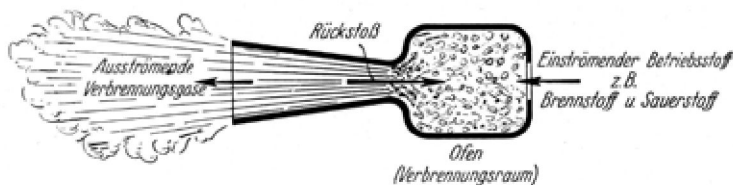
Najvažnejši deli vesoljske ladje na tekočo pogonsko snov so: pogonska naprava, skladišče za pogonsko snov, prostor za potnike in sredstva za pristajanje.

Pogonski motor je gonilna naprava vesoljske ladje. Ustvarja povratni sunek, saj v pogonsko snov nakopičeno energijo spreminja v pogonsko delo. Pogonska snov mora biti zato natovorjena tako, da jo je mogoče tudi sežgati in izpuhteti navzven. Ponujata se dve načelni možnosti:

- 1.) V sežigalnem prostoru je vseskozi enaka tlačna napetost. Ker je treba pogonsko snov vbrizgniti v sežigalni motor tako, da ta tlak premagamo, bomo na tak način delujoče motorje imenovali »enakotlačni raketni motorji«.
- 2.) V zgorevalni prostor v naglem zaporedju sproti dovajamo pogonsko snov, le-ta v njem eksplodira, zato se tudi v celoti izpuhne. Ker lahko pogonsko snov dovajamo brez prednapona, bomo imenovali te motorje »eksplozijski raketni motorji«.

Glavni deli enakotlačnega raketnega motorja so: sežigalni prostor, imenovan tudi »peč«, in nanj priključene »šobe« (sl. 24), katerih število določa potreba.

Motor deluje takole: pogonsko snov (gorivo in kisik) vnesemo v pravilnih okoliščinah in pod primernim pritiskom v peč, kjer se sežge. V njej kemično vezana energija se med sežigom spremeni v toploto. Temperatura se pri tem zviša in spremeni v tlačno napetost v peči nastalih in zaprtih plinov. Ti zaradi tlaka drvijo skozi šobo, pri tem pa dosejajo hitrost, ki smo jo že prej imenovali »izpušna hitrost«. Zaradi pospeška, povezanega s to dodelitvijo hitrosti plinskim molekulam, nastopi nasproti delujoča sila vztrajnosti mase (protisunek, kot pri odrajanju predmeta!<sup>3</sup>). Njun seštevek daje silo »povratnega sunka« (sl. 24), ki naj bi potisnil vozilo naprej (kako, smo že opisali<sup>4</sup>). Tako bomo iz energije, kemično vezane v pogonski snovi, preko toplote, tlaka in pospeška dobili pogonsko delo.



SLIKA 24.

Prostor za izogrevanje ali peč in šobe so pglavilni sestavni deli enakotlačnega raketnega motorja.

AUSSTRÖMENDE VERBRENNUNGSGASE – NA PROSTO DRVEČI PLINI OB IZGOREVANJU; RÜCKSTOSS – POV RATNI SUNEK; EINSTRÖMENDER BETRIEBSTOFF, Z. B. BRENNSTOFF U. SAUERSTOFF – VBRIZGANA POGONSKA SNOV, NPR. GORIVO IN KISIK; OFEN (VERBRENNUNGSRAUM) – PEČ (PROSTOR ZA IZGOREVANJE).

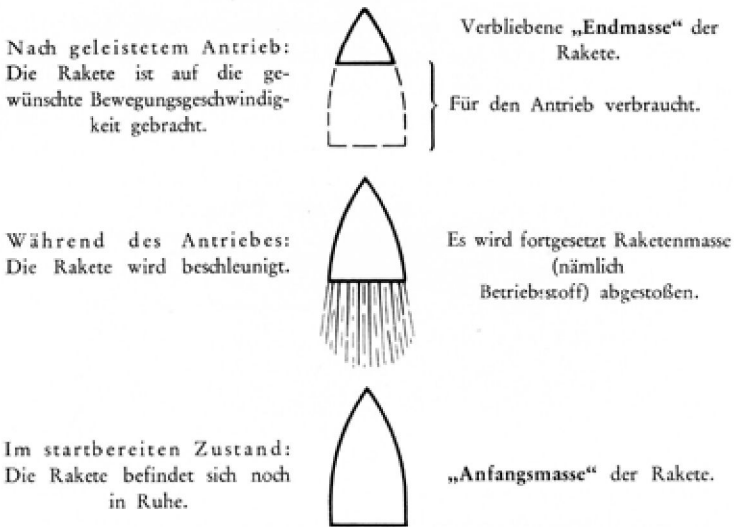
Da bo proces nemoteno potekal, mora v peč pritekati vedno novo gorivo (kot že rečeno) pod določenim stalnim pritiskom. Take okoliščine bi bilo treba vzpostaviti že v skladišču, torej bi morale biti stene skladišča dovolj debele – to pa bi pri večjih skladiščih povzročalo

3 Gl. str. 56 in 57, sl. 12.

4 Gl. str. 58.

nevšečnosti. Imeti bi morali še tlačilke, s katerimi bi v pogonskih tekočinah ustvarili primeren tlak. Zelo uporabna bi bila tudi izparilnik in razpršilnik ali podobne naprave, s katerimi bi pogonske snovi spravili v obliko, najprimernejšo za sežig. Koneckoncev bi bilo treba poskrbeti tudi za hlajenje peči in šob, za regulacijo itd.

Celotno uravnavanje je v marsičem podobno postopkom pri enakotlačni plinski turbini. In kot pri njej se pojavi vprašanje primernege, na visoke temperature odpornege materiala ter šob, odpade pa sicer zelo zahtevno vprašanje pravšnjih kompresorjev.



SLIKA 25.

IM STARTBEREITEN ZUSTAND: DIE RAKETE BEFINDET SICH NOCH IN RUHE – STANJE OB ZAČETKU: RAKETA ŠE MIRUJE.; „ANFANGSMASSE“ DER RAKETE – »ZAČETNA MASA« RAKETE.

WÄHREND DES ANTRIEBES: DIE RAKETE WIRD BESCHLEUNIGT – MED POGONOM: RAKETA JE POSPEŠENA.; ES WIRD FORGESETZT RAKETENMASSE (NÄMLICH BETRIEBSTOFF) ABGESTOSSEN – MASA RAKETE SE ŠE NAPREJ ODRIVA (POGONSKA SNOV, NAMREČ).

NACH GELEISTETEM ANTRIEB: DIE RAKETE IST AUF DIE GEWÜNSCHTE BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEIT GEBRACHT – PO OPRAVLJENEM POGONU: RAKETA JE DOSEGLA ZAŽELENO HITROST.; VERBLIEBENE „ENDMASSE“ DER RAKETE – PREOSTALA KONČNA MASA RAKETE.; FÜR DEN ANTRIEB VERBRAUCHT – PORABLJENO ZA POGON.



Eksplozivni raketni motor je s svojim prilagojenim turbinskim načinom v marsičem podoben izgorevalni (eksplozijski) plinski turbini. In kot pri njej si je treba prednost lažjega delovanja pogonske snovi pridobiti s slabšim toplotnim izkoristkom in z zapletenejšo izvedbo.

Kateri konstrukcijski način bo dejansko v prednosti, bo pokazal šele razvoj raketnih motorjev. Po vsej verjetnosti bo delno odvisen od vsakokratnega namena.

Za motor, uporaben tudi v popolnoma praznem prostoru, pa vse to ni dovolj. Ker moramo v vesolje ponesti tudi potrebno količino energije v obliki pogonske snovi, smo pred odločilnim vprašanjem o načinu gradnje skladišča za pogonske snovi.

Kolikšna bo končna količina s seboj vzete pogonske snovi? Vemo, da pogon v raketnem motorju nastane tako, da motor odriva del lastne mase (v našem primeru pogonske snovi v plinskem stanju). Ko bo pogon že nekaj časa deloval, se bo začetna masa vozila (tj. njegova celokupna masa v startnem položaju) zmanjšala za (za odrivanje) porabljeno količino pogonskih snovi itn., vse do končne mase (sl. 25). Ta torej predstavlja skupno težo, ki jo je treba prenašati s porabljeno množino pogonske snovi, sestavljena pa je iz koristnega tovora, vozila samega in preostanka pogonskih snovi.

Zdaj nastane vprašanje (sl. 26): Kolikšna mora biti začetna masa  $M_0$ , če naj bi pri nespremenjeni izpušni hitrosti  $c$  nastalo gibanje določene končne mase  $M$ ?

Odgovor prinaša raketna enačba:

$$M_0 = 2,72^{\frac{v}{c}} M$$

Iz nje si izračunamo začetno maso  $M_0$  vesoljske rakete, ki bi ji postopoma podeljevali že prej omenjeno<sup>5</sup> idealno največjo hitrost dviganja 12.500 m/s, potrebno za popolno odcepitev od Zemlje:

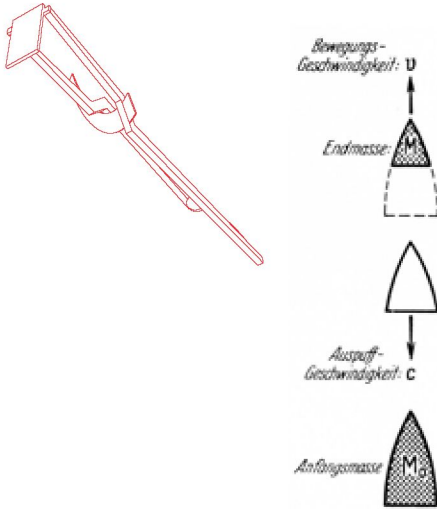
$$M_0 = 520 M, \quad \text{pri } c = 2.000 \text{ m/s}$$

$$M_0 = 64 M, \quad \text{pri } c = 3.000 \text{ m/s}$$

$$M_0 = 23 M, \quad \text{pri } c = 4.000 \text{ m/s}$$

$$M_0 = 12 M, \quad \text{pri } c = 5.000 \text{ m/s}$$

<sup>5</sup> Gl. str. 77.



SLIKA 26.

ANFANGSMASSE – ZAČETNA MASA; AUSPUFFGESCHWINDIGKEIT – IZPUŠNA HITROST; ENDMASSE – KONČNA MASA; BEWEGUNGSGESCHWINDIGKEIT – HITROST GIBANJA.

Lahko bi celo trdili, da v primeru, ko znaša izpušna hitrost  $c$  3000 m/s, tehta vozilo z vso za pogon potrebno pogonsko snovjo 64-krat toliko kot potem, ko jo porabi. Potemtakem mora imeti skladišče zmogljivost, da sprejme množino pogonske snovi, katere teža je 63-krat večja od prazne vesoljske rakete z uporabnim bremenom vred. Drugače povedano: množina pogonske snovi predstavlja 98,5 odstotka skupne teže za vzlet pripravljene rakete.

Če bi izpušna hitrost znašala 4.000 m/s, bi torej zadostovala že 22-kratna masa pogonskih snovi. In samo 21-kratna, če bi bilo mogoče izpušna hitrost povečati na 5.000 m/s. Na delež pogonskih snovi torej odpade v prvem primeru 96 % in v drugem 92 % skupne teže vozila, pripravljenega na vzlet. Iz teh številk zlahka razberemo že toliko poudarjeni izjemni pomen kar se da velike odzivne (izpušne) hitrosti. (Ta je tudi posledica praktične energijske vrednosti uporabljene pogonske snovi!)

Izračunano količino pogonske snovi bi lahko ponesla s sabo samo

vesoljska raketa, ki bi dosegla največjo potrebno hitrost vzpenjanja pri popolni odcepitvi od Zemlje. Bistveno boljše »razmerje mas« (razmerje med začetno in končno maso rakete  $M_0/M$ ) dobimo iz različnih virov (v nadaljevanju obrazloženih) izvedb, pri katerih zadostuje že manjša največja hitrost. Tako se pri zmogljivosti vozila ne bi več pojavljale načelne tehnične ovire glede prevoza pogonske snovi in primerne tehnične izvedbe skladišča.

Vesoljska raketa, ki bi na primer pri izpušni hitrosti  $c = 3.000$  m/s dosegla končno hitrost  $v = 4.200$  m/s, bi morala imeti po raketni enačbi razmerje mas  $M_0/M = 4$ . To pomeni, da bi morala biti sposobna sprejeti količino pogonskih snovi, ki bi znašala 75 % njene teže pri vzletu. To je nedvomno tehnično izvedljivo.

Vsekakor bi, čeprav ne brez težav, zgradili tudi vesoljsko raketo z nosilnostjo za popolno odcepitev od Zemlje potrebne količine pogonske snovi (kot že rečeno, bi pri izpušni hitrosti  $c = 3.000$  m/s znašala 98,5 % celotne teže pri vzletu). Uporabili bi pač pripravno zvižaco, s katero se izognemo omenjenim nevšečnostim pri gradnji: t. i. stopenjsko načelo, ki sta ga kot temeljno načelo drug od drugega neodvisno spoznala Oberth in Goddard.

Gre za to, da se odpravimo načinu, s katerim z eno raketo dosežemo želeno končno hitrost. Le-to raje razdelimo na več enot (stopenj), pri katerih predstavlja zadnja raketa vselej breme predzadnje. Vzemimo za primer 3-stopenjsko vesoljsko raketo. Sestavljena je iz treh delnih raket: delne rakete 3, ki je najmanjša in nosi končni koristni tovor, hkrati pa je del tovora delne rakete 2, ki je spet (skupaj z delno raketo 3 in njenim koristnim tovorom) breme delne rakete 1. Pri vzletu deluje samo delna raketa 1. Brž ko se iztroši, se njeno izpraznjeno telo odcepi in delo prevzame delna raketa 2. Ko je tudi ta konec, zaostane, delovati pa začne delna raketa 3. Ta deluje, dokler ne doseže zaželeno končno hitrosti. Raketa 3 in njen tovor dosežeta cilj.

Ker se končne hitrosti delnih raket seštevajo, mora vsaka od njih doprinesiti le  $1/3$  celotne zahtevane končne hitrosti. Pri 3-stopenjski raketi, ki naj bi dosegla za popolno odcepitev od Zemlje potrebno najvišjo hitrost dviganja 12.500 m/s, bi na vsako od treh delnih raket odpadla hitrost kakšnih 4.200 m/s. Spomnimo se tudi izračuna, da zadostuje pri izpušni hitrosti  $c = 3.000$  m/s tehnično nedvomno

izvedljiva kapaciteta skladiščenja pogonskih snovi 75 % skupne mase (masno razmerje  $M^0/M = 4$ ). Ker so posamezne delne rakete izvedljive, ne dvomimo o možnosti izdelave sestavljene rakete.

Iz previdnosti raziščimo še absolutne vrednosti raketnih mas ali tež, ki izhajajo iz omenjenega primera. Denimo, da dvignemo z Zemlje 10 ton uporabnega tovora; posamezne delne rakete bi morale biti zgrajene tako, da bi njihova teža brez tovora znašala prav toliko, kolikor bi od njih zahteval tovor. Teže raket, izražene v tonah, bi bile:

delne rakete	breme	lastna teža	končna teža M	začetna teža $M_0$
<b>3</b>	<b>10</b>	10	$10 + 10 = 20$	$4 \times 20 = 80$
<b>2 + 3</b>	80	80	$80 + 80 = 160$	$4 \times 160 = 640$
<b>1 + 2 + 3</b>	640	640	$640 + 640 = 1280$	$4 \times 1280 = \mathbf{5120}$

Začetna teža iz treh stopenj sestavljene vesoljske rakete bi torej znašala 5.120 ton. To vsekakor ne bi smelo ustrašiti tehnika, sposobnega graditi 50.000-tonske čezoceanske parnike.

S stopenjskim načelom bi bilo torej možno vsaj teoretično doseči poljubno končno hitrost. Četudi bi se v praksi pojavile določene omejitve, predvsem glede absolutne velikosti začetne teže, stopenjsko načelo neovrgljivo dokazuje, da bi bilo načelno možno zgraditi primerno raketo za odcepitev od Zemlje z že danes uporabljanimi sredstvi.

Seveda nikakor ne trdimo, da je pojasnjeno stopenjsko načelo že idealna konstrukcijska rešitev vesoljske rakete (pripelje nas do povečanja mrtvega bremena, kar poveča tudi potrebe po pogonskih snoveh). Naš namen ni bil predstaviti idealne rešitve, pač pa dokaz, kako je rešitev »v glavnem možna«. Bo pa moral vsak graditelj rakete, kakorkoli jo bo že gradil, osvojiti pravilo stopenjskega načela – v izogib prenosu mrtve teže, ki bi jo bilo treba še dodatno pospeševati, je treba nemudoma odklopiti (odvreči) vsak del vozila, ki postane odvečen. Razumljivo, velja le za vesoljske ladje, ki bi dosegle velike končne hitrosti.

Prav tako ne bomo zatiskali oči pred dejstvom, da je na poti do cilja

še nekaj težav, glede tehnične izvedljivosti kljub stopenjskemu načelu še vedno v nasprotju s pravilno nakazanimi zahtevami po zmogljivosti raketnega skladišča za gorivo. Uporabiti bo treba delno že danes znane konstrukcijske veščine ter vse dele vozila, še zlasti skladišče, zgraditi tako, da bodo kolikor mogoče lahki, a hkrati dovolj trdni, da bodo vzdržali tako notranji tlak kot tudi zračni upor pri vzletu. Ob tem ni zanemarljivo, da postanejo mnoge kovine pri izjemno nizkih temperaturah, katerim bodo v glavnem izpostavljene, krhke oz. izgubijo na trdnosti.

V vesoljski raketi mora biti še prostor (potovalna kabina) za prevoz pilota, posadke, za življenje potrebnih zalog in siceršnjih potrebščin, prav tako pa tudi prostor za skladiščenje tovora, znanstveno-opazovalnih naprav itd. Ta prostor mora biti neprodušno zaprt in oskrbljen z ustreznimi aparati za umetno preskrbo z zrakom – tako za dihanje kot za vzdrževanje pravišnje temperature. V njem morajo biti tudi vse za krmiljenje vozila potrebne naprave, kot so ročica za uravnavanje pogona, naprave za merjenje časa, pospeška, hitrosti, poti (višine) in določanje kraja, naprave za vzpostavljane zaželenih smeri potovanja ipd. S seboj je treba vzeti tudi vesoljska oblačila (gl. v nadaljevanju), viseče mreže itd.

In nenazadnje spadajo k opremi vesoljske ladje tudi zelo pomembni pripomočki za pristajanje, kot so padala, nosilne ploskve itd.

## Dosedanji predlogi

Oglejmo si doslej znane predloge za praktično reševanje problema vožnje po vesolju.

Prof. Goddard uporablja kot pogonsko snov za svoje vesoljske rakete brezdimni smodnik, torej trdno sredstvo. Ne opiše nobene posebne naprave, ampak kar na splošno predlaga, da bi, kot pri brzostrelki, v nabojih vsebovan smodnik samodejno vnašali v sežigalni prostor. Celotna raketa bi bila sestavljena iz posameznih delnih raket, ki bi med dviganjem druga za drugo odpadle, vse do zadnje, v kateri bi bil tovor. Ta bi edina prispela na cilj. Goddard namerava najprej na višino kakih 100 km spraviti napravo brez posadke, kasneje pa poslati na Mesec

prav tako raketo brez posadke, vendar opremljeno z nekaj kilogrami osvetljevalnega smodnika. Ko bo prispela na cilj, se bo smodnik vžgal in oznanil uspešen izid poskusa, kar bi na Zemlji zaznali z daljnogledi. Slišati je bilo, da je ameriška vojna mornarica pokazala za Goddardove naprave veliko zanimanje.

Zelo dragoceni so objavljeni izsledki doslej opravljenih Goddardovih praktičnih raziskav, za katere mu je znani Smithsonian Institution v Washingtonu velikopotezno namenil sredstva: prek primerno izoblikovanih in izpeljanih šob je z določenimi vrstami brezdimnega smodnika dosegel izpušno hitrost 2.434 m/s. Pri tem mu je uspelo 64-odstotno izkoristiti v smodniku kemično vezano energijo, ki jo je pri sežigu pretvoril v živo silo izhajajočih plinov. Rezultat se malodane sklada z balističnimi izkušnjami, po katerih je mogoče izkoristiti 2/3 smodnikove energijske vsebine, medtem ko ostanek odpade na toploto, ki se porazgubi z uhajajočimi plini. Morda bo pri nadaljnjem tehničnem izpopolnjevanju uspel še nekoliko izboljšati izkoristek peči in šob, morda celo do 70 %.

Zaradi izgub, ki jih povzročajo različne pomožne naprave (črpalke itd.), in drugih okoliščin lahko pričakujemo, da bo »notranji izkoristek« celotne pogonske naprave, zato pa tudi raketnega motorja, znašal nekako 60 %. Zelo ugoden izkoristek naših doslej znanih najboljših toplotnih strojev znaša komaj kaj več kot 38 %.

Pravkar opazovani notranji izkoristek bi seveda lahko razlikovali od izkoristka, s kakršnim smo se že prej ukvarjali – z izkoristkom povratnega sunka<sup>6</sup>. Za razliko od prejšnjega ga lahko označimo kot »zunanji izkoristek« raketnega motorja. Oba sta med sabo popolnoma neodvisna, obenem pa moramo upoštevati, da je treba ohranjati skupni izkoristek raketnega vozila (ki je v bistvu proizvod notranjega in zunanjega izkoristka). V PREGLEDNICI 2 (str. 72), je v 3. koloni navedena njegova vrednost, če je pogonska snov benzol.

V nasprotju z Goddardom predlaga prof. Oberth uporabo tekoče pogonske snovi, v prvi vrsti tekočega vodika, vrh tega še alkohola, obeh pa hkrati s tekočim kisikom, ki je potreben za gorenje.

Zmes vodika in kisika, imenovana tudi pokalni plin, ima namreč

6 Gl. str. 62.

glede na težo od vseh znanih snovi še najboljšo energijsko vsebino (3.780 kalorij na kilogram, v primerjavi s 1.240 kalorijami na kilogram pri najboljšem brezdimnem smodniku). Tej sledi vsekakor tudi največja izpušna hitrost. Oberth računa, da je mogoče z njim doseči 3.800–4.200 m/s. Izpušna hitrost bi se povečala celo nad 5.000 m/s, ko bi nam uspelo do zgornje meje izkoristiti v pokalnem plinu kemično vezano energijo. Plin, nastal pri izgorevanju, bi bil vodna para.

Kljub prednosti te velike energijske kapacitete in z njo povezani veliki izpušni hitrosti, zaradi česar je pokalni plin vsaj teoretično nadvse primerna pogonska snov za vesoljske rakete, se žal pojavi vprašanje, kako oba plina praktično uporabljati, še prej pa, kako ju natovoriti. Ravnanje z njima (tudi njun prenos v raketi) je možno le, ko sta v tekočem stanju. Temperatura tekočega kisika je  $-138\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tekočega vodika pa celo  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ ! Že to dejstvo samo zelo oteži ravnanje z njima in stopnjuje zahteve do materiala za skladišče. Poleg vsega je povprečna gostota (specifična teža) pokalnega plina tudi v tekočem stanju zelo majhna, zato bi že za majhno težo potrebovali razmeroma veliko skladišče.

Pri alkoholu, drugi pogonski snovi, ki jo je predlagal Oberth, te neugodne okoliščine delno odpadejo, popolnoma pa se jim vendarle ni mogoče izogniti. Kisik, potreben za izgorevanje, bi morali tudi v tem primeru ponesti s seboj, seveda v tekočem stanju. Izpušna hitrost bi po Oberthu znašala nekako 1.530–1.700 m/s, kar je znatno manj kot pri vodiku. Zato pa je alkohol gostejši.

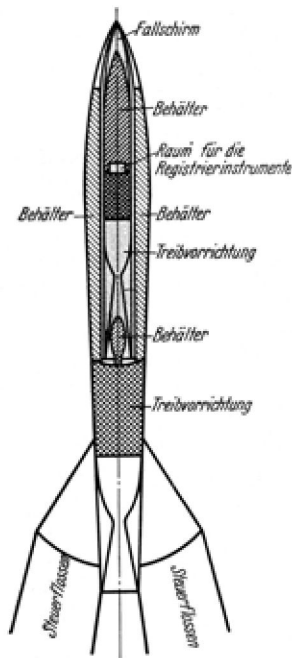
Zaradi teh lastnosti uporablja Oberth alkohol in tekoči kisik za prvi del vzleta; takrat je namreč treba premagati upor gostih zračnih plasti blizu Zemlje. Pri tem predvideva veliko obremenitev prečnega preseka (tj. na  $1\text{ cm}^2$  prečnega preseka delujoči del zračnega upora ob celokupni masi izstrelka), zato je za vesoljske rakete poleg ostalega priporočila, »da se razmerje mas poveča na račun izpušne hitrosti«<sup>7</sup>. To dosežemo, če

<sup>7</sup> Tega predloga nikakor ne moremo sprejeti, vsaj ne, kot je prikazan v Oberthovem primeru. Komaj vzdržno bi se bilo oklepiti mnenja, da lahko pri tem uporabljamo v balistiki sicer običajen pojem »obremenitev prečnega preseka«. Le-to po našem mnenju ni dopustno; z lastnim pogonom gibajoča se raketa je namreč podvržena bistveno drugačnim mehaničnim pogojem, kot pa zaradi vztrajnosti mase premikajoči se izstrelki.

uporabimo alkohol in kisik.

Zunanja oblika Oberthove vesoljske ladje je v glavnem oblika nemškega S-izstrelka, sestavljena pa je iz delnih raket, ki jih poganjata bodisi vodik in kisik (vodikova raketa) bodisi alkohol in kisik (alkoholna raketa).

Dva primera izvedbe svojih vesoljskih vozil je Oberth tudi natančneje opisal. Eden je manjši, brez posadke, opremljen z registrirnimi instrumenti, ki bi jih pri dviganju uporabili za raziskovanje visokih in najvišjih zračnih plasti. Drugi je vesoljska ladja, namenjena za prevoz ljudi.



SLIKA 27.

Sistematičen prikaz vzdolžnega prereza glavne rakete, malega Oberthovega modela. Vodikova raketa (sivo črtkana) je nameščena v sprednjem delu rakete na alkohol.

STEUERFLOSSEN – KRMILNE PLOSKVE; TREIBVORRICHTUNG – POGONSKA NAPRAVA; RAUM FÜR DIE REGISTRIERINSTRUMENTE – PROSTOR ZA REGISTRIRNE INSTRUMENTE; FALLSCHIRM – PADALO; BEHÄLTER – REZERVOAR.

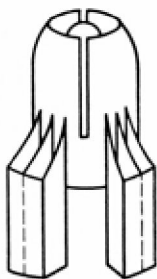


Manjši model (sl. 27) tvori vodikova raketa, vstavljena v prednji del znatno večje alkoholne rakete. Pod skladiščem vodikove rakete je poseben prostor za registrirane instrumente. Na koncu alkoholne rakete so nameščene posebne, nastavljive ploskve za stabiliziranje in krmiljenje vozila. Celotna naprava je visoka 5 m, prečno meri 56 cm, v vzletnem položaju tehta 544 kg.

Predvidena je še t. i. »pomožna raketa« (sl. 28), visoka 2 m, premera 1 m, v startnem položaju težka 220 kg.

Start se izvede na višini 5.500 m s pomočjo zrakoplovov (sl. 29).

Najprej se glavna raketa s pomočjo pomožne rakete povzpne na višino 7.700 m. Pri tem dobi hitrost 500 m/s. Pomožna raketa odpade (sl. 30) in delovati začne alkoholna raketa; ko se ta iztroši in odklopi, pa še vodikova raketa. 56 sekund po startu že doseže največjo hitrost vzpenjanja – nekaj 5.140 m/s. To povsem zadostuje, da doseže preostala vodikova raketa, zdaj brez pogona, končno višino 2.000 km. Vrnitev na Zemljo izpeljemo s samodejnim padalom, spravljenim v konici vodikove rakete.



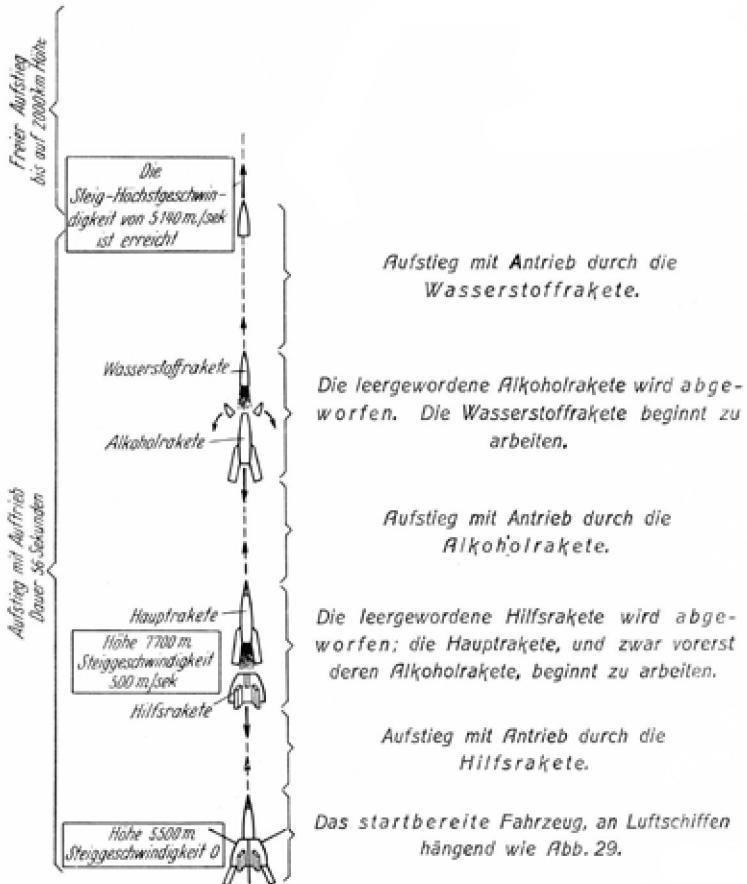
SLIKA 28.  
Pomožna raketa malega  
Oberthovega modela.



SLIKA 29.  
Po Oberthu: start rakete  
z zrakoplovov.

Drugi model, namenjen za prevoz ljudi, je zamišljen tako, da je prednji del vesoljske ladje ena sama vodikova raketa (sl. 31), postavljena na alkoholno raketo. Kabina, namenjena za prevoz posadke, tovora itd., je opremljena z vsemi krmilnimi pripomočki. Leži

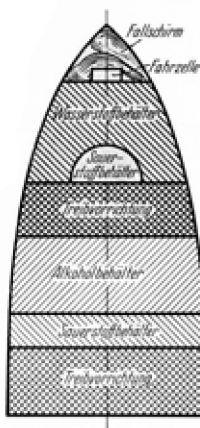
v prednjem delu vodikove rakete. Povsem zgoraj je padalo. Spredaj je vozilo zaprto s prilegajočo se kovinsko kapo, ki ima obliko izstrelka in kasneje, sočasno z alkoholno raketo, odpade kot balast (sl. 32). Takrat smo že izven zemeljskega zračnega ovoja, tako da vozilu ni več treba premagovati zračnega upora. Stabiliziranja in krmiljenja ne izvajamo več s ploskvami, ampak z ustreznim delovanjem zunanjih šob.



SLIKA 30.

Dvigovanje malega Oberthovega modela rakete (brez posadke).

AUFSTIEG MIT AUFTRIEB DAUER 56 SEKUNDEN – VZPON Z LETOM 56 s; FREIER AUFSTIEG BIS AUF 2000 km HÖHE – PROSTO VZPENJANJE VSE DO 2000 km; HÖHE 5500 m, STEIGGESCHWINDIGKEIT 0 – VIŠINA 5500 m, HITROSTVZPENJANJA 0; HILFSRAKETE – POMOŽNA RAKETA; HÖHE 7700 m, STEIGGESCHWINDIGKEIT 500 m/sek – VIŠINA 7700 m, HITROSTVZPENJANJA 500 m/s; HAUPTRAKETE – GLAVNA RAKETA; ALKOHOLRAKETE – RAKETA NA ALKOHOL; WASSERSTOFFRAKETE – RAKETA NA VODIK; DIE STEIG-HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT VON 5140 m/sek IST ERREICHT – DOSEŽENA JE NAJVIŠJA HITROSTVZPENJANJA 5140 m/s; DAS STARTBEREITE FAHRZEUG, AN LUFTSCHIFFEN HÄNGEND WIE ABB. 29 – VOZILO, PRIPRAVLJENO NA START, JE OBEŠENO NA ZRAKOPLOVA, KOT NA SLIKI 29.; AUFSTIEG MIT ANTRIEB DURCH DIE HILFSRAKETE – DVIGANJE S POGONOM NA POMOŽNO RAKETO.; DIE LEERGEGORDENE HILFSRAKETE WIRD ABGEWORFEN; DIE HAUPTRAKETE, UND ZWAR VORERST DEREN ALKOHOLRAKETE, BEGINNT ZU ARBEITEN – ODPADLA JE IZPRAZNJENA POMOŽNA RAKETA; DELOVATI ZAČENJA RAKETA, NAJPREJ S POGONOM NA ALKOHOL.; AUFSTIEG MIT ANTRIEB DURCH DIE ALKOHOLRAKETE – DVIGANJE S POGONOM NA ALKOHOL.; DIE LEERGEGORDENE ALKOHOLRAKETE WIRD ABGEWORFEN. DIE WASSERSTOFFRAKETE BEGINNT ZU ARBEITEN – ODPADLA JE IZPRAZNJENA RAKETA NA ALKOHOL. DELOVATI ZAČNE VODIKOVA RAKETA.; AUFSTIEG MIT ANTRIEB DURCH DIE WASSERSTOFFRAKETE – DVIGANJE RAKETE Z VODIKOVIM POGONOM.



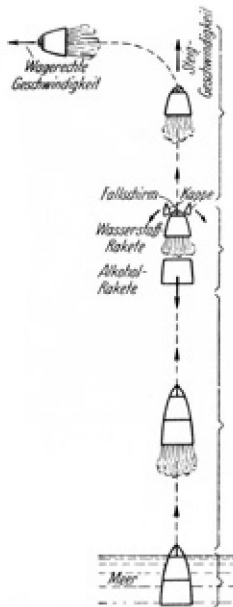
SLIKA 31.

Shematično prikazan vzdolžni prerez velike Oberthove rakete s posadko. Vodikova raketa je nameščena na alkoholno raketo.

ALKOHOLBEHÄLTER – SKLADIŠČE ZA ALKOHOL; TREIBVORRICHTUNG – POGONSKA NAPRAVA; SAUERSTOFFBEHÄLTER – SKLADIŠČE ZA KISIK; WASSERSTOFFBEHÄLTER – REZERVOAR ZA VODIK; FAHRZELLE – POTOVALNA KABINA; FALLSCHIRM – PADALO.

Ta model starta z morja. Najprej začne delovati alkoholna raketa, ki privede vozilo do hitrosti vzpenjanja 3.000–4.000 m/s. Potem se odpne

in zapusti sprego 8 (sl. 32). Delovati začne vodikova raketa, s katero doseže vozilo najvišjo hitrost vzpenjanja, po potrebi tudi vodoravno obhodno hitrost. Takšna raketa, primerna za prevoz opazovalca, bi po Oberthovih podatkih tehtala v startnem položaju 300 ton.



Aufstieg mit Antrieb durch die Wasserstoffrakete. Diese arbeitet je nach Zweck (lotrechter Aufstieg oder freier Umlauf) entweder auf Steig- oder auf wagerechte Geschwindigkeit.

Die leergewordene Alkoholrakete und die Kappe werden abgeworfen; die Wasserstoffrakete beginnt zu arbeiten. Bisher erreichte Steiggeschwindigkeit: 3000–4000 Meter je Sekunde.

Aufstieg mit Antrieb durch die Alkoholrakete.

Das startbereite Fahrzeug, im Meere schwimmend.

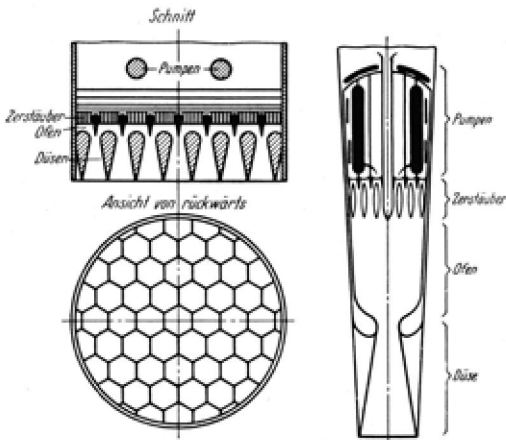
SLIKA 32.

DVIGOVANJE VELIKEGA OBERTHOVEGA RAKETNEGA MODELA (S POSADKO).

MEER – MORJE; ALKOHOLRAKETE – ALKOHOLNA RAKETA; WASSERSTOFFRAKETE – VODIKOVA RAKETA; FALLSCHIRM – PADALO; KAPPE – KAPA; WAGERECHTE GESCHWINDIGKEIT – VODORAVNA HITROST; STEIGGESCHWINDIGKEIT – HITROST VZPENJANJA; DAS STARTBEREITE FAHRZEUG, IM MEERE SCHWIMMEND – NA START PRIPRAVLJENO VOZILO PLAVA V MORJU; AUFSTIEG MIT ANTRIEB DURCH DIE ALKOHOLRAKETE – DVIGANJE S POGONOM RAKETE NA ALKOHOL.; DIE LEERGEWORDENE ALKOHOLRAKETE UND DIE KAPPE WERDEN ABGEWORFEN; DIE WASSERSTOFFRAKETE BEGINNT ZU ARBEITEN. BISHER ERREICHTE STEIGGESCHWINDIGKEIT: 3000–4000 METER JE SEKUNDE – ODPADETA ALKOHOLNA RAKETA IN KAPA; DELOVATI ZAČNE VODIKOVA RAKETA. DO SEDAJ DOSEŽENA HITROST VZPENJANJA: 3000–4000 METROV NA SEKUNDO.; AUFSTIEG MIT ANTRIEB DURCH DIE WASSERSTOFFRAKETE. DIESE ARBEITET JE NACH ZWECK (LOTRECHTER AUFSTIEG ODER FREIER UMLAUF) ENTWEDER AUF STEIG- ODER AUF WAGERECHTE GESCHWINDIGKEIT – DVIGANJE RAKETE Z VODIKOVOM POGONOM. LE-TA PODELJUJE PO POTREBI (NAVPIČNO VZPENJANJE, PROSTI OBHOD) HITROST VZPENJANJA ALI VODORAVNO HITROST.

Pri obeh modelih je vsaka delna raketa samostojna; ima tako lastno pogonsko napravo kot tudi lastna skladišča. Stene le-teh so zaradi prihranka na teži zelo tenke, potrebno trdnost pa jim daje, kakor elastičnim zrakoplovom, notranji pritisk, torej vzdrževanje primernega notranjega tlaka. Le-ta nastane zaradi hlapov tekočin, ki še niso izgorele. Skladišče za kisik je narejeno iz bakra, za vodik pa iz svinca. Gre torej za mehki kovini, s katerima preprečimo že omenjeno, zaradi izredno nizkih temperatur nastalo krhkost.

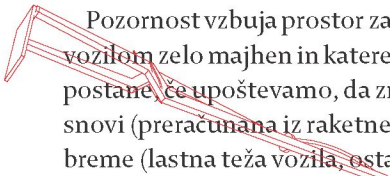
V zadnjem delu rakete je pogonska naprava (sl. 33). Njeni sestavni deli so peč, ena ali več izpušnih šob iz tenke pločevine, pritrjene na peč, in še različni pripomočki, kot na primer razpršilnik. Za vzdrževanje potrebnega tlaka, pod katerim vstopa pogonska snov v peč, je Oberth izumil posebno tlačilko. Tik pred sežigom se kisik uplini in segreje na 700 °C. Takega vbrizgnemo v peč. Hkrati se fino porazdeljeno gorivo samodejno vbrizguje v vroči kisikov tok. Poskrbeti moramo tudi za učinkovito hlajenje peči, šob itd.



SLIKA 33.

Pogonska naprava Oberthove rakete; desno pri malem modelu: Peč se izteka samo v eno šobo. Levo pri velikem modelu: Skupna peč se izteka v mnoge šobe, ki so razdeljene po načelu satovnice.

DÜSEN – ŠOBE; OFEN – PEČ; ZERSTÄUBER – RAZPRŠILNIK; PUMPEN – TLAČILKE; SCHNITT – REZ; ANSICHT VON RÜCKWÄRTS – POGLED OD ZADAJ; DÜSE – ŠOBA.



Pozornost vzbuja prostor za koristen tovor, ki je v primerjavi z ostalim vozilom zelo majhen in katerega največji del je shramba. Bolj razumljivo postane, če upoštevamo, da znaša za vzlet potrebna količina pogonskih snovi (preracunana iz raketne enačbe)<sup>8</sup> nekako 20- do 80-kratno skupno breme (lastna teža vozila, ostanek pogonskih snovi in koristno breme)!

Vzrok za tako veliko potrebo po pogonskih snoveh ne tiči (kot smo mnogokrat napačno mislili)<sup>9</sup> v njihovem nezadostnem izkoriščanju zaradi nepopolne izrabe načela povratnega sunka, ki ga uporabljamo pri pogonu. Prej gre nemara za izgubo energije, do katere pride, ker hitrost med delovanjem pogona le polagoma narašča in torej ni enaka izpušnodrivni – najprej je manjša, potem večja (sl. 17). Tudi če bi na primer vozilo pospešili do idealne hitrosti za popolno odcepitev od Zemlje 12.500 m/s, bi bil pri nespremenjeni izpušni hitrosti 3.000 m/s povprečni izkoristek povratnega sunka<sup>10</sup> 27-odstoten, pri 4.000 m/s pa 25-odstoten. V skladu s prejšnjimi opazovanji bi v najboljšem primeru, namreč med pogonsko fazo, ko je vozilu podeljena končna hitrost, tj. 1,59 izpušne hitrosti, ta izkoristek dosegel celo 65 %.<sup>11</sup>

Na osnovi prej omenjenih Goddardovih raziskav in izkušenj balistike, češ da lahko notranji izkoristek pogonske naprave ocenimo na 60 %, <sup>12</sup> sledi, da lahko pri dvigu računamo na 16–27 % (v ugodnih razmerah tudi 39 %) skupnega izkoristka vozila. V primerjavi z doslej znanimi motornimi vozili to nikakor ni neugodno! Le neznanska, za premagovanje ogromnih višin potrebna storilnost določa zahtevo po takšni možnosti pogonskih snovi.

Zamislimo si. Motorno vozilo, ki bi se vzpenjalo do težnostne meje po cesti, speljani z Zemlje v vesolje, bi moralo vključno s kisikom, potrebnim za gorenje, ponesti s seboj prav tolikšno zalogo pogonskih snovi, kolikor bi jo potrebovala vesoljska ladja z enakim bremenom, enako višino vzpenjanja in enako pogonsko snovjo.

Zanimivo bi bilo izvedeti, kako Obetrh presoja vprašanje stroškov.

---

8 Gl. str. 81, 82.

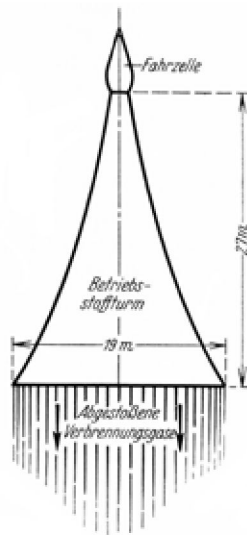
9 Gl. str. 71–74.

10 Gl. obrazec str. 72.

11 Gl. preglednico str. 73.

12 Gl. str. 86.

Prej omenjeni mali model naj bi stal, vključno s predhodnimi poskusi, nekako 10.–20.000 mark. (Upoštevati je treba, da je bila knjiga napisana leta 1929 – op. prev.) V neugodnih okoliščinah bi bilo možno z njo izvesti kakih 100 poletov. Za večje vozilo, ki bi poleg pilota in vsega, kar spada zraven, prevažalo še 2 tona tovora, pa bi potrebovali za dvig in doseganje stanja stabilnega lebdenja (prehod na prosti obhodni tir) kakih 50.–60.000 mark.



SLIKA 34.  
Vesoljska raketa po Hohmannu.

ABGESTOSSENE VERBRENNUNGSGASE – ODRIVAJOČI IZGOREVALNI PLINI; BETRIEBSSTOFFTURM – STOLP ZA POGONSKE SNOVI; FAHRZELLE – POTOVALNA KABINA.

Študija, ki jo je priobčil dr. ing. Hohmann, sicer ne obravnava podrobne konstrukcije vesoljske rakete, nadrobno pa se ukvarja z vsemi načelnimi vprašanji vesoljske vožnje in prinaša pomembne predloge. Tiste, ki se nanašajo na pristajalne postopke in daljinsko vožnjo po vesolju, bomo obravnavali kasneje. Zdaj nas zanima proračun vesoljskega vozila za prevoz dveh oseb z vsem, kar spada

zraven, in s potrebnimi zalogami. Hohmann tudi na veliko razmišlja o izvedbi vozila, kajti pravo vozilo bi bilo le potovalna kabina. V njej bi bilo vse potrebno, razen pogonske snovi. Slednja bi bila trdni eksploziv, v obliki navzgor oz. zidajočega se stolpa nameščen pod potovalno kabino, ki bi tvorila njegovo konico (sl. 34). Pogon bi deloval kot pri ognjemetnih raketah, s postopnim izgorevanjem stebra pogonske snovi. Teža tiči v zahtevi, da bi morali tehniki za eksploziv najti takšno snov, ki bi po eni strani pokazala zadostno trdnost, da bi obstala v želeni obliki, po drugi strani pa pri izgorevanju dajala toliko energije, kolikor jo potrebujemo za doseganje primerne odrivne hitrosti.

Pri odrivni hitrosti 2.000 m/s bi po Hohmannu takšno vozilo v startnem položaju tehtalo kakih 2.800 ton, s tem da bi bilo usposobljeno doseči višino 800.000 km (dvakratno oddaljenost od Meseca). Prav toliko bi tehtal manjši prekoceanski parnik. Potovanje tja in nazaj bi trajalo 30 dni in pol.

Vse pozornosti so vredni članki, s katerimi je nedavno nastopil dr. Hoefft.

Imel je zelo zanimivo zamisel, da bi dosegel pogon rakete z vesoljskim etrom. V ta namen bi mu elektrika dovajala skozi raketo enosmerni etrov tok. Tako nastalo reaktivno delovanje etra naj bi dajalo vozilu pogonsko moč. S tem Hoefft predpostavlja, da ima eter maso. (Slednje pa je zanj kar dejstvo, če le Nernstovi in nazori drugih raziskovalcev, po katerih naj bi eter vseboval znatno notranjo energijo – ničelna energijska točka etra –, tudi res drže, utemeljeni pa se mu zde, ker po Einsteinovem zakonu energija pomeni tudi maso.)

Vsekakor se Hoefft pridružuje Oberthovemu mnenju, da se kljub majhni verjetnosti ta zamisel utegne uresničiti že v doglednem času. Njegova najnovejša dela so, kot pravi sam, že zrela za izvedbo, čakajo le še na financiranje. Zaradi raziskovanj zgornjih zračnih plasti namerava poslati na višino kakih 100 km najprej označevalno raketo brez posadke. Zgrajena bi bila iz enega dela, pogonsko sredstvo bi bila alkohol in tekoči kisik, usmerjali pa bi jo kot torpedo, namreč z vrtavko. Visoka naj bi bila 1,2 m, s premerom 20 cm, z začetno težo 30 kg in s končno 8 kg – od teh bi 7 kg odpadlo na težo praznega vozila, 1 kg pa na uporabno breme. K slednjemu spada meteorograf, ki bi bil nameščen v konici rakete in bi, ko bi raketa dosegla primerno višino, sam od sebe odpadel ter med



složnim spuščanjem proti Zemlji na samodejno odpirajočem se padalu registriral tlak, temperaturo in vlažnost zraka. Startal bi v gumijastega balona na višini 10.000 metrov, kar bi raketi prihranilo prodiranje skozi goste spodnje zračne plasti.

Hoeffft načrtuje še večjo raketo z začetno težo 3.000 kg in s končno 450 kg – od teh bi kakih 370 kg odpadlo na težo praznega vozila, 80 kg pa na uporabno breme. Raketo bi uporabili kot izstrelak in na prosti poti izstrelka (Keplerjevi elipsi) naj bi na veliki oddaljenosti od površja Zemlje (kakih 1.500 km) kar v najkrajšem času bodisi vzpostavila poštno zvezo bodisi snemala, opremljena s samodejno fotografsko napravo, območja, nad katerimi bi letela. Pristajanje si je zamislil kot pri prej opisani označevalni raketi: breme bi pred spustom samo odpadlo od konice in se s padalom spuščalo proti Zemlji.

Ta enodelna raketa bi bila prirejena dvodelni raketi, izdelani za pot na Mesec. Namesto 80 kg težkega uporabnega tovora bi zato nosila drugo, enako težko raketo, v kateri bi bil precej manjši koristni tovor, težek 5–10 kg. Po prej pojasnjem stopenjskem načelu<sup>13</sup> se pri taki dvojni raketi med dviganjem s pogonom končni hitrosti obeh delnih raket seštevata, torej bi dosegla dovolj veliko največjo hitrost vzpenjanja, da bi ponesla na Mesec koristni tovor – v tem primeru naboj z osvetljevalnim smodnikom. Ob dotiku z Mesečevo površino bi se polnjenje vžgalo in oznanilo uspeh poskusa. Nekako tako, kot si je zamislil tudi Goddard.

Tako ta kot prej omenjena poštna raketa bi startata na višini 6.000 m – z balona, nosilne rakete ali gorskega vrha.

V nasprotju z doslej opisanimi raketami brez posadke bi Hoefftova velika, prevozu človeka namenjena vesoljska vozila načelno vzletala oz. pristajala na podoben način kot vodna letala, se pravi le neposredno s primerne vodne gladine oz. s spuščanjem na vodno gladino. Da pa bi bila za to kar najbolje usposobljena, bi morala imeti posebno, otroškemu zmaju podobno obliko.

Startna teža prvega takega vozila, ki bi prišlo v poštev, bi znašala 30 t, končna teža pa 3 t. Njegov namen bi bil po eni strani, da kot poštna rakete, vendar s posadko, po prosti poti izstrelka (Keplerjevi elipsi) v kar najkrajšem času premaguje velike razdalje na zemeljskem površju,

13 Gl. str. 83–85.

po drugi strani pa, da se ga kasneje uporabi kot zadnjo stopnjo velike, večstopenjske vesoljske ladje, katere cilj bi bil doseganje tujih nebesnih teles. Njena startna teža bi bila že kar velika, znašala bi nekaj 100 ton, še večje pa bi tehtale celo do 12.000 ton.

## *Pripombe k dosedanjim konstrukcijskim predlogom*

Kot dopolnilo k tem različnim predlogom dodajamo še: brez dvoma pripada prihodnost po vsej verjetnosti vesoljski raketi s tekočo pogonsko snovjo. Dokončne načrte za gradnjo česa takega bomo dobili, šele ko bodo izpolnjeni zanje potrebni tehnični pogoji, te pa bomo ustvarili, če bomo s poskusi praktično rešili naslednja, za konstrukcijo vozila načelna vprašanja:

- 1.) Kako prevažati pogonsko snov?
- 2.) Kako jo vnašati v peč?
- 3.) Kako preprečiti, da vročina pri izgorevanju ne bi uničila peči in šob?

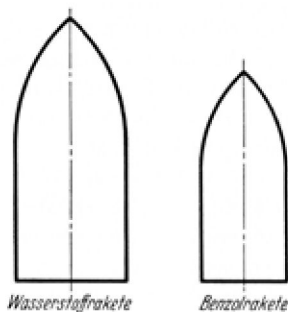
Tudi zato namenoma nismo ponujali konstrukcijskih predlogov. Menimo namreč, da smo v mejah dosedanjih izkušenj pojasnili temeljne probleme pri gradnji vozila. Med njimi je prvo vprašanje pogonske snovi. V ta namen sta bila, kot že vemo, po eni strani predlagana kisik in vodik, po drugi alkohol in kisik.

Po piščevem mnenju je čista spojina ogljikovega vodika (s kisikom, ki je potreben za gorenje) boljša pogonska snov za raketna vozila od navedenih. Do te ugotovitve pridemo, če izrazimo vsebovano energijo na prostornino in ne na težo – kar je po piščevem mnenju koristno za najpreprostejšo presojo vrednosti raketnih pogonskih snovi. Ne gre namreč le za to, kolikšna teža pogonske snovi je potrebna za določen učinek; za prevoz le-te in za konstrukcijo vozila je vsekakor pomembnejše, kolikšna je prostornina pogonske snovi, ki jo je treba vzeti s seboj. V tem primeru je energija, ki jo dobimo na prostornino pogonske snovi (toplotna enota na liter), kar najpopolnejši podatek. Prostornina je odvisna od specifične teže in notranje kurilne vrednosti posameznega goriva ter količine kisika, ki ga gorivo potrebuje za gorenje.

Na splošno se precej bolje obnesejo spojine, bogatejše z ogljikom, ne pa s kisikom, čeprav je kurilna vrednost na kilogram spojin s kisikom večja. Za zelo uporabnega se je na primer izkazal benzol. Najboljši bi bil seveda čisti ogljik, ker pa ni tekoč, bi bilo treba poskusiti, če bi morda z mehanično mešanico tekočega ogljikovodika, ki bi vseboval čim več energije na liter (morda benzola, heptana itd), in fino razpodeljenega, kolikor je mogoče čistega ogljika (ogljikove saje, najdrobnejši ogljikov prah ali kaj podobnega) količino energije na liter še stopnjevali. S tem bi namreč dobili še posebno visoko, morda celo najvišjo vrednost v primerjavi s sedanjimi snovmi, vsekakor pa najboljšo pogonsko snov za rakete.

Pri teh opazovanjih je samoumevno, da so enako uporabne vse vrste pogonske snovi z enakim izkoristkom.

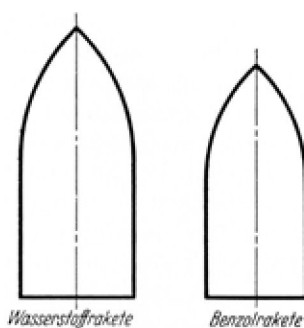
Zaradi tega bi bila raketa s pogonom na tekoči vodik in kisik ter s končno hitrostjo 4.000 m/s za polovico manjša, če bi jo poganjala benzol in tekoči kisik, površina sten skladišča za pogonsko snov pa bi bila za 1/3 manjša (sl. 35).



SLIKA 35.

Razmerje velikosti vodikove rakete in rakete na benzol, pri enaki zmogljivosti, če lahko vsaka razvije hitrost 4.000 m/s.

Prednost rakete na benzol v primerjavi z enako zmogljivo vodikovo raketo je predvsem cenovno ugodnejša in ne toliko hitrejša izdelava. Pri vodikovi raketi bi bila količina pogonske snovi nekoliko večja, zato bi potrebovali večjo pogonsko moč, hkrati z njo pa močnejšo, posledično težjo pogonsko napravo. Skladišče za gorivo bi bilo torej pri raketi na benzol manjše. Upošteva se skrajno nizko temperaturo ( $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) bi morali zaradi kisika pri vodikovi raketi po mnenju Obertha (kar smo že omenili) skladišče narediti iz svinca (!). Da ne upoštevamo še drugih nevšečnosti, ki bi zaradi nizkih temperatur nastale pri skladiščenju in uporabi tekočega vodika, pri benzolu pa bi odpadle.



SLIKA 36.

Razmerje velikosti vodikove rakete in rakete na benzol, pri enaki zmogljivosti, če lahko vsaka razvije hitrost 12.500 m/s (popolna odcepitev od Zemlje!)

---

WASSERSTOFFRAKETE – VODIKOVA RAKETA; BENZOLRAKETE – RAKETA NA BENZOL.

Kljub dejstvu, da se pri večjih končnih hitrostih prednost tekočega ogljikovodika pred kisikom vse bolj zmanjšuje, bi bila celo raketa za doseganje hitrosti 12.500 m/s (kar je idealna potrebna hitrost za popolno odcepitev od Zemlje) za 1/3 manjša od vodikove (sl. 36). Šele pri končni hitrosti 22.000 m/s bi bila prostornina pogonske snovi pri raketi na benzol enaka kot pri vodikovi raketi.

H gospodarnosti z energijo in k siceršnji prednosti rakete na ogljikovodik dodajamo še, da so same po sebi cenejše od raket na tekoči vodik.

## Vrnitev na Zemljo

Iz doslej povedanega izhaja, da stoji na poti našega prodiranja v vesolje velika, a ne nepremagljiva ovira. Prej ko se bomo začeli ukvarjati z nadaljnimi raziskavami, nemara osnovanimi na dosedanjih izsledkih, prej nas bo pritegnilo vprašanje, ali se je mogoče po uspešnem poletu spet približati Zemlji in brez škode na njej pristati ter kako to izvesti?

Tudi najdrznejšega vesoljca bi utegnila zajeti nemajhna groza, ko bi ob pogledu na Zemljo kot na oddaljeno kroglo pomislil, da se ji približuje s hitrostjo, nič manjšo od 12-kratne hitrosti artilerijskega izstrelka, in da bo začel voziti proti njej, še bolje rečeno: da bo nanjo strmoglavil, ko se bo prepustil njeni težnosti.

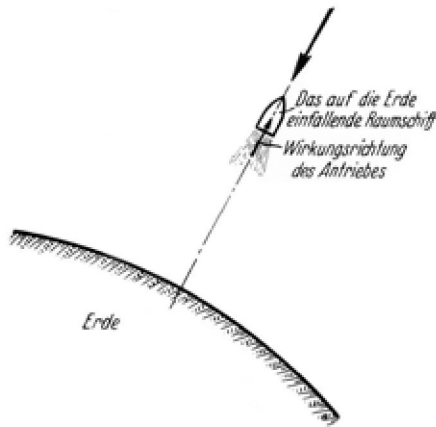
Poskrbeti je torej treba za pravočasno zaviranje. Da gre za velik problem, spoznamo ob dejstvu, da tiči v vsakem kilogramu vesoljskega vozila, ki naj bi prispelo na Zemljo, toliko žive sile, kolikor jo je v brzovlaku, ki vozi s hitrostjo 70 km na uro! (Upoštevati je treba, da je bila knjiga napisana leta 1929 – op. prev.) Kot smo že omenili, pada telo proti Zemlji, brž ko ga iz vesolja pritegne njena težnost. Njegova hitrost je približno 11.000 m/s. Živa sila, ki jo vsebuje, znaša nekih 6.000 ton metrov na kilogram njegove teže. To neznansko množino energije je treba vozilu med zaviranjem v celoti odvzeti.

V poštev prideta le dve možnosti: bodisi nasprotno delovanje pogona na povratni sunek (kot na primer »povratno« deluje stroj pri zaustavljanju ladje) bodisi zaviranje z uporom (izkoriščanje zračnega ovoja).

Pri pristajanju po prvem načinu bi moral pogon znova delovati, in sicer v smeri, nasprotni smeri potovanja (sl. 37). Vozilu bi med spuščanjem odvzeli energijo tako, da bo jo odpravili z enakim delovanjem v nasprotni smeri. Potrebna količina energije oziroma pogonske snovi je enaka kot pri vzletu. Ker sta začetna hitrost pri dvigu (največja hitrost vzpenjanja) in končna hitrost pri vračanju (vpadna hitrost) približno enaki, se tudi živi sili (v prvem primeru vozilu podeljena, v drugem odvzeta) med seboj le malo razlikujeta.

Bistveno je, da je treba celotno za zaviranje potrebno količino pogonske snovi imeti že pri doseganju končne višine dviganja. To pomeni neznansko povečanje popotnega tovora, hkrati pa se poveča

tudi celotna količina pogonske snovi, potrebne za polet. Zaviranje s povratnim sunkom je torej neuporabno tako zaradi negospodarnosti kot tudi zaradi premajhne učinkovitosti doslej znanih vrst pogonske snovi. Kjer je le mogoče, se je treba pri zaviranju izogibati že samo delni uporabi povratnega sunka. Dodajamo še, da zaviranja s povratnim sunkom znotraj zračnega ovoja praktično ne smemo uporabljati, dokler je potovalna hitrost kozmično velika. Vozilo bi se namreč gibalo v vročini lastnih izgorelih plinov, saj bi bil izpuh zaradi zračnega upora počasnejši kot težje vozilo.



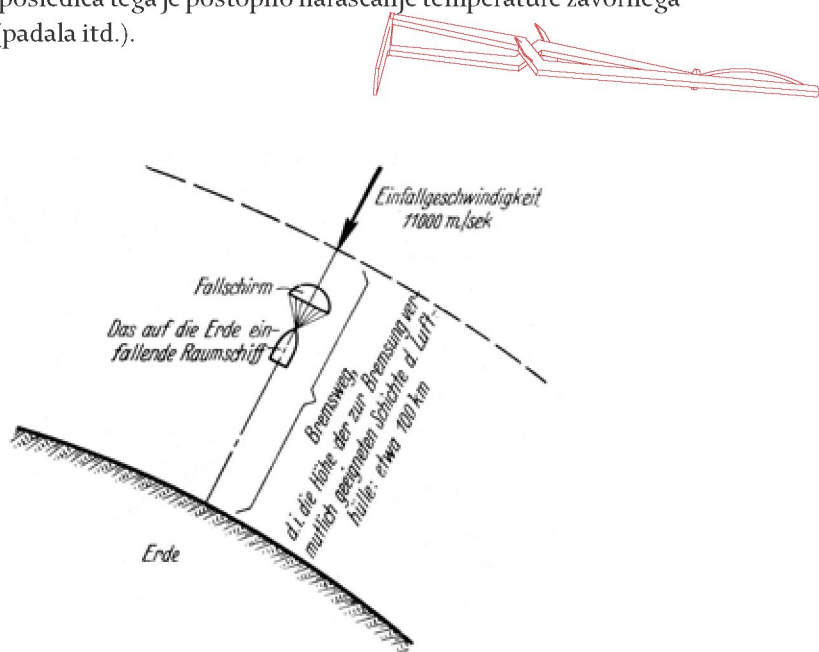
SLIKA 37.

Pristajanje z zaviranjem s povratnim sunkom. Pogon »lovi« padajoče vozilo, ker deluje nasproti smeri delovanja, torej prav tako kot pri dvigovanju z Zemlje.

ERDE – ZEMLJA; WIRKUNGSRICHTUNG DES ANTRIEBES – SMER DELOVANJA POGONA; DAS AUF DIE ERDE EINFALLENDE RAUMSCHIFF – NA ZEMLJO PADAJOČE VOZILO.

Pri pristajanju z izkoriščanjem zračnega upora na poti skozi zračni ovoj vozilo zaviramo s padalom ali s katero podobno napravo (sl. 38). Bistveno je, da se živa sila, ki jo moramo na ta način odtegovati vozilu, pretvarja delno v zračno gibanje (vrtinčenje), delno pa v toploto. V primeru, da zavorna pot ni dovolj dolga in je zavorni čas prekratek, se toplota, nastala med zaviranjem, ne more dovolj izsevati in prenesti v

okolico – posledica tega je postopno naraščanje temperature zavornega sredstva (padala itd.).



SLIKA 38.

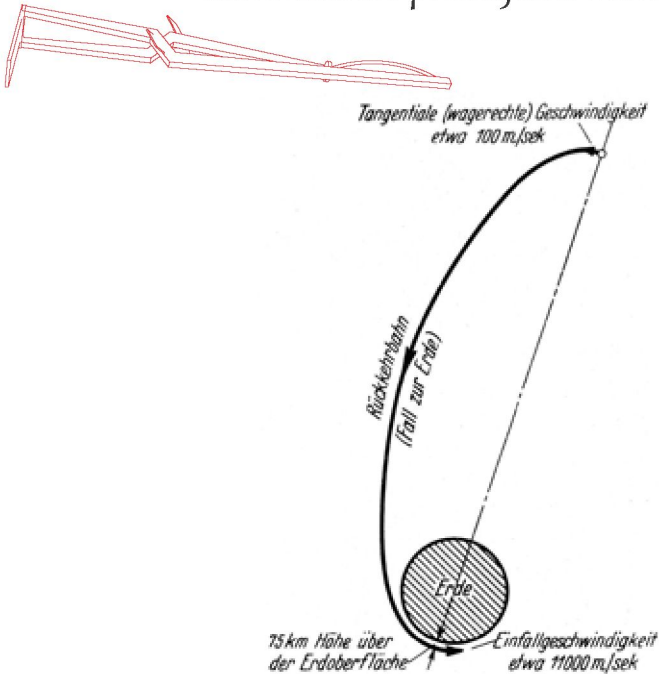
Pristajanje z zaviranjem z zračnim uporom pri navpičnem spustu vozila.

ERDE – ZEMLJA; BREMSWEG, D. I. DIE HÖHE DER ZUR BREMSUNG VERMUTLICH GEEIGNETEN SCHICHTE D. LUFTHÜLLE: ETWA 100 km – ZAVORNA POT, T. J. DEBELINA ZRAČNEGA OVOJA: NEKAKO 100 km, KAR DOMNEVNO ZADOSTUJE; DAS AUF DIE ERDE EINFALLENDE RAUMSCHIFF – NA ZEMLJO PADAJOČA VESOLJSKA LADJA; EINFALLGESCHWINDIGKEIT 11000 m/sek – VPADNA HITROST 11 000 m/s; FALLSCHIRM – PADALO.

Ob vstopu v zračni ovoj ima v našem primeru vozilo hitrost 11.000 m/s, medtem ko bi utegnil meriti del zračnega ovoja, dovolj gost, da bi bil primeren za zaviranje, komaj kaj več kot 100 km. Iz povedanega je povsem jasno, da bi na tej, relativno mnogo prekratki poti za tako veliko hitrost vsak poskus zaviranja vozila z zračnim uporom nujno povzročil vžig.

Tako se zdi, da problem vožnje po vesolju ostaja – če že ne zaradi vzleta, pa vsaj zaradi nemožnosti varne vrnitve.

## Hohmannov pristajalni manever



SLIKA 39.

Pri Hohmannovem pristajalnem postopku pot vračanja izpeljemo na poseben način: vesoljska ladja ne trči ob Zemljo, ampak jo obvozi na višini 75 km.

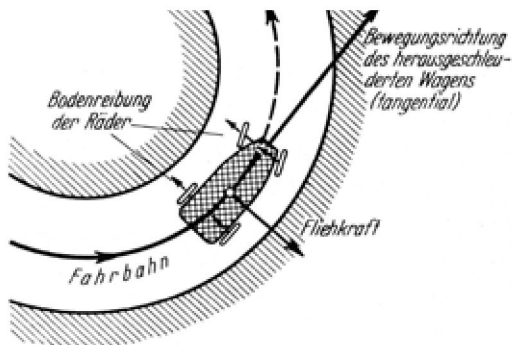
ERDE – ZEMLJA; EINFALLGESCHWINDIGKEIT ETWA 11000 m/sek – VPADNA HITROST KAKŠNIH 11 000 m/s; 75 km HÖHE ÜBER DER ERDOBERFLÄCHE – NA VIŠINI 75 km NAD ZEMLJO; RÜCKKEHRBAHN – POT VRAČANJA; TANGENTIALE (WAGERECHTE) GESCHWINDIGKEIT ETWA 100 m/sek – TANGENCIALNA (VODORAVNA) HITROST KAKŠNIH 100 m/s.

Pri premagovanju težav pristajanja ima velike zasluge nemški inženir dr. Hohmann. Predlaga, da je vesoljska ladja, podobno kot letalo, za pristajanje opremljena z nosilnimi ploskvami. Na začetku vračanja bi s povratnim sunkom podelili vozilu takšno tangencialno (vodoravno) hitrost, da pri padcu ne bi treščilo na zemeljsko površje, ampak bi Zemljo obkrožilo na prostem obhodnem tiru, tako da bi se ji približalo na razdaljo 75 km (sl. 39).



Postopek morda bolj preprosto prikaže naslednji primer: kamen, ki ga zalučamo, tj. ne pustimo, da prosto pade, doseže tla toliko dlje, kolikor bolj smo ga pospešili. Hitrost lahko kamnu poljubno povečujemo glede na to, na kateri razdalji naj bi padel na tla: 10 ali 100 m, morda 100 ali 1.000 km, celo 40.000 km. V zadnjem primeru sploh ne bi več padel (obseg našega planeta je le 40.000 km), ampak bi krožil okoli Zemlje kot majhna luna. Za to bi morali doseči točko nad zemeljskim površjem, v kateri bi lahko podelili kamnu ogromno hitrost: 8.000 m/s.

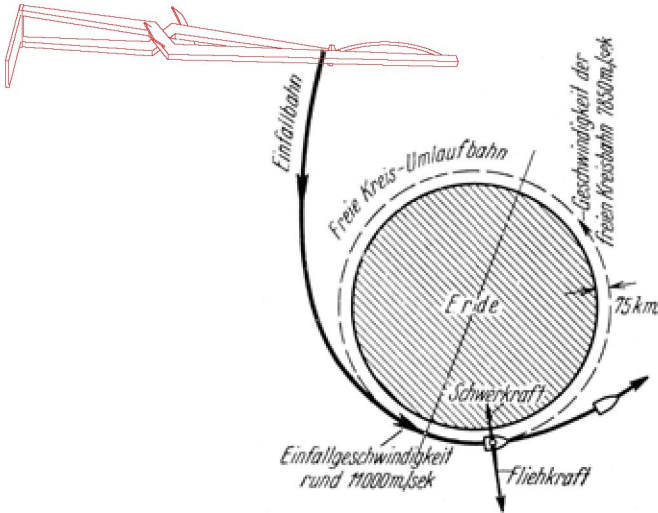
Ta vodoravna hitrost bo toliko manjša, kolikor bolj je mesto, s katerega spuščamo telo na obhod okoli Zemlje, oddaljeno od njenega površja. Pri oddaljenosti nekaj 100.000 km bi znašala le kakih 100 m/s (sl. 39). Do te ugotovitve pridemo tudi, če pomislimo, da ima vozilo vedno večjo hitrost samo zaradi padanja proti Zemlji – ko bi doseglo vpadno hitrost 11.000 m/s, bi bila ta že za 3.000 m/s večja od hitrosti 7.850 m/s, ki bi jo moralo imeti vozilo, da bi (kot prej kamen) na višini 75 km na prostem krožnem tiru obvozilo Zemljo.



SLIKA 40.

Če je sredobežnost zaradi prehitre vožnje prevelika, vrže vozilo s ceste.

FAHRBAHN – CESTA; FLIEHKRAFT – SREDOBEŽNOST; BEWEGUNGSRICHTUNG DES HERAUSGESCHLEUDERTEN WAGENS (TANGENTIAL) – (TANGENCIALNA) SMER GIBANJA POSPEŠENEGA VOZILA; BODENREIBUNG DER RÄDER – TRENJE KOLES S PODLAGO.



SLIKA 41.

Zaradi za kakšnih 3.000 m/s prevelike hitroti potovanja (11.000 namesto 7.850 m/s!) je sredobežnost večja kot teža, zaradi česar vesoljsko ladjo potegne s proste krožne obhodne poti.

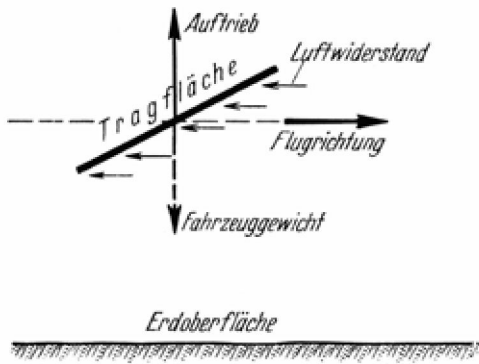
---

EINFALLBAHN – TIR PADANJA; EINFALLGESCHWINDIGKEIT RUND 11000 m/sek – VPADNA HITROST, PŘIBLIŽNO 11 000 m/s; FLIEHKRAFT – SREDOBEŽNOST; SCHWERKRAFT – TEŽNOST; GESCHWINDIGKEIT DER FREIEN KREISBAHN 7850 m/sek – HITROST NA PROSTI KROŽNI POTI 7850 m/s; ERDE – ZEMLIJA; FREIE KREIS-UMLAUFBAHN – PROSTA KROŽNA OBHODNA POT.

Zaradi sredobežnosti se bo vesoljska ladja s presežkom hitrosti oddaljevala z večjo silo, kot jo bo zmogla Zemlja pritegovati. Podobno se zgodi, če na cesti zapeljemo v ovinek s preveliko hitrostjo, preveč »ostro« (sl. 40): pri navzven pospešenem vozilu je sredobežnost, ki ga odnaša s ceste, večja od trenja koles s podlago – enako se skuša tudi naša raketna odcepiti od krožnega tira in se oddaljiti od Zemlje (sl. 41).

## Pristajanje z vsiljenim kroženjem

Takšno oddaljevanje lahko preprečimo z ustreznimi nosilnimi ploskvami. Pri običajnem letalu so nagnjene navzgor, zato med poletom nastane vzgon, ki zmore nositi letalo (sl. 42). V našem primeru bodo nosilne ploskve naravnane nasprotno, torej navzdol (sl. 43); pri tem nastane proti Zemlji usmerjen pritisk, ki ob pravilni izbiri nastavitvenega kota nosilnih ploskev odpravi presežek sredobežnosti in prisili vozilo, da ostane na krožnem tiru (sl. 44).



SLIKA 42.

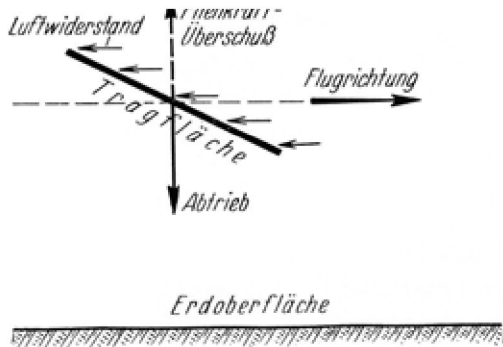
Načini delovanja nosilne ploskve pri običajnem letu letala. Zaradi zračnega upora nastali »vzgon« je naravnan navzgor in zato nosi vozilo.

ERDOBERFLÄCHE – ZEMELJSKO POVRŠJE; TRAGFLÄCHE – NOSILNA PLOSKVE; FAHRZEUGGEWICHT – TEŽA VOZILA; FLUGRICHTUNG – SMER LETENJA; AUFTRIEB – VZGON; LUFTWIDERSTAND – ZRAČNI UPOR.

V ta namen smo namenoma izbrali višino 75 km nad površjem Zemlje; zračni tlak je namreč tam že tako nizek, da na vesoljsko ladjo, kljub veliki hitrosti, učinkuje približno enak zračni upor kot na navadno letalo na običajni višini.

Med »vsiljenim kroženjem« se bo zaradi zračnega upora hitrost potovanja nenehno zmanjševala, presežek sredobežnosti bo vedno bolj plahnel, hkrati se bo zmanjševala tudi potreba po nosilnih ploskvah. Ko se bo hitrost potovanja zmanjšala na 7.850 m/s, bo izginil tudi presežek

sredobežnosti in nosilne ploskve ne bodo več potrebne. Vesoljska ladja bo na prostem obhodnem tiru krožila okoli Zemlje (»prosto krožno gibanje«, sl. 44).



SLIKA 43.

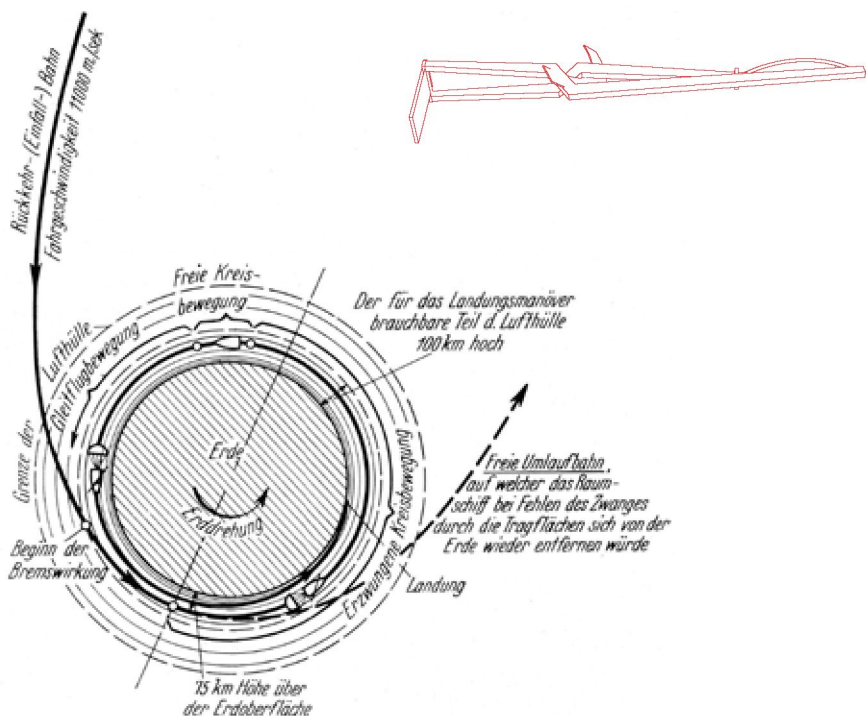
Način delovanja nosilne ploskve pri vesoljski ladji med vsiljenim krožnim gibanjem. Zračni upor ustvari proti Zemlji (navzdol) naravnan vzgon, ki odpravi presežek sredobežnosti.

ERDOBERFLÄCHE – ZEMELJSKO POVRŠJE; TRAGFLÄCHE – NOSILNA PLOSKEV; FLUGRICHTUNG – SMER LETENJA; LUFTWIDERSTAND – ZRAČNI UPOR; FLIEHKRAFTÜBERSCHUSS – PRESEŽEK SREDOBEŽNOSTI; ABTRIEB – VZGON.

Zaradi zračnega upora se potovalna hitrost še naprej zmanjšuje, sredobežnost je vse šibkejša, vedno bolj se uveljavlja teža. Znova moramo uporabiti nosilne ploskve, in sicer na enak način kot pri običajnem letalu (sl. 42): teži nasproti, torej gre za noseči drsni let (sl. 44).

Zaradi stalnega pojemanja hitrosti in bližanja Zemlje bo končna sredobežnost enaka nič; od takrat dalje, in vse dokler bo trajal drsni let, bodo vozilo nosile nosilne ploskve.

Pot skozi zračni ovoj bi bilo mogoče na ta način toliko podaljšati, da bi vozilo nekajkrat obkrožilo Zemljo. Med tem bi mu lahko brez strahu, da se vname, zmanjšali hitrost od nedvomno 11.000 m/s do praktične ničle (deloma tudi z učinkovanjem zračnega upora vozila in njegovih nosilnih ploskev). Tak manever bi trajal nekaj ur.

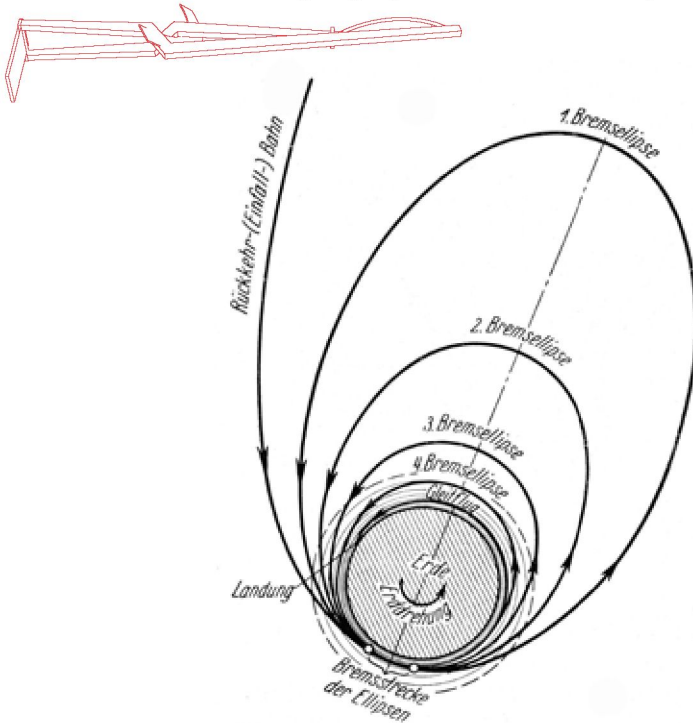


SLIKA 44.

Pristajanje z vsiljenim kroženjem. (Zračni ovoj in pristajalna spirala sta – zaradi večje razvidnosti označena višje, kot sta v resnici glede na Zemljo. Razmerja bi morala ustrezati sl. 8.)

RÜCKKEHR (EINFALL-) BAHN – POT VRAČANJA (VPADANJA); FAHRGESCHWINDIGKEIT 11.000 m/sek – POTOVALNA HITROST 11.000 m/s; FREIE KREISBEWEGUNG – PROSTO KROŽENJE; DER FÜR DAS LANDUNGSMANÖVER BRAUCHBARE TEIL D. LUFTHÜLLE 100 km HOCH – 100 km VISOK PREDEL OZRAČJA, PRIMEREN ZA PRISTAJALNI MANEVR; FREIE UMLAUFBAHN, AUF WELCHER DAS RAUMSCHIFF BEI FEHLEN DES ZWANGES DURCH DIE TRAGFLÄCHEN SICH VON DER ERDE WIEDER ENTERNEN WÜRD – PROSTI OBHODNI TIR, NA KATEREM SE VESOLJSKA LADJA ZARADI ODSOTNOSTI SILE PONOVO ODDALJI OD ZEMLJE; ERZWUNGENE KREISBEWEGUNG – VSILJENO KROŽENJE; LANDUNG – PRISTAJANJE; 75 km HÖHE ÜBER DER ERDOBERFLÄCHE – 75 km NAD ZEMELJSKIM POVRSJEM; BEGINN DER BREMSWIRKUNG – ZAČETEK ZAVIRANJA; GRENZE DER LUFTHÜLLE – MEJA OZRAČJA; GLEITFLUGBEWEGUNG – GIBANJE PRISUSTNEM POLETU; ERDE – ZEMLJA; ERDDREHUNG – VRTENJE ZEMLJE.

## Pristajanje po zaviralnih elipsah



SLIKA 45.

Pristajanje po zaviralnih elipsah: Zračni ovoj in pot pristajanja sta tudi tu, kakor na sl. 44, označena višje, kot sta v resnici. (Prim. sl. 8.)

1. BREMSSELLIPSE – PRVA ZAVIRALNA ELIPSA; 2. BREMSSELLIPSE – DRUGA ZAVIRALNA ELIPSA; 3. BREMSSELLIPSE – TRETJA ZAVIRALNA ELIPSA; 4. BREMSSELLIPSE – ČETRTA ZAVIRALNA ELIPSA; GLEITFLUG – DRŠNI POLET; ERDE – ZEMLJA; ERDDREHUNG – VRTENJE ZEMLJE; BREMSSTRECKE DER ELLIPSEN – ELIPTIČNI ZAVIRALNI TIR; LANDUNG – PRISTAJANJE; RÜCKKEHR-(EINFALL-) BAHN – POT VRAČANJA (VPADANJA).

Opisano ravnanje nam omogoča izpeljati prestop z vpadnega na krožni tir, hkrati pa med »vsiljenim kroženjem« primerno zmanjšati hitrost z 11.000 na 7.850 m/s. Po nekem drugem Hohmannovem predlogu dosežemo to tudi z vožnjo po »zaviralnih elipsah« (sl. 45). Ta pristajalni način na začetku ne zahteva nosilnih ploskev; zaviramo s padalom, ki

ga vozilo vleče za seboj, in sicer takoj ob vstopu v gostejše zračne plasti tako močno, kolikor le dopušča že prej omenjena nevarnost, da se vozilo preveč ne segreje.

Seveda se potovalna hitrost s takšnim zaviranjem ne zmanjša dovolj, da bi vesoljska ladja začela krožiti. Ostane neki presežek hitrosti in tudi sredobežnosti, ki bo vesoljsko ladjo potegnil navzven, da bo spet zapustila zračni ovoj in se na prostem obhodnem tiru eliptične oblike (1. zaviralna elipsa) oddaljila od Zemlje; a zdaj ne toliko kot prej, saj se je živa sila med zaviranjem že zmanjšala (sl. 45). Zaradi delovanja težnosti se bo vozilo čez nekaj časa začelo vračati proti Zemlji, še drugič bo prevozilo zračni ovoj (pri tem se bo zaradi padala spet izničil del njegove hitrosti) in znova se bo oddaljilo od Zemlje, a na še manjšem eliptičnem obhodnem tiru (2. zaviralna elipsa) itd.

Ker bo hitrost vse manjša, se bo vozilo gibalo vsakič po manjši zaviralni elipsi, dokler ne bo končno doseglo hitrosti 7.850 m/s. Z njo vred bo nastopilo tudi kroženje.

Nadaljnje pristajanje bo kot pri pristajanju z vsiljenim kroženjem potekalo v drsnem letu z nosilnimi ploskvami. Celotni potek, od prvega vstopa v zračni ovoj do pristanka na zemeljskem površju, naj bi trajal kakih 23 ur – precej dlje kot pri prvem postopku. Da bo pristajanje z vsiljenim kroženjem hitreje in tudi bolje potekalo, naj bodo nosilne ploskve, pri Hohmannovem pristajalnem manevru že tako ali tako predvidene, kar od samega začetka v celoti izkoriščene.

## Oberthov pristajalni manever

Povsem nekaj drugega je seveda, če se nosilnim ploskvam izognemo. (To predlaga Oberth v drugi izdaji svoje knjige, kjer se med drugim ukvarja tudi s problemi pri pristajanju.)

Pristajanje izvedemo s prej opisano zaviralno elipso (sl. 45). Ker nadaljnji pristajalni postopek zaradi odsotnosti nosilnih ploskev ne more potekati v drsnem letu, poševno na smer vožnje namestimo padalo. Tako dosežemo vzgon, torej delovanje, podobno kot pri nosilnih ploskvah.

Kljub temu bi se utegnilo pokazati, da je za preprečevanje nadaljnega

spuščanja še kako pomemben pogon. Zadostno količino pogonske snovi bi zagotovili na račun prihranka pri nosilnih ploskvah. Naše mnenje je, da je zaviranje s povratnim sunkom, kljub že navedenim pomislekom (ogrožanje z lastnimi plini, nastalimi pri izgorevanju), v glavnem mogoče, od vseh predstavljenih rešitev pristajanja pa je Hohmannova z vsiljenim kroženjem še najbolj uporabna.

## Dosedanji izsledki

Videli smo, da ni tehnično izvedljiv le polet po vesolju; zagotovimo lahko tudi uspešno vrnitev na Zemljo. Tudi zato se nam nikakor ne zdi upravičeno, da mnogi problem vožnje po vesolju odklanjajo kot utopijo in se pri tem zanašajo zgolj na površne presoje.

Za vožnjo po vesolju ni nobenih načelnih zadržkov, znanstvena in tehnična predvidevanja pa že danes upravičeno nakazujejo uresničitev teh najdrznejših sanj človeštva.

Seveda lahko minejo še leta in desetletja; predvsem tehnične ovire, ki jih je treba premagati, so še precejšnje in noben resen mislec si pred njimi ne zatiska oči. Najbrž bo treba za praktično izvedbo tudi predugačiti marsikateri, doslej še ne dovolj preizkušen predlog. Žrtvovati bo treba denar, napor, morda celo človeška življenja ... mar nismo doživljali tega tudi v prejšnjih desetletjih ob osvajanju zračnih višav!

V tehniki velja pravilo, da ko je nekaj spoznano za pravilno in možno, sledi vedno tudi izvedba, četudi stoji na poti do cilja še tolikšna prepreka – še zlasti, če se nam zdi, da se bo zadeva dovolj izplačala.

## Še dvoje pomembnih vprašanj

V želji po vsaj približni predstavitvi tistih dognanj, ki bodo omogočala prihodnje uspehe, razjasnimo še dvoje pomembnih vprašanj – doslej smo se namreč ukvarjali le s tehnično, ne pa tudi z gospodarnostno in s fiziološko platjo naše problematike.

Katere praktične in dejanske koristi bi lahko pričakovali od uresničitve vožnje po vesolju? Ali so te koristi dovolj pomembne? Se bo zagotovo



potrdilo, da se ti, za izvedbo neobhodni in nedvomno ogromni stroški tudi v resnici izplačajo?

Ali človek sploh lahko živi v popolnoma drugačnih fizikalnih razmerah, ki vladajo v odprtem vesolju? Kakšni posebni ukrepi bi bili za to potrebni?

Odgovori se bodo pojavili sami od sebe, medtem ko bomo v nadaljevanju še poglobljeje preiskovali predvidene možnosti za potovanje z vesoljsko ladjo.

Pri takih raziskavah običajno najprej pomislimo na potovanje k tujim nebesnim telesom in pristanek na njih, kot to zelo romantično opisujejo nekateri pisatelji. Kakorkoli že, to je zadnji del uspelega potovanja z vesoljsko ladjo. In vsekakor bi lahko prej prispevalo kaj uporabnega in uresničljivega, če ne bi bilo zahteve, da je treba popolnoma zapustiti območje našega domačega nebesnega telesa in se podati proti tujim, neznanim svetovom.

## Vesoljska raketa v poševnem metu

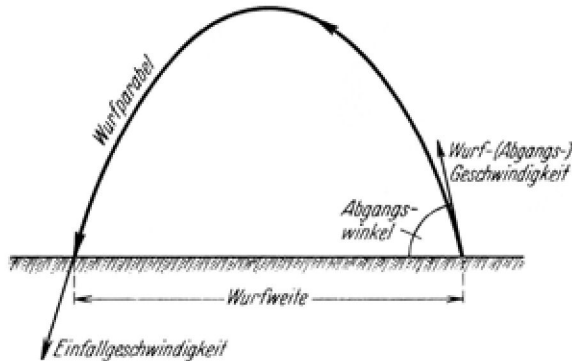
Najpreprostejši način praktične uporabe rakete kot sredstva za prevoz je, če jo usmerimo z Zemlje poševno (namesto navpično), da opiše parabolo (sl. 46). Vemo, da je met najdaljši, če meri kot, pod katerim mečemo (v našem primeru je to naklonski kot dviganja)  $45^\circ$  (sl. 47). Takrat deluje raketa kot izstrelek, a z bistveno razliko: čeprav ne potrebuje topa, ki bi jo izstrelil, in je lahko dosti težja kot običajen, še tako težek izstrelek ter ji pri vzletu določimo majhen začetni pospešek, bo dosegla tako veliko začetno hitrost, da za domet vesoljske rakete zemeljska meja sploh ne obstaja.

Ker bi lahko v najkrajšem času prenesla tovor na zelo velike razdalje, bi bilo po mnenju nekaterih možno ta postopek uporabiti za prenos nujnih tovorov, torej za poštni promet, daljinsko signalizacijo itd.

Pogoj za to je, da uspemo vpadno hitrost prihajajoče rakete pravočasno tako zavrteti, da bi bil nalet upočasnjen – v nasprotnem primeru bi bila vozilo in njegov tovor uničena. Glede na naš razmislek<sup>14</sup>

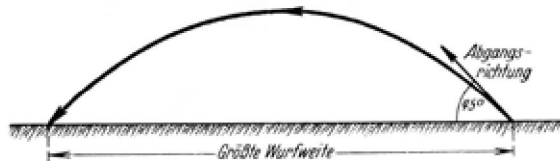
<sup>14</sup> Gl. str. 101.

sta na voljo dva načina zaviranja: s povratnim sunkom in z zračnim uporom. Ker pa se moramo zaradi neznanske porabe pogonskih snovi prvega načina brezpogojno in kjerkoli je mogoče izogibati, je praktično izvedljiv le drugi.



SLIKA 46.  
Poševni met.

ABGANGSWINKEL – NAKLONSKI KOT; WURF-(ABGANGS-) GESCHWINDIGKEIT – HITROST OB ZAČETKU META; WURFPARABEL – PARABOLA META; EINFALLGESCHWINDIGKEIT – VPADNA HITROST; WURFWEITE – DOMET.



SLIKA 47.  
Z dano začetno hitrostjo bomo najdaljši met dosegli, če bo naklonski kot meril  $45^\circ$ .

ABGANGSRICHTUNG – ZAČETNA SMER; GRÖSSTE WURFWEITE – NAJDALJŠI MET.

Prav gotovo nam ne bi uspelo zaviranje s padalom, saj bi pri velikosti meta, ki bi prišel v poštev, raketa padla na cilj s hitrostjo, nekajkrat večjo od hitrosti izstrelka. Zaviralni tir (v najboljšem primeru znotraj

zračnega ovoja) bi bil zaradi prevelike vpadne strmine dosti prekratek. Ob tem je treba upoštevati še, da bi bil velik del poti, kjer bi se obneslo zaviranje s padalom, prav v spodnjih, gostih zračnih plasteh.

Slednje velja v enaki meri tudi, če bi se, kot predlagajo nekateri, raketa med spuščanjem ločila od koristnega tovora – raketo bi prepustili njeni usodi, tovor pa bi se spustil s padalom. Vsekakor ta ukrep ne bi v nobenem pogledu neugodno vplival na velikost vpadne hitrosti, prav tako ne bi nastala škodljiva, prevelika strmina vpada.

Pri zaviranju z delovanjem zračnega upora bi prišel tovor nepoškodovan na cilj, če bi začeli zavirati že v zgornjih, redkejših, za potovalno hitrost ugodnih zračnih plasteh. Let bi moral biti dolgotrajen, kolikor toliko vodoraven (gre torej za Hohmannovo pristajanje z drsnim letom), temu primerno pa bi se podaljšala tudi zaviralna pot, ki ne bi bila kaj dosti krajša od celotne prevožene poti.

V primeru, ko bo treba zavirati, bomo uporabili gibanje, podrobneje predstavljeno v poglavju Vesoljska raketa kot letalo, in ne gibanja, podobnega metu.

Raketo lahko pošljemo po čistem poševnem metu zgolj, ko »varen pristanek« ni potreben – recimo kot izstrelek v vojne namene, kjer lahko brez nadaljnega uporabimo za pogon rakete tudi trdno pogonsko snov, npr. brezdimni smodnik ali kaj podobnega, kar je, kot smo omenili, predlagal že Goddard.<sup>15</sup>

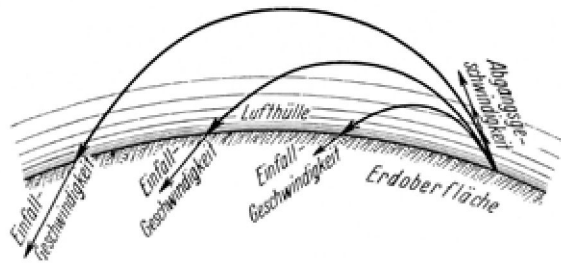
Zanesljivost v doseganju cilja je pri takšnem raketnem izstrelku seveda odvisna od tehnične izpopolnjenosti. A veliki cilji, ki bi v glavnem prišli v poštev (sovražnikova glavna mesta, industrijski predeli), že tako ali tako dopuščajo dokaj velika odstopanja. Predstavljajmo si, da med raketiranjem z velike daljave neovirano prispe na cilj, daleč v sovražnikovem zaledju, nekaj ton težek naboj – prav noben del zaledja ne bi bil varen pred napadom in tudi nobena obramba ne bi bila možna! Gre torej za res strašno orožje.

Utegne pa se primeriti, da domet rakete le ne bi bil popolnoma neomejen, kot bi končno pričakovali zaradi zmogljivosti raketnega pogona. S povečevanjem dometa namreč stopnjujemo tudi hitrost, s katero mora zalučano telo (v našem primeru izstrelek) pasti na cilj,

---

<sup>15</sup> Gl. str. 78, 85.

še prej pa predreti gostejše zračne plasti blizu zemeljskega površja (sl. 48). Če sta domet in posledično vpadna hitrost prevelika, se raketa zaradi trenja v zraku tako segreje, da je uničena (raztopljena, poškodovana), še preden prispe na cilj. Prav zato na Zemljo padajoči meteorji zelo redko dosežejo zemeljsko površje; zaradi svoje bistveno večje vpadne hitrosti zgorijo že v visokih plasteh ozračja. Tako nam bi zemeljsko ozračje ponudilo varstvo tudi v tem in še v nekaterih drugih pogledih.



SLIKA 48.

Kolikor večji je met, toliko večja je tudi vpadna hitrost (in temu primerna potrebna začetna hitrost ter višina vzpona).

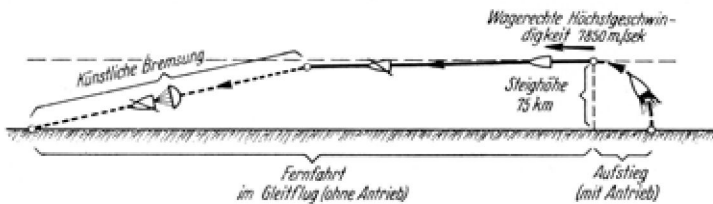
ERDOBERFLÄCHE – ZEMELJSKO POVRŠJE; ABGANGSGESCHWINDIGKEIT – ZAČETNA HITROST; LUFTHÜLLE – OZRAČJE; EINFALLGESCHWINDIGKEIT – VPADNA HITROST.

Marsikomu se opisani, najpreprostejši način uporabe vesoljske rakete ne bo zdel ravno priporočilo zanjo! A usoda malone vsake večje tehnične pridobitve je prav to, da jo je možno izkoristiti tudi v uničevalne namene. Mar bomo trdili, da je na primer razvoj kemije škodljiv in nezaželen, ker nam daje orožje, zahrbtnne vojne pline? Rezultati, ki jih pričakujemo od uspešnega razvoja vesoljske rakete in jih bomo spoznali v nadaljevanju, presegajo vse, kar nam je doslej omogočila tehnika.

## Vesoljska raketa kot letalo

Hohmann svetuje, kot smo že omenili, da vesoljsko ladjo opremimo za pristanek z nosilnimi ploskvami. V določeni fazi pristajalnega manevra<sup>16</sup> namreč obkroži Zemljo na prostem obhodnem tiru, tako da lebdi (nosi jo le sredobežnost) na višini 75 km s hitrostjo 7.850 m/s (prosto kroženje, sl. 44). Ker sta nato potovalna hitrost in z njo vred sredobežnost vse bolj šibki, začne vesoljski ladji naraščati teža, ki jo morajo za prehod kroženja v drsni let prevzeti nosilne ploskve. Njihov upor mora med spuščanjem ladje v vedno nižje, gostejše zračne plasti, ko se potovalna hitrost zmanjšuje in breme povečuje, omogočiti potreben vzgon (drsni let, sl. 44).

Ker bi na tak način obkrožili Zemljo v nekaj urah, se nam utrne zamisel, da bi tako vzpostavili zemeljski hitri letalski promet z največjo možno, že kozmično hitrostjo:



SLIKA 49.

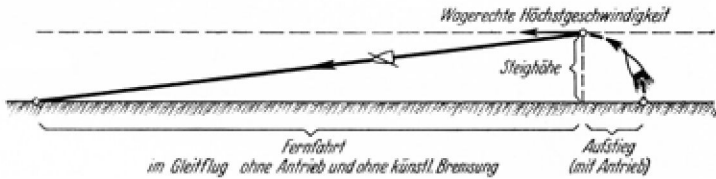
Shematična ponazoritev hitrega poleta s kozmično hitrostjo, pri katerem je vodoravna hitrost tako velika (v tem primeru enaka hitrosti pri prostem obhodnem gibanju), da lahko celotno pot izvede v drsnem poletu, pred pristanekom pa je potrebno še umetno zavirati.

AUFSTIEG (MIT ANTRIEB) – VZLET S POGONOM; STEIGHÖHE 75 km – VIŠINA VZPENJANJA 75 km; WAGERECHTE HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT 7.850 m/sek – NAJVEČJA VODORAVNA HITROST 7.850 m/s; KÜNSTLICHE BREMSUNG – UMETNO ZAVIRANJE; FERNFAHRT IM GLEITFLUG (OHNE ANTRIEB) – POTOVANJE Z DRSNIM POLETOM (BREZ POGONA).

<sup>16</sup> Gl. str. 106, 107.

Primerno grajeno in z nosilnimi ploskvami opremljeno vesoljsko ladjo dvignemo na višino 75 km in ji sočasno podelimo v smeri zemeljskega cilja vodoravno hitrost 7.850 m/s (sl. 49). Za premagovanje poti do cilja potem ne bo več potrebovala nobene dodatne sile, saj bo spočetka na prostem krožnem tiru, kasneje pa vedno bolj in na koncu že popolnoma v drsnem letu, ko jo bo nosil le še zračni vzgon. Naša naloga bi bila le, da pred pristankom pravočasno zmanjšamo končno hitrost z zaviranjem z zračnim uporom, npr. z zadaj nameščenim padalom.

Morebitne težave pristajanja pri tako velikih hitrostih bi reševali z manjšo največjo vodoravno hitrostjo, ker potrebujemo pri njej razmeroma manj umetnega zaviranja. Pri določeni največji vodoravni hitrosti bi celo zadostovalo že naravno zaviranje z neizogibnim zračnim uporom med vožnjo (sl. 50).



SLIKA 50.

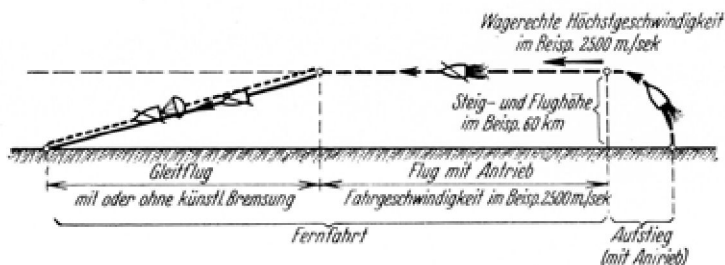
Shematična ponazoritev hitrega poleta s kozmično hitrostjo, pri katerem vodoravna hitrost ravnoma še zadošča, da izvedemo potovanje v drsnem poletu, če pri tem opustimo umetno zaviranje.

AUFSTIEG (MIT ANTRIEB) – VZLET S POGONOM; STEIGHÖHE – VIŠINA VZPONA; WAGERECHTE HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT – NAJVEČJA VODORAVNA HITROST; FERNFAHRT IM GLEITFLUG OHNE ANTRIEB UND OHNE KÜNSTL. BREMSUNG – POTOVANJE Z DRSNIM POLETOM, BREZ POGONA IN UMETNEGA ZAVIRANJA.

Med vožnjo v daljavo vozilo v vseh teh primerih ne potrebuje pogona. Dokler se vzpenja in ne doseže zaželene višine leta ali največje vodoravne hitrosti, pa ga vsekakor mora poganjati potisna raketa. Ta ga »izstrela«; pot do cilja potem premaguje le s »sunkom« (prejete žive sile), zato tudi ni opremljeno s pogonsko napravo, kvečjemu morda z majhnim rezervnim pogonom za odpravljanje napak pri ocenah

za pristanek. Za vzpon in doseg največje vodoravne hitrosti bi lahko namesto potisne rakete kar vozilo samo bodisi delno bodisi v celoti opravljalo pogon.

Pri še manjši največji vodoravni hitrosti bi bilo treba del poti prevoziti s pogonom (sl. 51), torej naj bi bilo, ne glede na uspešnost poleta, v vsakem primeru tudi samo vozilo opremljeno s pogonsko napravo. S seboj bi moralo nositi tudi toliko pogonske snovi, kolikor bi jo rabilo za čas potovanja s pogonom.



SLIKA 51.

Schematična ponazoritev hitrega poleta s kozmično hitrostjo, pri katerem največja vodoravna hitrost ne zadošča za izvedbo celotnega poleta v drsnem letu, zato je treba del poti opraviti s pogonom.

AUFSTIEG (MIT ANTRIEB) – VZLET S POGONOM; STEIG- UND FLUGHÖHE IM BEISP. 60 km – VIŠINA VZPENJANJA IN POTOVANJA JE, NA PRIMER, 60 km; WAGERECHE HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT IM BEISP. 2.500 m/sek – NAJVEČJA VODORAVNA HITROST, NPR. 2.500 m/s; FLUG MIT ANTRIEB – LET S POGONOM; GLEITFLUG MIT ODER OHNE KÜNSTL. BREMSUNG – DRJNI POLET Z ZAVIRANJEM ALI BREZ NJEGA; FAHRGESCHWINDIGKEIT IM BEISP. 2.500 m/sek – POTOVALNA HITROST ZNAŠA, NA PRIMER, 2.500 m/s; FERNEHRT – DALJINSKI POLET; .

Denimo, da vozilo uporablja kot pogonsko snov benzol in tekoči kisik ter doseže izpušno hitrost 2.500 m/s. Za ugoden izkoristek bi morala biti med trajanjem pogona (glede na prej pojasnjena načela tehnike raketne vožnje<sup>17</sup>) tudi potovalna hitrost (in temu primerno tudi največja vodoravna hitrost) enako velika. Torej 2.500 m/s. Najprimernejša višina leta (glede na preudarek o Hohmannovem pristajalnem postopku) bi bila 60 km. Pri tej hitrosti, še zlasti pri

17 Gl. str. 65–66.

letu v nasprotni smeri vrtenja Zemlje, torej od vzhoda na zahod, je delovanje sredobežnosti že tako neznatno, da bi bile nosilne ploskve obremenjene malodane s celotno težo vozila. Namesto za gibanje nebesnega telesa bi šlo za čisti let letala.

O konstrukcijski izvedbi takšnega hitrega letala, ki bi ga gнал povratni sunek (raketni pogon), zaradi nezadostne tehnične podlage zaenkrat raje še ne govorimo. Tako kot izdelava vesoljske rakete<sup>18</sup> je tudi izdelava hitrega letala vezana na praktično rešitev osnovnih vprašanj raketnih motorjev.

Nasprotno pa je vprašanje načina potovanja tako pomembno, da se je treba odločiti že danes. K že povedanemu dodajamo še to:

Za dvig vozila na zahtevano višino (35–75 km) se porabi precej pogonske snovi, zato se je vsekakor treba izogibati vmesnih postankov. Z deljenjem celotne poti bi skrajšali tudi zračni tir, ki ga prevozimo naenkrat, kar bi pomenilo razsipavanje dragocene energije, da ne omenjamo časovnih izgub, neudobja, povečane nevarnosti in ostalega, povezanega z vmesnimi postanki. Bistvo hitrega letalskega prometa je, da je toliko učinkovitejši, kolikor večje so (seveda v zemeljskih razsežnostih) naenkrat prepotovane razdalje, namreč razdalje, ki jih nismo namerno skrajšali z vmesnimi postanki.

Priključevanje raketnega letala na vmesne tankerske postaje, in kot je bilo predlagano, nekatere objekte pri prekooceanskem zračnem prometu bi bilo zato prava izjema. Tudi sicer najbrž ni prav, da imamo pri razmišljanju o gibanju raketnega letala v mislih potovalno tehniko naših sedanjih, vijačnih letal. (Upoštevati je treba, da je bila knjiga napisana leta 1929 – op. prev.)

Po drugi strani menimo, da je v bistvu napačno, če vožnja raketnega letala ne poteka kot pravi »let«, ampak bolj kot met (torej nekako tako, kot smo govorili v prejšnjem poglavju), kar predlagajo mnogi avtorji. Pri pristajanju je namreč treba poleg vodoravne zavirati tudi navpično komponento potovalne hitrosti. Ker te zaradi majhne dolžine na poti zaviranja v zemeljskem zračnem ovoju nikakor ni mogoče izničiti, pride namesto zračnega upora v poštev le zaviranje s povratnim sunkom. Tega se je zaradi porabe pogonske snovi treba izogibati, kjerkoli je le

---

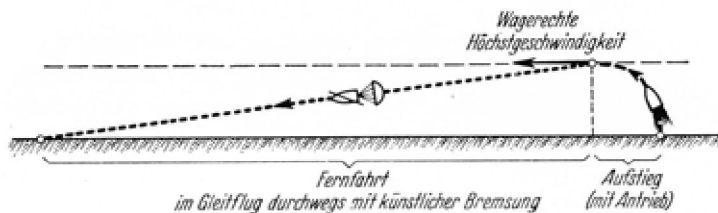
<sup>18</sup> Gl. str. 98.



mogoče.

V bistvu moramo preprečevati predvsem nastop navpične komponente potovalne hitrosti. To zlasti dosežemo, če vozilo, kot predlaga pisec, prevozi celotno pot kot letalo in kar najbolj vodoravno – kolikor je mogoče v drsnem letu (brez pogona). Če torej poteka podobno kot zadnja faza Hohmannovega pristajanja z drsnim letom, ki pa se je v našem primeru šele začel, in sicer z največjo vodoravno hitrostjo.<sup>19</sup>

Največja povprečna potovalna hitrost, s katero naj bi hitro letalo preletelo določeno progo, je odvisna od dolžine le-te; potovalno hitrost namreč omejuje zahteva, da se zaviranje zaradi pristajanja posreči, če začnemo zavirati, kakor hitro je le mogoče, torej hkrati ko dosežemo največjo vodoravno hitrost (sl. 52).



SLIKA 52.

Največjo srednjo hitrost dosežemo, če izberemo tako veliko največjo vodoravno hitrost, da jo še lahko umetno zavremo, brž ko smo jo dosegli. (Pri shematičnih ponazoritvah od sl. 49 do sl. 52 bi bilo, če bi hoteli ponazarjati naravno, zemeljsko površje ukrivljeno, kakor je na sl. 53.)

AUFSTIEG (MIT ANTRIEB) – VZLET S POGONOM; WAGERECHE HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT – NAJVEČJA VODORAVNA HITROST; FERNFAHRT IM GLEITFLUG DURCHWEGS MIT KÜNSTLICHER BREMSUNG – POTOVANJE Z DRSNIM POLETOM, KI GA VSEKOZI ZAVIRAMO.

Za določeni tir bi bila »najprimernejša največja vodoravna hitrost« tista, s katero bi mogli brez večjega umetnega zaviranja in v drsnem letu prevoziti pot do cilja (sl. 50 in 53). Po piščevem mnenju je za raketno letalo to tudi najprimernejši način letenja. Za povrh ga je moč uporabiti

<sup>19</sup> Primerjaj s str. 114–115.

povsod, še posebej pri največjih zemeljskih razdaljah, če le uspemo izbrati največjo vodoravno hitrost. S povečanjem hitrosti dosežemo tudi zmanjševanje upora med vožnjo; kolikor večja je namreč vodoravna hitrost, toliko bolj se bo let približeval prostemu obhodnemu gibanju okoli Zemlje, vozilo pa bo zaradi pojava sredobežnosti izgubljalo na teži, in potem je potreben toliko manjši vzgon v zraku, da lahko preložimo pot v višje, redkejše zračne plasti. Tam je manj upora – in tudi manj naravnega zaviranja.



SLIKA 53.

Najprikladnejši način izpeljave hitrega poleta s kozmično hitrostjo: glede na razdaljo izberemo tako veliko največjo vodoravno hitrost (»najugodnejša največja vodoravna hitrost«), da izvedemo celoten polet brez dodatnega pogona in brez umetnega zaviranja (glej shemo, sl. 50).

AUFSTIEG (MIT ANTRIEB) – VZLET S POGONOM; »GÜNSTIGSTE WAGERECHTE HÖCHSTGESCHWINDIGKEIT« – »NAJUGODNEJŠA VODORAVNA HITROST«; GLEITFLUG OHNE ANTRIEB U. OHNE KÜNSTL. BREMSUNG – DRNSNI POLET BREZ POGONA IN BREZ UMETNEGA ZAVIRANJA; ERDOBERFLÄCHE – ZEMELJSKO POVRŠJE.

Velikost najugodnejše največje vodoravne hitrosti je odvisna od dolžine prevožene poti. Torej bo mogoče napovedati, a šele ko bomo dobro raziskali razmere glede upora pri nadzvočnih in kozmičnih hitrostih v najvišjih zračnih plasteh.

Uporabili bi lahko tudi manjšo največjo vodoravno hitrost, pri kateri pa bi bilo treba del poti prevoziti s pogonom (prej smo ga raziskali glede na benzol). Nasprotno bi večja hitrost komaj prišla v poštev; zavirati bi morali namreč s padali, s tem pa bi bili ob znaten del uporabljene energije in obratovanje bi postalo preveč gospodarno. O, da bi to ne bilo potrebno! Kajti če bi izkoristili to »ugodnost«, bi že pri manjši največji vodoravni hitrosti v nekaj urah prevozili katerokoli razdaljo na Zemlji, tudi med antipodi.

Prednostim takšnih, tudi za današnje pojme še vedno ogromnih

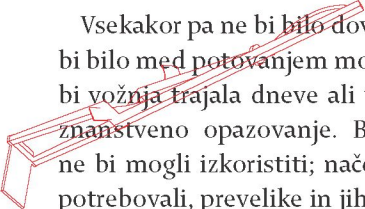
potovalnih hitrosti se pridruži še dejstvo majhne nevarnosti pri hitrem letu. Med samim daljinskim letom namreč odpadejo »zunanje nevarnosti«; da bi se pojavile ovire na poti, je tu, kakor pri vsakem drugem na ustrezni višini gibajočem se zračnem vozilu, praktično nemogoče. Tudi vremenske nevarnosti, ki znajo biti usodne pri potovanjih v daljavo (npr. vožnji nad oceanom), so med celotnim poletom s hitrim letalom popolnoma izključene. Vremenski pojavi so omejeni samo na spodnji, kakih 10 km visoko segajoči del atmosfere, na »troposfero«. V nad njo ležečem delu zračnega ovoja, v »stratosferi«, kjer naj bi potekal promet hitrih letov, zaradi vedno enakih zračnih tokov teh pojavov ni več.

Če za povrh uporabimo še »najprimernejšo največjo vodoravno hitrost«, tako da med letom v daljavo ne potrebujemo bodisi pogona bodisi umetnega zaviranja, so tudi »notranje« nevarnosti, namreč te, ki pretijo zaradi delovanja vozila, zminimalizirane. Podobno kot zunanje nevarnosti bi se v glavnem pojavile le med vzletom in pristajanjem. Kakor hitro bi oba postopka obvladali tako zanesljivo, kot ju pri običajnih prometnih sredstvih, bi bila hitra letala na Zemlji ne le najhitrejša, ampak tudi najvarnejša vozila.

Tak prometno-tehnični uspeh bi bil nekaj tako učinkovitega, da bi že sam po sebi upravičil vse žrtve, potrebne za uresničenje vesoljske vožnje. Ko bomo lahko nekega dne v pičlem dopoldnevu prepotovali razdaljo Berlin–Tokio ali celo okoli Zemlje, bomo morali v temelju spremeniti svoje pojmovanje zemeljskih razsežnosti! Šele takrat se bomo lahko imeli za gospodarja Zemlje, obenem pa bomo spoznali, kako majhen je v resnici naš domači planet. Naše hrepenenje bo doseglo one oddaljene svetove, ki smo jih vse do danes poznali le kot zvezde.

## Opazovalnica v odprtem vesolju

Z doslej povedanim v glavnem še nismo sledili pravemu cilju vožnje z vesoljsko ladjo: povzpeti se tako visoko, da bomo primerno daleč nad zemeljskim zračnim ovojem dospeli v popolno praznino, ne da bi se bilo treba prej v celoti ločiti od Zemlje. Že s tem bi se odprle neizmerne, popolnoma nove možnosti.



Vsekakor pa ne bi bilo dovolj povzpeti se in nato spet pristati. Najbrž bi bilo med potovanjem možno izbrati tako veliko hitrost dviganja, da bi vožnja trajala dneve ali tedne, medtem pa bi opravili marsikatero znanstveno opazovanje. Bolj velikopotezno žal vesoljskega poleta ne bi mogli izkoristiti; načeloma že zato ne, ker so naprave, ki bi jih potrebovali, prevelike in jih ne bi mogli naenkrat vzeti s seboj, ampak bi morali njihove sestavne dele enega za drugim dovažati in šele zgoraj sestaviti.

Naš cilj je torej možnost poljubno dolgega bivanja na določeni višini, in sicer na podoben način kot opazovalni balon, ki za daljše lebdenje ne uporablja nobene energije, ampak ga nosi zrak. Kako bi torej mogli obstati v višavah, ki segajo celo do odprtega vesolja, kjer ni ničesar, predvsem pa ne zraka, na katerega bi se opirali? In vendar! Četudi ni pri roki nič snovnega, bi bilo nekaj dovolj zanesljivo in uporabno, da bi se obdržali zgoraj – namreč preprosti naravni pojav, že tolikokrat omenjena sredobežnost.

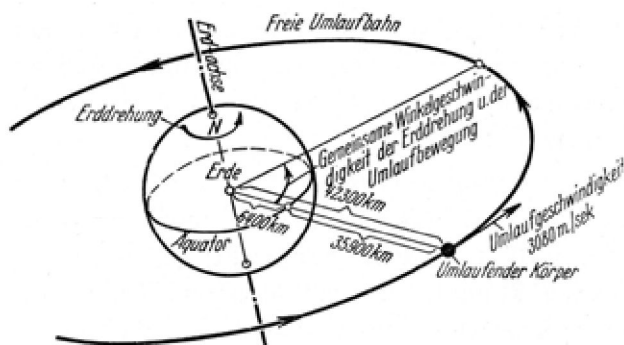
Uvodoma smo že nakazali,<sup>20</sup> da se je možno odtegniti težnosti nekega nebesnega telesa ali z doseganjem težnostne meje ali s prehodom na prosti obhodni tir. V prvem primeru odpravimo delovanje težnosti z vzbujeno silo vztrajnosti (pri krožnem gibanju pa le s sredobežnostjo, sl. 5); nastane stabilno stanje lebdenja, ki dovoljuje, da poljubno dolgo vztrajamo nad kakšnim telesom. V drugem primeru pa bi bilo treba iz same možnosti izpeljati tudi uporabo.

Pri dviganju moramo torej doseči dvoje: zeleno višino in obhodno hitrost, ki bo ustrezala natančno opredeljeni višinski legi (npr. oddaljenosti od središča Zemlje), se pravi obhodno hitrost, ki jo bo mogoče točno izračunati iz zakonov gravitacijskega gibanja. Podelitev te obhodne hitrosti (za Zemljo vsekakor ne bi znašala več kot kakšnih 8.000 m/s) naj ne bi povzročala težav, čim bi bila izdelava vesoljskih vozil dovolj izpopolnjena za tak dvig.

Od naštetih možnosti prostih obhodnih tirov okoli Zemlje so za nas pomembni le tisti, ki potekajo vsaj približno v krogu, od teh pa so spet posebno zanimivi samo oni, katerih polmer (oddaljenost od središča Zemlje) znaša 42.300 km (sl. 54). Le pri njih je namreč pri podeljeni

<sup>20</sup> Gl. str. 49–52.

obhodni hitrosti 3.080 m/s obhodna kotna hitrost tako velika, kolikor znaša Zemljina rotacija. Prav nič drugače ni, kot če bi telo na enem od teh obhodnih tirov obkrožalo Zemljo z isto hitrostjo, kot se vrtil sama – enkrat v enem dnevu (»stacionarni obhod«). In ko bi nam uspelo še, da bi bil obhodni tir natančno v ravni ekvatorja, bi telo trajno obtičalo nad eno in isto točko ekvatorja, in to na višini 35.900 km nad zemeljskim površjem glede na Zemljin polmer 6.400 km (sl. 54). To telo bi konec koncev predstavljalo konico neznansko visokega stolpa, ki vsekakor ne obstaja, njegovo nosilnost pa bi nadomeščalo delovanje sredobežnosti (sl. 55).



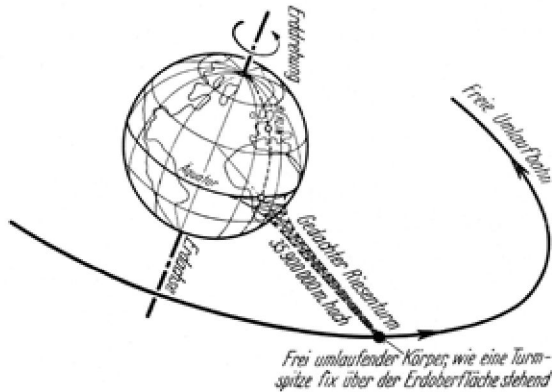
SLIKA 54.

Vsako telo, ki je na ravnini zemeljskega ekvatorja oddaljeno od središča Zemlje 42.300 km in kroži okoli Zemlje, nenehno prosto lebdi vselej nad isto točko nad zemeljskim površjem.

UMLAUFENDER KÖRPER – KROŽEČE TELO; UMLAUFGESCHWINDIGKEIT 3.080 m/sek – OBHODNA HITROST 3.080 m/s; FREIE UMLAUFBAHN – PROSTI OBHODNI TIR; ERDE – ZEMLJA; ÄQUATOR – EKVATOR; ERDACHSE – ZEMELJSKA OS; ERDDREHUNG – VRTENJE ZEMLJE; GEMEINSAME WINKELGESCHWINDIGKEIT DER ERDDREHUNG U. DER UMLAUFBEWEGUNG – SKUPNA KOTNA HITROST VRTENJA ZEMLJE IN KROŽENJA.

To »lebdečo konico« stolpa bi lahko postavili na katerikoli višini in jo opremili za katerikoli namen. Takšna zgradba bi nedvomno spadala k Zemlji, poleg tega pa bi celo vztrajala na istem mestu; tako bi imeli v odprtem vesolju in daleč nad zračnim ovojem opazovalnico, katere »nadmorska višina bi znašala 35.900.000 metrov«. Če bi jo recimo namestili nad berlinski poldnevnik, bi to »vesoljsko opazovalnico« nenehno videli na nebu tam, kjer je sredi avgusta opoldne Sonce.

V primeru, da bi jo hoteli imeti nad katero drugo točko na Zemlji in ne nad ekvatorjem, bi opazovalnico pač preselili, pri tem pa bi morala ostati v nespremenjeni legi glede na zemeljsko površje. Ravnini njenega obhodnega tira proti ravnini ekvatorja bi torej morali določiti ustrezen naklonski kot, kar bi imelo za posledico, da bi se vsak dan, v razmerju z velikostjo tega naklonskega kota, opazovalnica bolj ali manj globoko nagibala od zenita proti ekvatorju. To nevšečnost bi lahko delno odpravili, če bi na izbranem kraju postavili namesto ene več vesoljskih opazovalnic; pri pravi izbiri njihovega tira bi bila vselej ena od njih v njegovem zenitu. Vsekakor velja razmisliti tudi o možnosti, da bi obhodni tir namestili tako, da bi njegova ravnina ležala navpično na ravnini bodisi zemeljskega tira (tako predlaga Oberth) bodisi ekvatorja.



SLIKA 55.

Telo, ki bi krožilo okoli Zemlje, kot kaže sl. 54, bi tvorilo konico orjaškega (seveda le umišljenega) 35.900.000 metrov visokega stolpa.

FREI UMLAUFENDER KÖRPER, WIE EINE TURMSPITZE FIX ÜBER DER ERDOBERFLÄCHE STEHEND – PROSTO KROŽEČE TELO STOJI KOT NEKARŠNA STALNA KONICA STOLPA NAD ZEMELJSKIM POVRŠJEM; FREIE UMLAUFBAHN – PROSTI OBHODNI TIR; GEDACHTER RIESENTURM 35.900.000 m HOCH – UMIŠLJENI OBJAŠKI STOLP, VISOK 35.900.000 m; ÄQUATOR – EKVATOR; ERDACHSE – ZEMELJSKA OS; ERDDREHUNG – VRTENJE ZEMLJE.

Velikost (premer) obhodnega tira je možno izbrati tudi drugače; če

bi bil iz energetske gospodarskih razlogov na manjši ali večji razdalji od stacionarnega obhoda (prometno oporišče, gl. v nadaljevanju), bi dobila Zemlja pravzaprav stalno, zelo dobrodošlo opazovalno križišče (morebiti nekakšno okno v vesolje, za kartografijo itd., gl. v nadaljevanju).

Kako bi v taki vesoljski opazovalnici živeli? V katere namene bi jo uporabljali? Kako bi bila urejena in opremljena? Pri odgovoru na ta vprašanja sta izredno pomembna prevladujoča fizikalna faktuma: breztežnost in brezračnost.

## *Bistvo teže in možnosti njenih vplivov*

Ko smo govorili o silah mase<sup>21</sup>, smo pojasnili, da različne vrste ene in iste sile razpoznavamo kot: težnost, vztrajnostni upor, in kot poseben primer slednjega, sredobežnost. Zdaj bomo nekoliko bolje spoznali njihovo bistvo.

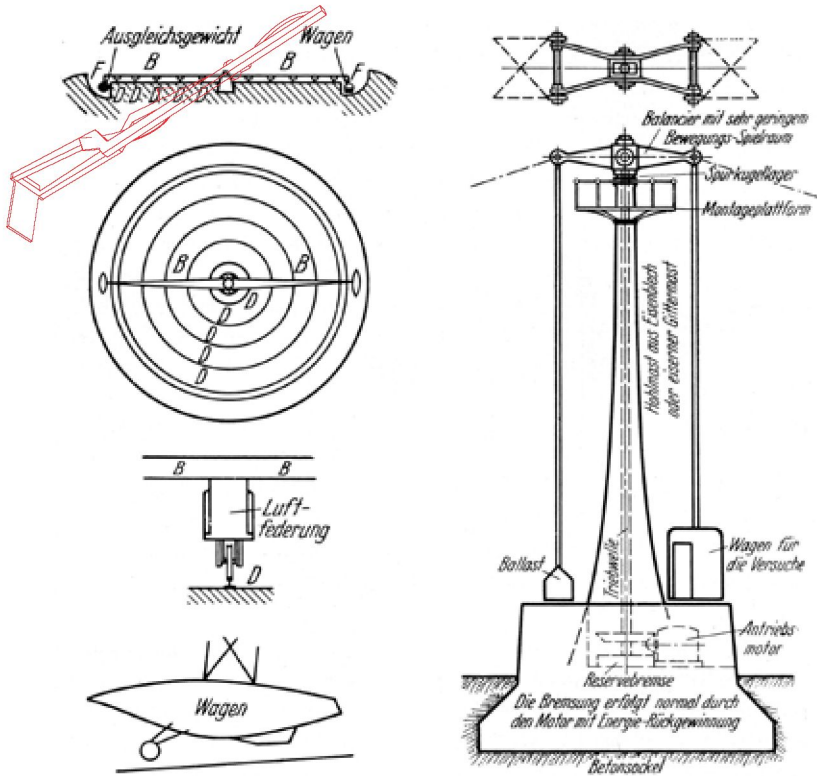
Za razliko od mehaničnih sil, ki delujejo zgolj v določeni točki površine telesa, sile mase sočasno delujejo v vseh, tudi v notranjosti ležečih točkah. Ker je ta poglobljena lastnost skupna vsem silam mase, je pri praktičnem učinkovanju popolnoma vseeno, za katero silo mase pravzaprav gre. Na telesu se bo vselej razodevala kot težnost, mi pa jo bomo vselej zaznali kot dobro znani »občutek teže«; zato je tudi vseeno, ali gre pri tem za težnost, vztrajnostni upor, sredobežnost ali pa za rezultanto vseh/nekaterih od njih. Zaradi popolnoma enakega učinkovanja je možno, da različne sile mase vzajemno krepimo, slabimo ali pa jih popolnoma izničimo.

Uresničitev vzajemne krepitve sil mase smo spoznali že pri raziskavi vzleta vesoljske rakete.<sup>22</sup> Težnost se bo povečevala toliko časa, dokler bo trajal pogon, in sicer zaradi vztrajnostnega upora, ki se bo vseskozi uveljavljal kot povečanje teže (sl. 22).

---

<sup>21</sup> Gl. str. 45–47.

<sup>22</sup> Gl. str. 74–76.



SLIKA 56.  
Vrtljak po Oberthu.

WAGEN – VOZILO; LUFTFEDERUNG – ZRAČNO VZMETENJE; AUSGLEICHSGEWICHT – UTEŽ ZA URAVNOTEŽANJE; B – STRANSKA ROČICA; D – TIRI.

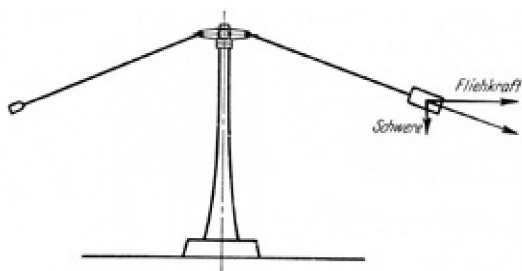
SLIKA 57.  
Orjaška centrifuga, kot jo predlaga pisec. Z vrtljakom in centrifugo dosežemo stanje povečane teže za opravljanje poskusov s področja fizioloških raziskav.

BETONSOCKEL – BETONSKI PODSTAVEK; DIE BREMSUNG ERFOLGT NORMAL DURCH DEN MOTOR MIT ENERGIE RÜCKGEWINNUNG – ZAVIRANJE DOSEŽEMO, KOT OBČAJNO Z MOTORJEM, Z ODVZEMANJEM ENERGIJE; RESERVEBREMSE – POMOŽNA ZAVORA; ANTRIEBSMOTOR – POGONSKI MOTOR; WAGEN FÜR DIE VERSUCHE – VOZILO ZA POSKUSE; TRIEBWELLE – POGONSKO VRETENO; HOHLMAST AUS EISENBLECH ODER EISENER GITTERMAST – ŽELEZNI VOTLI DROG ALI ŽELEZNI MREŽASTI JAMBOR; MONTAGEPLATTFORM – MONTAŽNA PLOŠČAD; SPURKUGELLAGER – KROGLIČNI LEŽAJ; BALANCIER MIT SEHR GERINGEM BEWEGUNGS-SPIELRAUM – SREDSTVO ZA URAVNOVEŠANJE (BALANSIR) Z MAJHNIM HODOM;



Iz tega sledi, da je možno tudi v normalnih zemeljskih razmerah povzročiti stanje povečane teže – če uporabimo sredobežnost, celo poljubno dolgo. To poznamo v tehniki, recimo pri različnih centrifugah, možno pa bi bilo tudi pri namensko zgrajenih vrtljajkih (sl. 56) in še zlasti pri posebej konstruiranih orjaških centrifugah (sl. 57 in 58). Pri ustreznem številu vrtljajev bi dosegli tudi občutno povečanje delovanja teže.

Nasprotno pa dalj časa trajajoče zmanjševanje ali odpravljanje teže in doseganje breztežnostnega stanja v zemeljskih razmerah ni možno, kajti naj še enkrat poudarimo, težnosti ni mogoče odpraviti drugače kot z enako veliko, nasproti usmerjeno silo mase. Seveda je možno telo s podpiranjem zadrževati, da ne pade (težnost pa je vendar tu), a teže mu s tem ne moremo odpraviti, kar dokazuje obstoj pritiska na podlago. Tudi poskus, da bi telo s predruženjem njegove materialne zgradbe odtegnili vplivom težnosti, je enkrat za vselej obsojen na neuspeh.



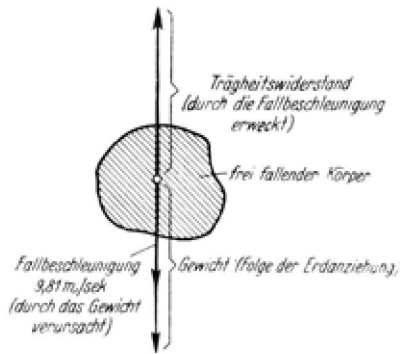
SLIKA 58.  
Orjaška centrifuga med pogonom.

SCHWERE – TEŽA; FLIEHKRAFT – SREDOBEŽNOST.

Na površju Zemlje torej niti ni na voljo ustrezne intenzivne tuje težnosti niti ni mogoče razviti sredobežnosti do te mere, da bi zaradi nje telo, na katerega bi delovala, prešlo v breztežnostno stanje.

Lahko pa na Zemlji, seveda le za krajši čas, odpravimo težnost s tretjo silo mase, tj. z vztrajnostnim uporom. Breztežnost, nastalo na ta način,

lahko vsak dan občutimo na sebi in opazujemo na drugih telesih – pri prostem padu. Da neko telo pada, ne pomeni nič drugega, kot da se zaradi svoje teže giblje proti središču Zemlje, in to s pospeškom (kot je znano, znaša pri človeku  $9,81 \text{ m/s}^2$ ), ki je natančno tolikšen, da z vztrajnostnim uporom, ki se pojavi v telesu, odpravlja težo telesa (sl. 59). Da pa ne bi prišlo do ustavitve, se pospešek, kot je znano, primerno povečuje, hkrati z njim pa tudi (nasproti teži delujoči) vztrajnostni upor. Pri prostem padu (torej tudi med skokom) smo potemtakem breztežni. Navdaja nas občutek breztežnosti; obnašanje telesa med prostim padom pa bi lahko opazovali tudi med breztežnostnim stanjem, doseženim kako drugače. Seveda traja padanje, če noče biti pogubno, le nekaj trenutkov – najdaljše je pri odskokih s padalom in smučarskih skokih. Breztežnostno stanje na Zemlji je torej možno uresničiti le za zelo kratek čas. Kljub temu pa je na ta način Oberthu uspelo opraviti zelo zanimive poskuse, iz katerih je sklepal na obnašanje različnih teles in na potek naravnih pojavov v breztežnostnem stanju.



SLIKA 59.

Sile pri prosto padajočem telesu.

FREI FALLENDER KÖRPER – PROSTO PADAJOČE TELO; TRÄGHEITSWIDERSTAND (DURCH DIE FALLBESCHLEUNIGUNG ERWECKT) – VZTRAJNOSTNI UPOR (VZBUJA GA POSPEŠEK PRI PADANJU); GEWICHT (FOLGE DER ERDANZIEHUNG) – TEŽA (SLEDI PRIVLAČNOSTI ZEMLJE); FALLBESCHLEUNIGUNG  $9,81 \text{ m/sek}^2$  (DURCH DAS GEWICHT VERURSACHT) – POSPEŠEK PRI PROSTEM PADU,  $9,81 \text{ m/s}^2$  (POVZROČA GA TEŽA).

Vse kaj drugega so razmere pri vesoljski vožnji. Ne le da utegne prosti pad trajati dneve in tedne; telo je možno tudi trajno odtegniti delovanju teže, in sicer, kot smo že dejali<sup>23</sup>, z nasprotno delujočim, med prostim krožnim gibanjem nastalim vztrajnostnim uporom, ki se kaže predvsem kot sredobežnost. To uporabljamo tudi pri vesoljski opazovalnici, ki se tako znajde v brezmejno trajnem, popolnem stanju breztežnosti – »stabilnem lebdenju«.

## Vpliv breztežnosti na človeški organizem

Kakšne posledice ima odsotnost teže za človeški organizem? Izkušnje pri prostem padu kažejo, da krajše breztežnostno stanje za zdravje ni škodljivo. Ali velja to tudi za dalj časa trajajočo breztežnost, ne more nihče z gotovostjo trditi, saj česa takega ni še nihče izkusil. Lahko pa to z večjo verjetnostjo domnevamo za fiziološke procese, saj mnogo telesnih funkcij poteka zaradi mišičnih ali osmoticnih sil, torej ne potrebujejo teže. Dejansko se izkaže, da so vsi življenjsko pomembni procesi popolnoma neodvisni od lege telesa; enako dobro potekajo tako v pokončnem kot v ležečem položaju ali v kateri drugi legi. Le pri izredno dolgem bivanju v breztežnostnem stanju bi verjetno nastala kakšna škoda, saj bi mišice zaradi daljše nedejavnosti uplahnile in v težnostnih razmerah odpovedale (npr. po vrnitvi na Zemljo). Zelo verjetno je, da bi se temu izognili s sistematičnimi mišičnimi vajami na tehničnih napravah (gl. v nadaljevanju).

Ravnotežnostni organ v notranjem ušesu je domnevno edini organ, na katerega bi utegnili vplivati odsotnost teže. Vsekakor nam ne bi več služil na enak način kot sicer, saj v breztežnostnem stanju pojma ravnotežje ne bi poznali. Ker bi imeli v vsakem telesnem položaju enake občutke, bi »zgoraj« in »spodaj« glede na okolico izgubila svoj običajni pomen – tal, stopra in sten nekega prostora ne bi več razlikovali.

Vtisi teh popolnoma neobičajnih razmerij bi utegnili vsaj na začetku povzročiti močnejše duševno neravnovesje, prišteti pa je treba še neposredni odziv breztežnostnega stanja na živčni sistem. Bistveni čutni

---

23 Gl. str. 49, 50.

vtisi so: že prej omenjeni vpliv ravnotežnostnega organa, ko prenehamo čutiti, da ima telo oporo, in nekatere spremembe pri občutenju mišic in sklepov.

Vsi ti občutki skupaj in hkrati so nam doslej znani le iz prostega pada. Tega lahko, kot smo že omenili, v zemeljskih razmerah doživimo le pri padanju, ob njem pa s samim padanjem povezan občutek strahu. Vsa zaradi nenavadnih okoliščin pri pojemanju občutka za težo nastala duševna stanja bomo občutili tudi takrat, ko breztežnosti ne bomo dosegali s padanjem, ampak kako drugače (npr. z učinkovanjem sredobežnosti v vesoljski opazovalnici).

Na podlagi dosedanjih izkušenj (letalci, smučarski skakalci) lahko pričakujemo, da bomo breztežnostno stanje s prilagajanjem brez težav prenašali tudi duševno, še zlasti ko bomo dojeli, da »breztežnost« in »padanje« nista nujno v medsebojni zvezi. Domnevamo celo, da bo s postopnim ugašanjem občutka za težo plahnel tudi občutek strahu.

Z vsemi temi vprašanji se je natančneje ukvarjal Oberth. Če uporabimo njegove izkušnje, lahko povzamemo: medtem ko telesne procese tudi dalj časa trajajoča breztežnost bistveno ne prizadene, tega za duševnost ne moremo z gotovostjo trditi, ampak lahko le domnevamo. Duševni vtisi bi si morali slediti nekako takole: najprej, vsaj pri hitrem, neposrednem nastopu breztežnosti – občutek strahu; možgani in čutila delujejo izredno hitro, misli so strogo stvarne, hitro pojavljajoče in izredno logične; čas teče dozdevno počasneje; nastopi nenavadna neobčutljivost za bolečine in občutek neugodja. Kasneje ti pojavi izginejo, za sabo pa pustijo občutek nekakšne povečane napetosti in svežine, morda podobno kot pri uživanju sredstev za spodbujanje živčevja, vse dotlej, dokler po daljšem prilagajanju ne postane duševno stanje spet popolnoma normalno.

## *Fizikalno obnašanje teles ob odsotnosti teže*

Z jasnejšo predstavo o splošnih fizikalnih razmerah v breztežnostnem stanju moramo domnevati, da v njem ne deluje po zakonitosti sila, ki privlači vse mase k tlor. Telesa se zato gibljejo le še po vztrajnostnem zakonu (vztrajnost), dokler jih v njihovi naključni in premočrtni smeri gibanja kaj ne zavre, ves čas pa se podrejšajo silam (molekularnim,

električnim, magnetnim, maso privlačujočim in drugim), ki delujejo med njimi ali v njih.

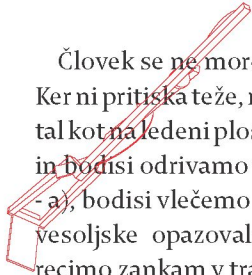
Posledica te nenavadne domneve je, da se vsa telesa obnašajo popolnoma spremenjeno, pa tudi naša dejanja in njih posledice se odvijajo povsem drugače, kot smo vajeni.



SLIKA 60.

Soba v vesoljski opazovalnici, v kateri vlada breztežnostno stanje, zato je tudi primerno opremljena: stene so v celoti obložene in opremljene z ročaji za oprijemanje. V njej ni nobenega prostega predmeta.

- K ..... Omarica, ki jo je mogoče zapirati, za shranjevanje uporabnih predmetov ipd.
- L ..... Line, skozi katere prihaja svetloba (gl. str. 153).
- O ..... Odprtine za prezračevanje (gl. str. 154).
- z ..... Gibanje po prostoru s preprijemanjem.
- a ..... Gibanje po prostoru z odrivanjem.



Človek se ne more več pomikati s »hojo«. Noge izgubijo svoj namen. Ker ni pritiska teže, ni trenja na podplatih, zato se ti še manj oprijemljejo tal kot na ledeni ploskvi. Premikamo se tako, da se oprijemamo z rokami in bodisi odrivamo v smeri cilja, tako da odplavamo proti njemu (sl. 60 - a), bodisi vlečemo vzdolž ploskve (sl. 60 - z) – v ta namen so vse stene vesoljske opazovalnice opremljene z ustreznimi ročaji, podobnimi recimo zankam v tramvajih (sl. 60 in 61).

Novinec zna imeti težave z občutkom za pravo mero svoje moči. Vsekakor pa ga potrebuje, sicer bi prevelika vnema privedla do bolečih posledic, tj. z vso silo bi se zadel v nasproti ležečo steno. V prostorih, namenjenih posadki, je zato treba oblaziniti vse stene, še zlasti pa vogale in robove (sl. 60).

Odriv bi bil lahko celo življenjsko nevaren! Zamislimo si, da se ne odrinemo v zaprtem prostoru, ampak na prostem, zunaj vesoljske opazovalnice. Pri odriču v vesoljskem oblaku (gl. v nadaljevanju) smo prepočasni oz. ne upoštevamo varnostnih ukrepov, zato zgrešimo cilj in odplavamo dalje, v brezkončno, smrtonosno vesoljsko praznino. V nasprotju z zemeljskim »strmoglavljenjem v globino« nam grozi nič bolj prijazno »plavanje v vesolju«. Klic »človek v morju« ima svojo težo, tudi ko ni teže.

Ker teža telesa ne pritiska več na podlago, je popolnoma brez pomena predmete »obešati« ali »odlagati«; smiselno bi jih bilo le prilepiti oz. pričvrstili na podlago bodisi z magnetom bodisi s katero drugo silo. Vsako stvar bi lahko spravili le še tako, da bi jo pričvrstili, ali še bolje, priklenili. Pomemben del opreme v opazovalnici bi bile zato omarice s ključavnicami, ki bi jih bilo mogoče pritrčiti na stene (sl. 60 in 61 - k).

Obešalniki, police in tudi mreže za odlaganje predmetov bi bili povsem neuporabni. Stoli, klopi in postelje ne bi več služili svojemu namenu; nanje bi se morali čvrsto privezati, sicer bi že ob najmanjšem gibu odleteli v drug kot sobe. Brez teže ni niti »stanja«, niti »sedenja«, niti »ležanja«. Da bi opravili zeleno delo, bi se morali na kraju, kjer bi ga opravljali, prav tako krepko pripeti – recimo za mizo, če bi želeli pisati ali risati (sl. 61). Da bi spali, se nam ne bi bilo treba uleči – počivali bi lahko v kateremkoli telesnem položaju. V neredu prosto gibljivih predmetov, nastalem zaradi odsotnosti teže, pa vendarle lahko vzpostavimo red, čeprav ne popolnoma hotenega. Tudi za vesoljsko opazovalnico velja

splošni zakon o privlačnosti mase, ki povzroča, da vse mase težijo proti skupnemu težišču. Zaradi razmeroma majhne skupne mase in zato z izredno majhnim pospeškom pa vsekakor traja pot enega metra cele ure. A telo bo končno, če ga le ne bomo zadrževali, zaradi takšnega ali drugačnega naključnega gibanja trčilo ob steno in tam obstalo. Če ima dovolj veliko hitrost, se bo, sorazmerno s stopnjo elastičnosti, spet odbilo in toliko časa potovalo sem ter tja med stenami, dokler ne bo porabilo vse svoje gibalne energije. Potem bo obmirovalo na eni od sten. Sčasoma bodo vsa v območju vesoljske opazovalnice prosto gibajoča se telesa obmirovala, pri tem pa se čimbolj približala skupnemu težišču zgradbe.

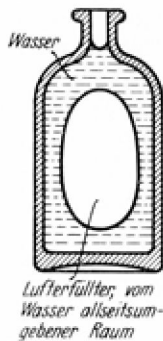


SLIKA 61.

Priprave za pisanje v breztežnostnem stanju: na pisalno mizo se moramo pričvrstiti, npr. z usnjenimi jermeni (G), da bi ob njej obstali (ne da bi se je oprijemali). – Skozi (okroglo) odprtino za vrata (T) je priplaval človek, ki nosi predmet iz sosednjega prostora.

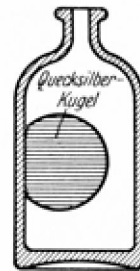
Dogodek se utegne razvleči na cele ure, tudi na nekaj dni; zadostuje že šibek preprič, da ga zmoti ali da se že mirujoče telo, ki pa se le narahlo oprijemlje stene, znova odbije. Pri gibanju mas brez teže torej ni praktično nobene zakonitosti. Na skrajno neprijeten način lahko to opazimo na telesih, ki v velikem številu prispejo v prostor – če se ta telesa prašijo, lahko prah še na razmeroma preprost način zberemo s filtriranjem zraka (z aparati za sesanje prahu ali s podobnimi napravami), nato pa ga odstranimo; če imamo kaj večjega, recimo da se nam iztrese vreča jabolk, nam ne preostane drugega, kot da jih polovimo z mrežo. Prav vsa telesa je treba zelo dobro spravljati, kajti urejevalna lastnost teže je prenehala delovati in materija je »razbrzdana«.

Drugače se obnaša tudi blago za oblačila; naj bo tkanina še tako težka, nič več ne »pada«. Plašči, ženska krila, predpasniki in še kaj podobnega so povsem nepotrebni. Ob najmanjšem telesnem gibu bi se brez reda poglobili na vse strani.



SLIKA 62.

Razporeditev vode v le delno napoljeni steklenici ob odsotnosti teže.



SLIKA 63.

Obnašanje živega srebra v steklenici ob odsotnosti teže.

WASSER – VODA; LUFFLERFÜLLTER, VOM WASSER  
ALLSEITSUMGEBENER RAUM – Z ZRAKOM  
NAPOLNJEN PROSTOR, KI GA OD VSEH STRANI  
OBDAJA VODA.

QUECKSILBERKUGEL – KROGLA ŽIVEGA SREBRA.

V breztežnostnem stanju so nekaj prav posebnega tekočine. V normalnih razmerah si močno prizadevajo uravnavati se po teži in



dospeti na čim globlje mesto, kjer se vselej popolnoma prilagodijo vsakokratni podlagi (posodi, tlom). Ker tu ni teže, posamezni delci mase neovirano sledijo molekularnim silam in se ravnaajo po njihovem delovanju. Tekočine si zato v breztežnostnem stanju prisvojijo samostojno, a geometrično najbolj preprosto obliko krogle. Najbrž podležejo svojim kohezijskim silam, ker niso v stiku z nobenim telesom, ki bi ga lahko »oškropile«.

Glede na prej povedano nam je tudi bolj jasno, zakaj voda pada v obliki kaplje: ker je brez teže, privzame kroglasto obliko, to pa zračni upor popači v kapljo.

Tekočina telo, s katerim je v stiku, oškropi, saj se kohezijskim silam pridružijo še adhezijske. Ker le-tem sledi kolikor je le mogoče, se tekočina razleze po površini telesa in ga prekrije z debelejšo ali s tanjšo plastjo.

Voda v delno napoljnjeni steklenici zato ne bo pokrivala le dna (njegovo sredino bo celo zanemarila), ampak se bo skušala razširiti po vseh stenah (sl. 62). Živo srebro (ni tekočina, ki bi močila) se bo, nasprotno, strnilo v kroglo in ta bo pristala na steni in vztrajala v lebdenju (sl. 63).



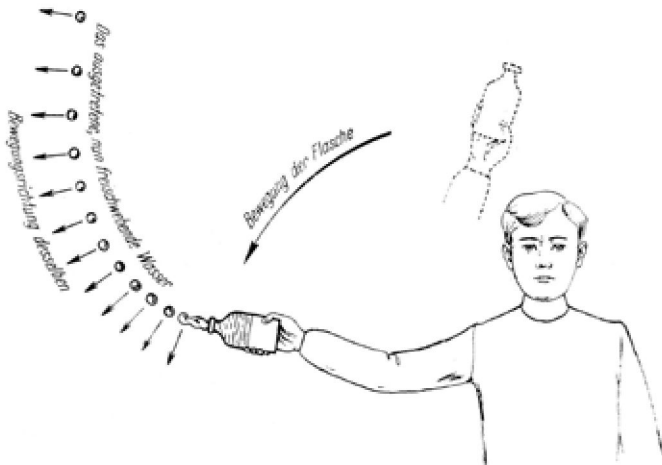
SLIKA 64.

Praznjenje steklenice v breztežnostnem stanju s potegom.

EINGESAUGTE LUFTBLASEN – VSRKANI ZRAČNI MEHURČKI.

Lega steklenice je v obeh primerih popolnoma nepomembna, saj se ne more izprazniti zgolj zaradi nagiba. Če jo hočemo izprazniti, moramo steklenico, bodisi hitro potegniti nazaj (torej vzvratno pospešiti, sl. 64), bodisi suniti v smeri proti iztočeni odprtini in jo potem, ko že dosežemo premikanje naprej, nenadoma pridržati (torej zadrževanje pri nadaljnjem gibanju, sl. 64), bodisi krožno vihteti (sl. 65).

Tekočina bo zaradi vztrajnosti (v našem primeru se izkaže kot sredobežnost) ob sočasnem vsrkavanju zraka (odtod kлокotanje pri običajnem praznjenju steklenice) izstopala iz steklenice. Ker mora potekati vdor zraka hkrati z iztekanjem vode, je pogoj dovolj širok vrat steklenice ali pa izvedba gibanja z zadostno silo.



SLIKA 65.

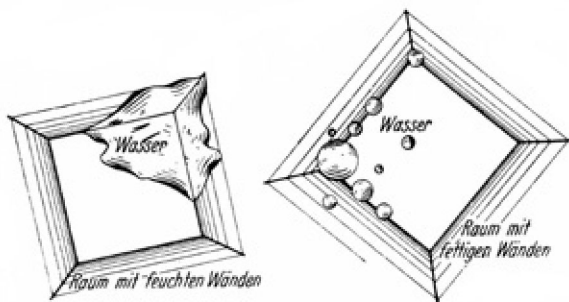
Praznjenje steklenice v breztežnostnem stanju, če jo krožno vihtimo. (Verjetno se iztekla tekočina v resnici ne bi razporedila v takšno pravilno krivuljo.)

BEWEGUNG DER FLASCHE – POMIKANJE STEKLENICE; BEWEGUNGSRICHTUNG DESSELBEN – GIBANJE IZTOČENE TEKOČINE; DAS AUSGETRETENE, NUN FREISCHWEBENDE WASSER – IZTOČENA, PROSTO LEBDEČA TEKOČINA.

[Zanimivo je vedeti, da opisani način izlivanja iz steklenice pri odsotnosti teže z vzvratnim potegom ali zadrževanjem pravzaprav ne

poteka nič drugače, kot če izlivamo z obračanjem steklenice pri običajni teži. Oba postopka sta fizikalno celo popolnoma enaka, če gibanje pri vzvratnem potegu ali zadrževanju izvedemo s pospeškom teže (pri nas  $9,81 \text{ m/s}^2$ ). V splošni relativnosti teoriji je namreč neki sistem v pospešenem ali v pojemajočem gibanju popolnoma enakovreden polju teže, ki ima enak pospešek. Lahko celo trdimo, da pri opisanem postopku izlivanja stopijo na mesto manjkajoče teže one vztrajnostne sile mase, ki nastanejo v sistemu steklenica–tekočina zaradi potega nazaj ali zadrževanja.]

Na stekleničnem vratu bo tekočina plavala dalje po prostoru, strnjena v eno ali več kroglic, kar je videti kot v zraku plavajoči milni mehurčki. Prej ali slej pa mora vsaka taka tekočinska krogla trčiti ob zid. S težnjo, da ga zmoči, se bo skušala po njem razlesti (sl. 66 - levo).



SLIKA 66.

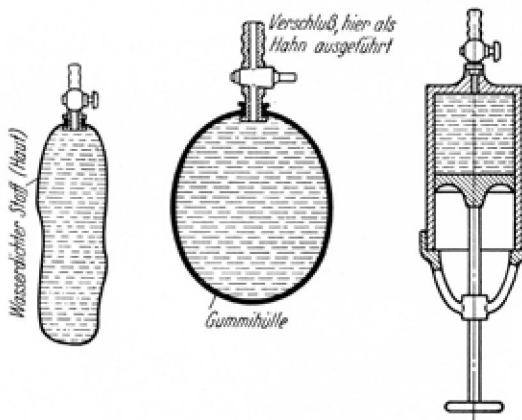
Pri odsotnosti teže bi se v prostoru s stenami, ki jih je mogoče dobro navlažiti (zmočiti), tekočina razporedila po stenah (prikaz levo), v prostorih, kjer sten ni mogoče vlažiti (mastne stene), bi se tekočina strnila v kroglice in polegla po stenah (prikaz desno).

WASSER – VODA; RAUM MIT FEUCHTEN WÄNDEN – PROSTOR Z MOKRIMI STENAMI; RAUM MIT FETTIGEN WÄNDEN – PROSTOR Z MASTNIMI STENAMI.

Zaradi udarca se bo, podobno kot padajoča živosrebrena kaplja, razbila na številne kroglice. Te bodo odplavale vzdolž stene ali pa po prostoru, kjer se bodo združevale in razprševale, dokler ne bo dokončno

izrabljena njihova živa sila in ne bo vsa tekočina, združena v eno ali več krogel, pristala na steni ter tam obmirovala (sl. 66; primerjamo s povedanim o dogodkih v steklenici, sl. 62 in 63).

Ker se tekočina obnaša tako nenavadno, običajna posoda (steklenice, kozarci, lonci, vrči, umivalniki itd.) ne bo več uporabna. Še napolniti bi jih bilo komaj mogoče. Kad recimo ne bi mogli uporabljati, tudi če bi nam jo celo uspelo napolniti; kaj kmalu bi se voda iz nje razlezla po stenah ali pa bi se nanje polegla v kroglasti obliki.



SLIKA 67.

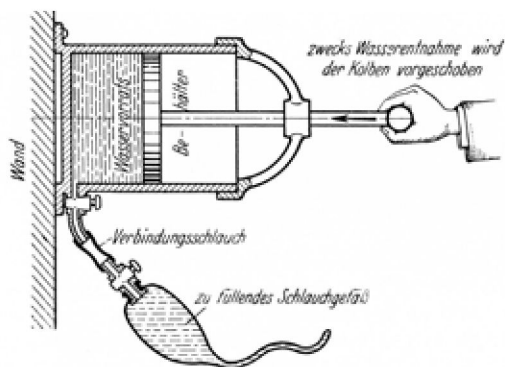
V breztežnostnem stanju bi morali običajne posode za tekočino nadomestiti s pripravami, ki jih je mogoče zapreti: s cevmi (levo), gumijastimi baloni (v sredini) ali napravami, ki so podobne ročni brizgalki (desno).

WASSERDICHTER STOFF (HAUT) – NEPREMOČLJIVA SNOV (ROŽA); GUMMIHÜLLE – GUMIJASTI OVOJ;  
 VERSCHLUSS, HIER ALS HAHN AUSGEFÜHRT – ZAPIRKA, V TEM PRIMERU PIPA.

Za shranjevanje tekočin bi bile primerne le še zaprte cevi, gumijasti baloni ali posode, katerih dno bi bil, podobno kot pri ročnih brizgalkah, premični bat (sl. 67). Le take posode bi lahko kar najbolj preprosto in udobno izpraznili (sl. 68), tako da bi iz njih iztisnili vsebino s stiskanjem ali s premikom bata (sl. 69). Pri elastičnih balonih, ki napolnjeni natezajo ovoj, bi tekočina odtekala skozi odprto pipo že, če bi bil ovoj napet (sl. 70).

Takšne stisljive posode (opremljene s primernim ustnikom) bi nadomestile običajne, zdaj neuporabne tudi za pitje.

Prav tako nepotrebni bi nam bili različni jedilni pripomočki (krožniki, sklede, žlice itd.) – nepreviden gib in že bi morali njihovo, najbrž okusno vsebino loviti po celi sobi. Hrano bi bilo zato možno jesti bodisi v trdnem stanju kot nekakšen kruh bodisi bi jo pili v tekočem ali kašastem stanju iz omenjene stisljive posode. Na ta način pripravljeno bi jo moral kuhar tudi ponuditi.



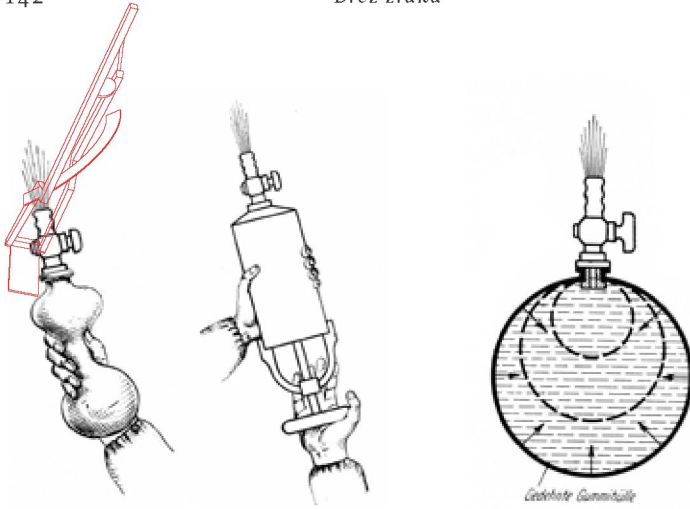
SLIKA 68.

Polnjenje posode za vodo v breztežnostnem stanju.

ZWECKS WASSERENTNAHME WIRD DER KOLBEN VORGESCHOBEN – ZA TOČENJE VODE JE TREBA BAT POTISNITI NAPREJ; BEHÄLTER – PROSTOR ZA SHRANJEVANJE; WASSERVORRAT – ZALOGA VODE; VERBINDUNGSSCHLAUCH – VEZNA CEV; ZU FULLENDES SCHLAUCHGEFÄß – CEVASTA POSODA ZA POLNENJE; WAND – STENA.

Pri kuhanju bi bilo nasploh veliko nevšečnosti, ki pa bi bile obvladljive. Recimo električni kuhinjski pripomočki bi bili zaprti in med uporabo v nenehni rotaciji, zaradi česar bi (namesto odsotne teže) s tako doseženo sredobežnostjo potiskali vsebino na stene posode. Čeprav bi bilo kuhanje zagotovo težavno, pa ne tako kot hranjenje in pitje na katerikoli možni način.

Popolnoma bi se morali odpovedati običajnemu kopanju in umivanju! Kolikor bi nam pač uspelo, bi se čistili z mokrimi, po potrebi namiljenimi brisačami, gobami ali s čim podobnim.



SLIKA 69.

Praznjenje posode za tekočino lahko v breztežnostnem stanju uspe le, če iz nje vsebino izrinemo (iztisnemo).

SLIKA 70.

Pri elastičnih gumijastih balonih tekočina sama od sebe izteče skozi odprtino.

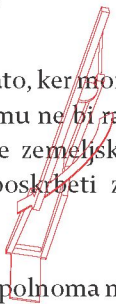
GEDEHNTE GUMMIHÜLLE – NAPET OVOJ IZ GUMIJA.

Dlje in bližje opazujemo vse to, bolj se moramo zavedati, kakšno popolno zadovoljstvo bi nam bilo lebdeti kot angeli, popolnoma osvobojeni nadležne teže, celo takrat ko bi se počutili le ugodno. A teža ne vpliva le na nas: tudi ostala telesa sili k tlom in jim preprečuje, da bi se brez kakršnihkoli težnostnih zakonitosti, prepuščena naključju, gibala vseppek. Prav zato je nedvomno najvažnejša redotvorna sila našega bivanja. Kjer je ni, je vse dobesedno »postavljeno na glavo« in prav nič nima več svojega oprijemališča.

## Brez zraka

Pogoj za obstoj človeka je plinasta zračna mešanica. Po eni strani zato, ker je življenjski proces nekakšen postopek izgorevanja, ki lahko poteka le ob dotoku kisika – tega človeški organizem sprejema zgolj z

v dihavanjem uplinjenega zraka. Po drugi strani zato, ker mora človeško telo, da ne bi njegova vodna vsebina hlapela in mu ne bi razgnalo žil, vselej obdajati določen pritisk. Če hočemo naše zemeljsko življenje vzdrževati tudi v odprtem vesolju, moramo poskrbeti za umetno pripravljane zraka.



Človek v vesolju mora torej biti vselej zaprt v popolnoma nepredušen ovoj, v katerem bi s samodejnimi napravami umetno vzdrževali pravi tlak in sestavo zraka.

Nujno potrebujemo večji zaprt prostor, velik od manjše sobe tja do celega poslopja (to je edino uporabno za daljše bivanje). Opaži naj bodo izvedeni po načelih bata v parnem kotlu. Z njimi bi vzdrževali (nasproti vesolju) zračni tlak 1 atmosfere. Poleg ustrezne trdnosti bi morali imeti tudi kolikor mogoče ukrivljene površine, ker bi bila ravnim zaradi prevelikega tlaka potrebna prenapetost ali podpora. Za umetno pripravljane zraka naj bodo v posebnih tankih vedno na voljo bogate zaloge tekočega dušika, še zlasti pa kisika. Zaloge bi bilo treba obnavljati z novimi pošiljkami z Zemlje.

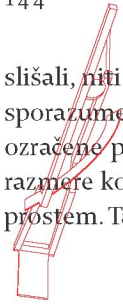
Za zadrževanje zunaj tega zaprtega prostora, v odprtem vesolju bi morali uporabljati nepredušno obleko – v notranjosti bi morala imeti aparate, ki bi nas oskrbovali z zrakom, podobno kot potapljaška obleka. Imenujmo jo »vesoljsko oblačilo« (gl. v nadaljevanju).

Ugotovili smo, da gre pri bivanju v vesolju za podobna vprašanja kot pri zadrževanju pod vodo, s katerimi se ukvarjata podmorniška tehnika in potapljaštvo. Na osnovi že zbranih bogatih izkušenj z umetno preskrbo z zrakom lahko rečemo, da je problem brez dvoma popolnoma rešljiv.

## V vesolju vlada večna tišina

Kot smo že dejali, je zrak neposredno potreben za življenje. Izreden pomen pa ima tudi posredno, saj vpliva na nastanek za življenje nadvse pomembnih naravnih pojavov: na toploto, svetlobo, najbolj pa na zvok.

Zvok je pojav nihanja zraka. Kjer ni zraka, ni zvoka. Zato vlada v vesolju večna tišina. Brez zraka tudi streljanja največjih topov ne bi



slišali, niti iz neposredne bližine. Prav tako ne bi bilo mogoče običajno sporazumevanje z govorjenjem. Povedano seveda ne velja za zaprte ozračene prostore, znotraj katerih bi umetno vzdrževali enake zračne razmere kot na Zemlji, ampak velja za bivanje v vesoljskem oblačilu na prostem. Tam si omogočimo sporazumevanje z govorom prek telefona.

## Sončni sij v nočni temi

Tudi svetlobne razmere se bistveno spremenijo. Dan pojmujeemo na podlagi predstave modrega neba ali obsijanih oblakov in vsepovsod razpršene svetlobe, ne da bi bil pri tem potreben sončni sij. Vsi ti pojavi nastajajo zaradi zemeljskega ozračja; v njem se vpadajoči sončni žarki lomijo, odbijajo in posledično razpršijo na vse strani, zaradi česar dobimo vtis nebesne modrine. Zrak nam tako daje raznovrstne, blagodejne prehode med bleščečo sončno lučjo in temo.

Ker pa v odprtem vesolju ni zraka, se tam vse to ne more dogajati. Strogo vzeto tudi dneva sploh ni. Nebesno dno se neizogibno zagrne v najglobljo črmino, iz katere se z nenavadno svetlobo svetlikajo brezštevne zvezde, vse pa prekaša nepredstavljivo slepeč sončni sij.

In vendar, kakor hitro odvrnemo pogled, je spet noč, čeprav lije sončna svetloba na naš hrbet! Medtem ko žarki Sonca slepeče osvetljujejo proti njemu obrnjeno stran nekega telesa, ki deluje kot zaslon, vlada na drugi strani tema kot ponoči. A ne popolna tema! Z vseh strani se svetijo zvezde, morda celo Zemlja ali Mesec s svojim odsevanjem osvetljuje v Sončevi senci ležeča telesa. A ta svetloba je vselej ostra, rezka, nikoli blaga, razpršena.

## Neomejen razgled

Odsotnost zraka je v marsičem za svetlobne razmere v vesolju tudi koristna. Vsakomur je znan vpliv zraka na kakovost razgleda (npr. v gorah, na morju); vselej, tudi v najbolj jasnem dnevu, se zaradi v zraku stalno prisotnih delcev prahu in izparin razgubi del sončnih žarkov.

Ker je to zelo neugodno za vsakršno daljinsko opazovanje, še posebej



pa za astronomijo, postavljamo zvezdarne kolikor je mogoče visoko, v gore, kjer je zrak še najbolj čist. Vendar tudi tu kmalu naletimo na omejitve; za povrh ne moremo preprečiti migotanje zvezd stalnic, ki ga prav tako povzroča prisotnost zraka, in odpraviti za dnevna astronomska opazovanja zelo moteče razpršene sončne svetlobe (modrine neba), ki nastane zaradi zračnega ovoja in zaradi katere je zelo oteženo raziskovanje teles, kot so Merkur, Venera in ne nazadnje Sonce, ki jih ponoči ne vidimo.

V eterični sferi vesolja vse te nevšečnosti odpadejo; nič ne slabi svetilnosti zvezd, stalnice nič več ne migotajo, modrina neba ne moti več opazovanja. Razmere za opazovanje se vselej ugodne, malone neomejene. In ker ni več optičnih ovir, lahko uporabimo teleskope poljubne velikosti, tudi orjaške.

## Brez toplote

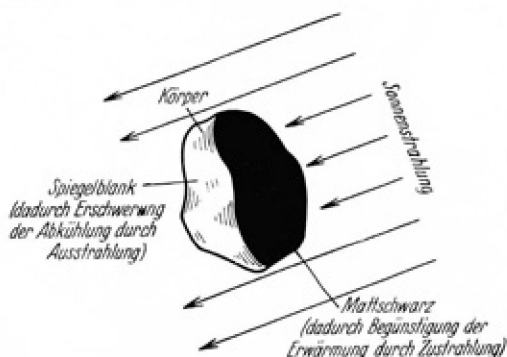
Odsotnost zraka je še zlasti pomembna za toplotne razmere v vesolju. Kot danes vemo, ni toplota nič drugega kot določeno gibanje najmanjših delcev snovi, katere zgradbo tvorijo. Domneva se, da je nastop toplote vselej povezan z navzočnostjo snovi. Kjer ni snovi, ni toplote. Zato je vesolje praktično »brez toplote«. Resničnost te trditve je odvisna od pravilnosti splošnega prepričanja, da je vesolje napolnjeno z izredno fino razporejeno snovjo.

Prepričanje ni v protislovju z dejstvom, da je vesolje prepojeno s toplotnimi žarki Sonca in drugih zvezd stalnic; sam toplotni žarek pač še ni toplota! Ti elektromagnetni eterski valovi niso iste vrste kot recimo svetlobni ali radijski valovi. Vsekakor pa imajo posebno lastnost – brž ko naletijo na kaj snovnega, lahko izzovejo molekularno gibanje (imenujemo ga toplota). Pogoj je, da jih snov sprejme (vpije), saj le tako preide njihova energija na telo, kjer se spremeni v njegovo toploto.

Temperatura prozornega ali zrcalno gladkega telesa se zato tudi pri močnejšem toplotnem sevanju le malo poveča. Izkaže se, da je telo malone neobčutljivo za toplotno sevanje. Žarki gredo večinoma skozi prozorno telo, zrcalno gladko telo pa žarke odbije, ne da bi se pri tem oslabili ali izničili, torej brez oddajanja energije. V primeru,

da je površina telesa temna in hrapava, žarkov, ki jo zadenejo, niti ne prepušča niti ne odbija, vsekakor pa jih mora sprejeti – in zato se telo segreva.

Opisani pojav ne nastopi le pri sprejemanju, ampak tudi pri oddajanju toplote s sevanjem: bolj svetlo in gladko površino ima telo, manjše je njegovo sevanje in dlje zadržuje svojo toploto. Temnejše, bolj hrapave površine se zaradi sevanja zelo hitro ohlajajo.



SLIKA 71.

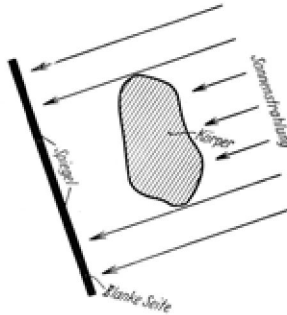
Ogrevanje telesa v odprtem vesolju: sončno sevanje in izbira površine.

KÖRPER – TELO; SONNENSTRAHLUNG – SEVANJE SONCA; SPIEGELBLANK (DADURCH ERSCHEINUNG DER ABKÜHLUNG DURCH AUSSTRAHLUNG) – ZRCALNO GLADKA (POSLEDIČNO JE OHLAJANJE S SEVANJEM ŠE MANJŠE); MATTSCHWARZ (DADURCH BEGÜNSTIGUNG DER ERWÄRMUNG DURCH ZUSTRABLUNG) – HRAPAVA IN ČRNA (POSLEDIČNO JE SEGREVANJE S SEVANJEM ŠE UČINKOVITEJŠE).

Različnim načinom sevanja toplote so najbolj podvržene hrapave in črne površine, najmanj pa svetle in zrcalno gladke. Ta okoliščina nam omogoča, da vplivamo na temperaturo teles v vesolju kar najbolj preprosto in poljubno.

Če hočemo, da se v vesolju predmet segreva, mora biti njegova proti Soncu obrnjena stran hrapava in črna, senčna stran pa svetla in zrcalna (sl. 71); senčno stran lahko tudi zavarujemo z zrcalom, usmerjenim proti vesolju (sl. 72). Prav tako so uporabna zbiralna zrcala, s katerimi

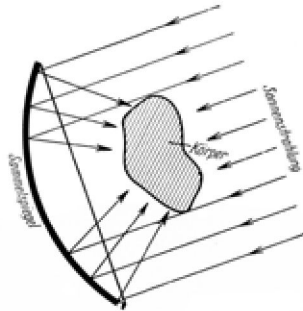
naravnomo sončne žarke ustrezne jakosti na telo, pri čemer se lahko njegova temperatura povzpne tudi zelo visoko (sl. 73).



SLIKA 72.

Segrevanje telesa: zastiranje njegove senčne strani proti odprtemu vesolju z zrcalom.

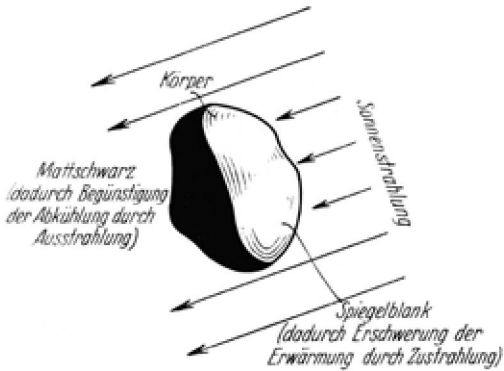
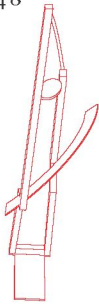
SONNENSTRAHLUNG – SONČNO SEVANJE; KÖRPER – TELO; BLANKE SEITE – SVETLA STRAN; SPIEGEL – ZRCALO.



SLIKA 73.

Močno segrevanje telesa: koncentriranje sončnih žarkov z vbočnim zrcalom.

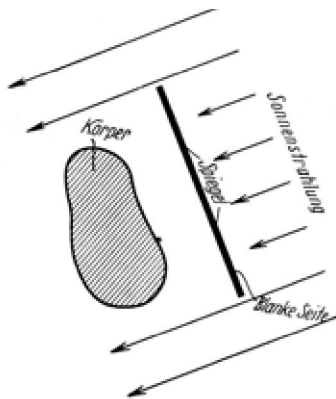
SONNENSTRAHLUNG – SONČNO SEVANJE; KÖRPER – TELO; SAMMELSPIEGEL – ZBIRALNO ZRCALO.



SLIKA 74.

Ohlajanje telesa v odprtem vesolju: izbira ustrezne površine.

KÖRPER – TELO; SONNENSTRAHLUNG – SONČNO SEVANJE; MATTSCHWARZ (DADURCH BEGÜNSTIGUNG DER ABRÜHLUNG DURCH AUSSTRAHLUNG) – HRAPAVA IN ČRNA (POSLEDIČNO JE OHLAJANJE S SEVANJEM ŠE UČINKOVITEJŠE); SPIEGELBLANK (DADURCH ERSCHWERUNG DER ERWÄRMUNG DURCH ZUSTRALUNG) – ZRCALNO GLADKA (POSLEDIČNO JE SEGREVANJE S SEVANJEM ŠE MANJŠE).



SLIKA 75.

Ohlajanje telesa: pred sončnimi žarki ga zastremo z zrcalom.

KÖRPER – TELO; SONNENSTRAHLUNG – SONČNO SEVANJE; SPIEGEL – ZRCALO; BLANKE SEITE – SVETLA STRAN.

Če hočemo, da se v vesolju predmet ohlaja, mora biti njegova proti Soncu obrnjena stran svetla in zrcalna, senčna stran pa hrapava in črna (sl. 74); pred Soncem ga lahko zavarujemo tudi z zrcalom (sl. 75). Zaradi sevanja v vesolje se porazgubi vedno več toplote, saj je ni več mogoče dovajati iz okolja (na Zemlji jo lahko zaradi dotika z obdajajočim zrakom). Oddajanje toplote uravnavamo s sevanjem, če uporabimo prej omenjeno zasenčenje. Na ta način je možno ohladiti telo celo do bližine absolutne ničle ( $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ )! Doseči je ne moremo, ker dobiva telo na senčni strani nekaj toplote od zvezd stalnic, pa tudi ogledala ga ne morejo povsem zavarovati pred Soncem.

Opisane pojave sevanja bi v vesoljski opazovalnici uporabili za trajno vzdrževanje življenju potrebne toplote in za proizvodnjo izredno visoke ali nizke temperature, posledično neznanske toplotne razlike.

## Ureditev vesoljske opazovalnice

Zdaj, ko poznamo fizikalne razmere v odprtem vesolju, razmislimo še, kako naj bi bila naša vesoljska opazovalnica opremljena.

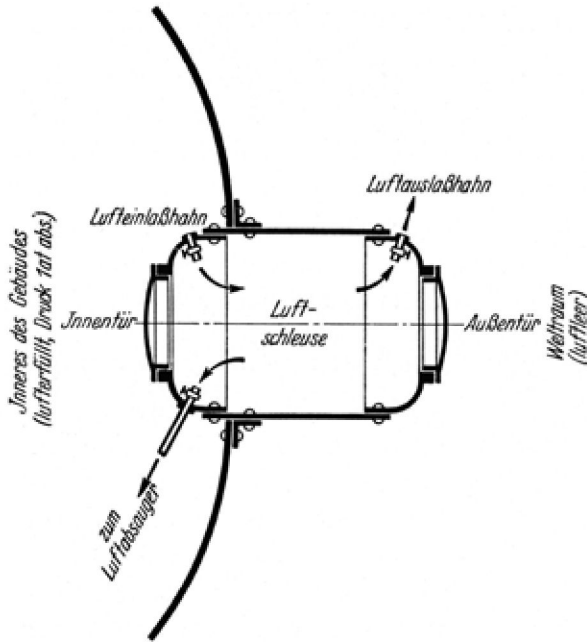
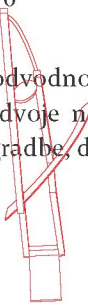
Namestititev v vesolje bi morala biti kar najbolj enostavna, saj bi vse delo opravljali v vesoljskih oblačilih. Celotno zgradbo z ureditvijo vred bomo zato naredili in preizkusili že na Zemlji. Konstruirana bo tako, da jo je mogoče razstaviti na čimbolj samostojne in popolnoma urejene »celice« – te bi z vesoljsko ladjo poslali v vesolje, kjer bi jih spet brez prevelikega truda sestavili.

Pri gradnji pridejo v poštev le kar se da lahke kovine, da se zmanjša stroške vesoljske odprave.

Gradnja in sestavljanje zahtevata veliko pazljivost, saj mora biti navzven nepredušno zaprta, če hočemo v njej umetno vzdrževali normalne zračne razmere. Morebitno uhajanje zraka, do katerega bi prišlo zaradi nastanka odprtine (npr. kot posledica trčenja z meteorjem), se lahko lokalizira na podoben način kot v ladjedelstvu z razdelitvijo ladje na »pregrade«.

Ker so vsi prostori med seboj povezani in napolnjeni z zrakom, bi bil v notranjosti vsekakor mogoč promet na vse strani. Ven, v odprto vesolje bi lahko prišli le skozi zračne zapore. Poznamo jih iz naprav za

podvodno gradnjo (kesonov, potapljaških zvonov itd.), gre pa za kabino z dvoje nepredušno zapirajočimi se vrati – ena vodijo v notranjost zgradbe, druga ven, v odprto vesolje (sl. 76).



SLIKA 76.

Načelna ureditev zračne zapore za promet med prostorom z zrakom (npr. notranjost vesoljske opazovalnice) in odprtim vesoljem.\*

\*Ker varčujemo z zrakom, ustvarimo brezračno stanje v zapori pri »izhodu skozi zatvornico« tako, da črpamo zrak v notranjost zgradbe; le zrak, ki še preostane v zapori, izpustimo v vesolje.

LUFTAUSLASSHAHN – VENTIL ZA IZPUŠČANJE ZRAKA; LUFT-EINLASSHAHN – VENTIL ZA DOVAJANJE ZRAKA; AUSSENTÜR – ZUNANJA VRATA; WELTRAUM (LUFTLEER) – (BREZZRAČNO) VESOLJE; LUFTSCHLEUSE – ZRAČNA ZAPORA; INNENTÜR – NOTRANJA VRATA; INNERES DES GEBÄUDES (LUFTERFÜLLT, DRUCK 1 at abs.) – NOTRANJOST ZGRADBE (ZRČNI TLAK 1 atm abs); ZUM LUFTABSaugER – K ZRAČNI ČRPALKI.

Ko želimo zapustiti opazovalnico (»onstran zapore«), gremo v vesoljskem oblacilu skozi notranja vrata v zaporo. Zunanja vrata zapore morajo biti zaprta. Zapremo notranja vrata, izsrkamo ali izpustimo zrak iz zapore, odpremo zunanja vrata in odplavamo na prosto. Pri vstopanju (»v opazovalnico«) uberemo obratno pot.

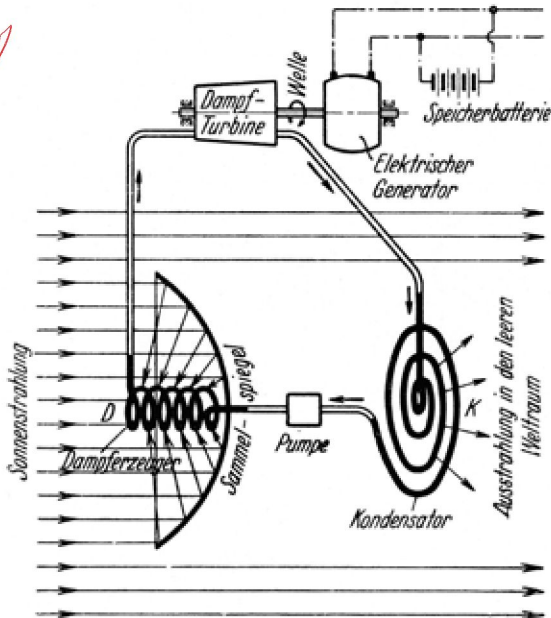
Odločilna okoliščina za obratovanje in ureditev vesoljske opazovalnice je, da na samem kraju nimamo nič drugega kot sij zvezd (predvsem pa Sonca tako rekoč stalno in v neomejeni količini). Vse, še zlasti za življenje potrebne snovi (zrak, voda ipd.) moramo dovažati z Zemlje. Odtod samo po sebi izhaja načelo gospodarnosti v vesoljski opazovalnici: kar se da varčevati z vsemi neobnovljivimi snovmi in pritegniti kar največ energije sončnih žarkov, v največji meri za pogon vsakovrstnih tehničnih naprav, še posebej takih, ki omogočajo ponovno rabo odpadlih uporabljenih snovi.

To lahko dosežemo bodisi neposredno z izkoriščanjem Sončevih svetlobnih in toplotnih učinkov bodisi posredno s spreminjanjem toplote njegovih žarkov v električno energijo.

## Sončna elektrarna

Najpomembnejša naprava vesoljske opazovalnice je torej sončna elektrarna (sl. 77). Dobavlja enosmerni tok, opremljena je z akumulatorsko baterijo in načeloma spominja na centralo s parno turbino, a s pomembno razliko – v sončni elektrarni parni kotel segrevajo sončni žarki. Za doseganje ustrezno visokih temperatur jih koncentriramo z zbiralnimi zrcali (sl. 77 - d), kondenzator pa hladimo le s segrevanjem v vesolje, zato mora biti proti vesolju odstrt, proti Soncu pa dobro zaščiten (sl. 77 - k).

Parni kotel in kondenzator naj bosta torej prebarvana hrapavo in črno, sestavljena pa v glavnem le iz primerno dolgih, ukrivljenih cevi, da je tudi v breztežnostnem stanju stik s pogonsko tekočino, ki se pretaka po njih, kar najtesnejši (sl. 77).



SLIKA 77.

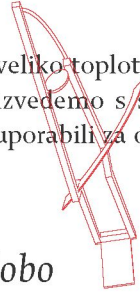
Shema vesoljske sončne centrale.

SONNENSTRAHLUNG – SONČNO SEVANJE; SAMMELSPIEGEL – ZBIRALNO ZRCALO; DAMPFERZEUGER – PROIZVAJANJE PARE; DAMPFTURBINE – PARNA TURBINA; WELLE – JAŠEK; KONDENSATOR – KONDENZATOR; AUSSTRAHLUNG IN DEN LEEREN WELTRAUM – IZSEVANJE V ODPRTO VESOLJE; ELEKTRISCHER GENERATOR – ELEKTRIČNI GENERATOR; SPEICHERBATTERIE – SHRANJEVALNE BATERIJE; PUMPE – ČRPALKA.

Za pogonsko tekočino, ki stalno in brez izgube kroži, ne uporabljamo, kot je v navadi, vode (vodne pare), ampak lahko hlapljivo snov – dušik. Po eni strani nam namreč omogoča vzdrževanje tako nizke temperature kondenzatorja, da resnično izkoristimo izredne možnosti hlajenja, ki jih ponuja vesolje, po drugi strani pa ne onesnažuje prepotrebnega zraka, če po naključju uhaja v bivalne prostore vesoljske opazovalnice. Ker je količina energije, odvzeta sončnim žarkom, odvisna le od velikosti uporabljenih zbiralnih zrcal, lahko zgradimo tako zmogljivo elektrarno, da bo v vesoljski opazovalnici vedno dovolj električne,



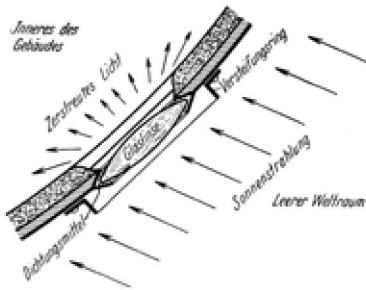
posledično mehanske energije. Dobimo tudi veliko toplote; hlad, vse do najnižjih temperatur, pa kar najlažje proizvedemo s sevanjem v vesolje. Porodi se zamisel, da bi vse to lahko uporabili za obratovanje vsakovrstnih tehničnih naprav.



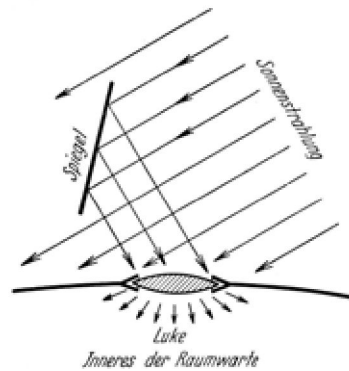
## Oskrbovanje s svetlobo

Vesoljsko opazovalnico je še najlažje osvetljevati. Ne potrebujemo namreč nobene strojne opreme, zadošča nam že Sonce, ki sije vanjo neprekinjeno, ne glede na morebiten, vsekakor le krajši prehod skozi Zemljino senco.

Stene naj imajo okrogle, ladijskim linam podobne odprtine (sl. 78), ki morajo biti nepredušno zastekljene z močnim steklom lečaste oblike (sl. 60 in 61).



SLIKA 78.  
Lina za razsvetljavo.



SLIKA 79.  
Zrcalo usmerja sončne žarke na lino.

LEERER WELTRAUM – ODPRTO VESOLJE;  
SONNENSTRAHLUNG – SONČNO SEVANJE;  
SEVANJE; GLASLINSE – STEKLENA LEČA;  
DICHUNGSMITTEL – TESNILO;  
VERSTEIFUNGSRING – OBROČ ZA PRIČVRŠČEVANJE;  
ZERSTREUTES LICHT – RAZPRŠENA SVETLOBA;  
INNERES DES GEBÄUDES – NOTRANJOST ZGRADBE.

SONNENSTRAHLUNG – SONČNO SEVANJE;  
SPIEGEL – ZRCALO; LUKE – LINA, INNERES DER RAUMWART  
E – NOTRANJOST VESOLJSKE OPAZOVALNICE.

Primerno mlečno obarvano ali zatemnjeno steklo zagotovi (na podoben način kot filtriranje ozračja), da sončna svetloba ne vsebuje več škodljivih primesi in pada v opazovalnico razpršeno. Notranjost ima tako normalno dnevno svetlobo. Nekatere od odprtih opremimo s posebnimi zrcali, s katerimi po potrebi namenoma usmerjamo sončne žarke (sl. 79).

Poleg tega poskrbimo še za umetno, električno razsvetljavo. Zanj dobiti tok iz sončne elektrarne.

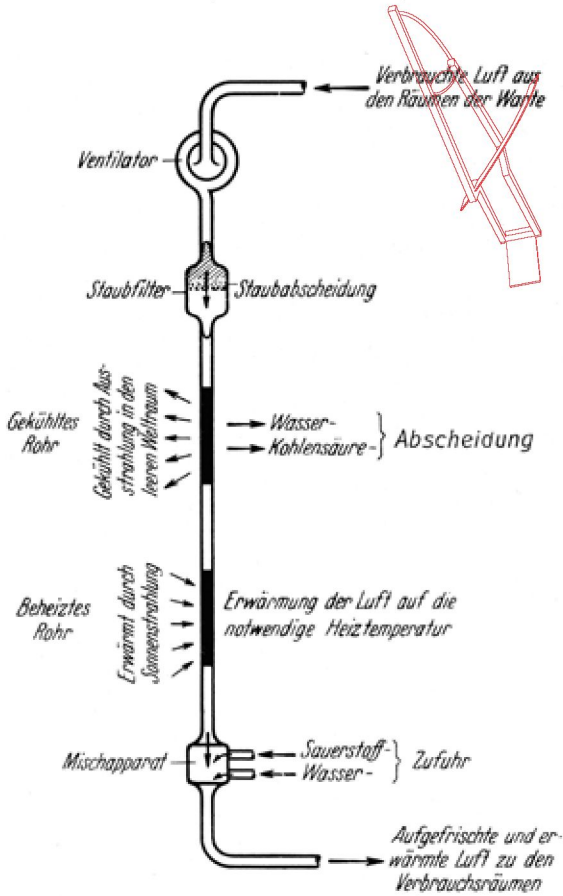
## Oskrbovanje z zrakom in s toploto

Sončno sevanje uporabimo v vesoljski opazovalnici tudi za toploto, tj. ogrevanje z zrakom, hkrati s prezračevanjem.

Zrak se zato nenehno pretaka med prostori opazovalnice, kjer ga potrebujemo, in posebno prezračevalno napravo, kjer se očisti, osveži in ogreje. V napravi nameščeni cevasti vodi dovajajo zrak v prostore skozi zamržene odprtine (sl. 60 in 61 - o).

Prezračevalna naprava (sl. 80) je urejena podobno kot aparat za obnavljanje zraka, ki ga omenja Oberth. Zrak najprej steče skozi zračni filter in nato dospe v cev, ki jo ohlajamo s sevanjem v vesolje. Pri tem se njegova temperatura spusti pod  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$ , izločijo se vodni hlapi, nato še ogljikova kislina. Potem steče skozi grelno cev, ki jo ogrevajo koncentrirani sončni žarki, da dobi temperaturo, potrebno za vzdrževanje prostorov. Zatem v njem nadomestimo še ustrezno količino kisika in vlage in končno spet priteče v prostore opazovalnice.

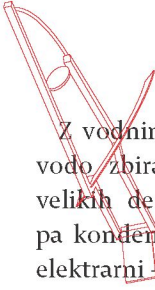
Postopek nam omogoča, da v zraku nadomeščamo le kisik (z njim se moramo oskrbovati z Zemlje), neizrabljene sestavine zraka (še posebej celotni dušikov delež) pa ostanejo še naprej uporabne. Izredno pomembne so zunanje stene vesoljske opazovalnice – ker ne smejo vplivati na sočasno potekajoče ogrevanje, moramo, kolikor je le mogoče, preprečevati, da s sevanjem ne oddajajo v vesolje preveč toplote. Celotno zunanost zgradbe je zato najbolje prevleči z zrcalno snovjo.



SLIKA 80.

Shematičen prikaz prezračevalne naprave: ohlajena in segreti cev sta lahko, npr. takšni, kot sta na sl. 75, D in/ali K.

VERBRAUCHTE LUFT AUS DEN RÄUMEN DER WARTE – IZRABLJEN ZRAK IZ OPAZOVALNICE; VENTILATOR – VENTILATOR; STAUBFILTER – FILTER ZA PRAH; STAUBABSCHIEDUNG – ODSTRANJEVANJE PRAHU; GEKÜHLTES ROHR – OHLAJENA CEV; GEKÜHLT DURCH AUSSTRAHLUNG IN DEN LEEREN WELTRAUM – OHLAJEN ZARADI SEVANJA V ODPRTO VESOLJE; BEHEIZTES ROHR – SEGRETA CEV; ERWÄRMT DURCH SONNENSTRAHLUNG – SEGRETA S SONČNIM SEVANJEM; MISCHAPPARAT – MEŠALNA NAPRAVA; WASSER, KOHLENSÄURE, ABSCHIEDUNG – VODA, OGLJIKOVA KISLINA, ODSTRANJEVANJE; ERWÄRMUNG DER LUFT AUF DIE NOTWENDIGE HEIZTEMPERATUR – SEGREVANJE ZRAKA DO NORMALNE TEMPERATURE; SAUERSTOFF, WASSER, ZUFUHR – KISIK, VODA, DOVOD; AUFGEFRISCHTE UND ERWÄRMTE LUFT ZU DEN VERBRAUCHSRÄUMEN – OSVEŽEN IN OGRET ZRAK V BIVALNE PROSTORE.



## Oskrbovanje z vodo

Z vodnimi zalogami moramo biti izredno varčni. Vso uporabljeno vodo zbiramo in jo z očiščevanjem naredimo spet uporabno. V velikih destilacijskih napravah tako spremenimo vodo v paro, to pa kondenziramo na podoben način, kot smo ga opisali pri sončni elektrarni – v ceveh, ki jih segrevajo koncentrirani sončni žarki (sl. 77 - d), ohlajamo pa s sevanjem v vesolje (sl. 77 - k).

## Sporazumevanje na daljavo

Zelo pomembne so tudi naprave za sporazumevanje na daljavo. Vzpostavimo ga bodisi z utripajočimi zrcali, električnimi lučmi, žarometi, barvnimi ploščami itd. bodisi z elektriko, žično pa znotraj ožjega območja vesoljske opazovalnice.

Pri vzpostavljanju stikov z Zemljo je, žal, sporazumevanje s svetlobno telegrafijo nezanesljivo, ker postaja na Zemlji ne sme biti za oblaki.

V opazovalnici naj bo velika radijska naprava, ki omogoča tako telegrafski kot tudi pogovorni promet z Zemljo. Da bomo premagali razmeroma velike razdalje in obrambno delovanje zračnega ovoja (Haevesidova plast), ki delno vpliva na radijske valove, bomo izbrali ustrezno smer žarkov in uporabili krajše valove zadostne energije oddajanja. Tako vsaj domnevamo, saj naj bi bilo možno s sončno elektrarno dobiti poljubno množino električne energije, zaradi prevladujočega breztežnostnega stanja pa naj ne bi bila posebej težavna niti postavitve različnih anten.

## Sredstvo za upravljanje vesoljske opazovalnice

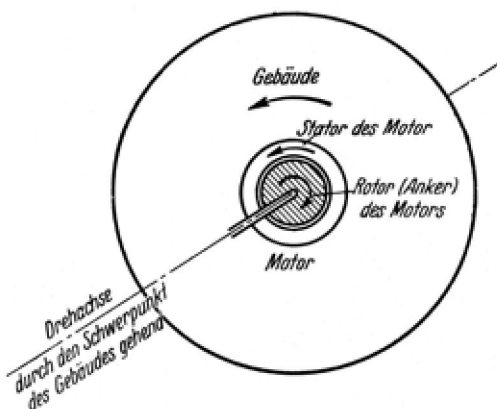
Nenazadnje moramo predvideti še posebne obračalne motorje in pogon na povratni sunek, s katerim bi obračali opazovalnico v poljubno smer in tudi vplivali na njeno gibanje.

Takšno upravljanje potrebujemo za vzdrževanje nameravanih stikov z Zemljo. Če bo npr. potekalo v smeri sončnih žarkov, ne bodo zadoščali

le tisti (v zunanosti sistema izvirajoči!) gibalni impulzi, ki jih moramo tako ali tako podeljevati med vožnjo z vesoljsko raketo, ampak bo treba vseskozi računati tudi z vplivom gibanja Zemlje okoli Sonca.

Spremembe položaja opazovalnic potrebujemo za opravljanje različnih nalog v vesolju (o njih gl. v nadaljevanju) in za spreminjanje lege glede na zemeljsko površje.

Obračalni motorji so običajni elektromotorji na enosmerni tok, s čim višjim številom vrtljajev in z relativno veliko maso rotorja. Njihov tek naj bi poljubno hitro zmanjševale ali zaustavile posebne zavore. Vgrajeni naj bi bili tako, da poteka teoretično podaljšana os vrtenja skozi težišče opazovalnice.

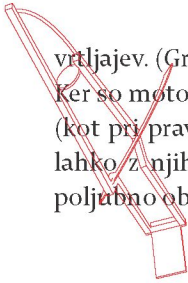


SLIKA 81.

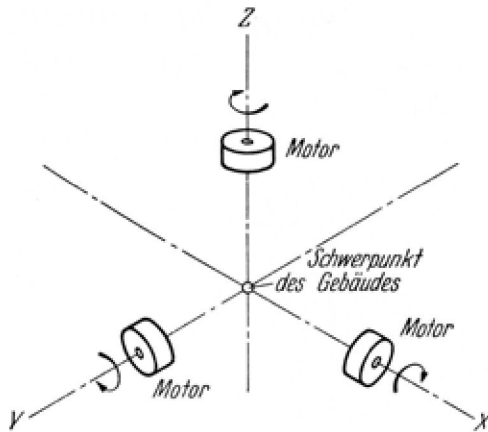
Način delovanja obračalnega motorja (gl. besedilo v knjigi).

GEBÄUDE – OPAZOVALNICA; STATOR DES MOTORS – STATOR MOTORJA; ROTOR (ÄNKER) DES MOTORS – ROTOR (KOTVA) MOTORJA; DREHACHSE DURCH DEN SCHWERPUNKT DES GEBÄUDES GEHEND – OS VRTENJA, KI POTEKA SKOZI OPAZOVALNICO; MOTOR – MOTOR.

Ko tak obračalni motor (sl. 81) poženemo, se hkrati z rotorjem (kotvo) obrača tudi stator (sicer pri elektromotorju pričvrščen), z njim pa celotna zgradba, na katero je elektromotor pritrjen. Okoli osi motorja se obrača v nasprotni smeri in glede na maso dosti počasneje kot rotor, vse dokler se motor ne ustavi, ter različno hitro glede na podeljeno število



vrtljajev. (Gre torej za »prosti sistem«, v katerem delujejo notranje sile.) Ker so motorji naravnani tako, da jim stojijo osi navpično ena na drugi (kot pri pravokotnem prostorskem koordinatnem sistemu, sl. 82), bi lahko z njihovim skladnim in vzajemnim delovanjem opazovalnico poljubno obračati.



SLIKA 82.

Razporeditev obračalnih motorjev. Vse 3 osi stojijo navpično druga na drugi in potekajo skozi težišče opazovalnice.

MOTOR – MOTOR; SCHWERPUNKT DES GEBÄUDES – TEŽIŠČE OPAZOVALNICE.

Pogon na povratni sunek je tako po izdelavi kot po načinu delovanja podoben že opisanim pogonskim napravam vesoljske ladje.<sup>24</sup> Ker pa so zahteve zmanjšane (zaradi že opravljenih pospeševanj ni treba, da bi bili sunki tako veliki), je po izvedbi mnogo šibkejši. Naprave naj bodo razporejene tako, da bomo lahko z njimi podelili opazovalnici pospešek v katerikoli smeri.

<sup>24</sup> Gl. str. 17, 18.

## Razdelitev vesoljske opazovalnice na 3 objekte

Vsekakor si lahko zamislimo, da bi v odprtem vesolju, kjer ni ničesar, prav tehnične naprave utegnile omogočati obstoj. Odsotnost teže (vsaj fizikalno, verjetno pa tudi sicer) ne bi smela povzročati nobenih posebnih ovir za obstoj življenja, čeprav bi morali računati s posebnostmi, ki bi utegnile pri tem nastopiti.

Ker bo breztežnostno stanje najbrž povezano s precejšnjim neudobjem, dlje časa trajajoče pa se morda izkaže celo kot škodljivo za zdravje, bomo v vesoljski opazovalnici poskrbeli za umetno nadomeščanje teže.

Teža pa je, kot vemo, sila mase, zato lahko nanjo vplivamo, kot smo že ugotovili, le z enako silo mase. Torej jo lahko odpravimo ali nadomestimo z drugo silo mase, predvsem s sredobežnostjo, sploh če hočemo dobiti trajno (stabilno) stanje. Sredobežnost nam pomaga že pri vzdrževanju opazovalnice na vrtoglavni višini, zdaj pa bo, sicer na drugačen način, priklicala še manjkajočo težo, saj v opazovalnici prevladuje breztežnost.

Načeloma je izpeljava zelo preprosta: okoli masnega središča (težišča) bi morali ustrezno hitro krožiti tisti deli opazovalnice, kjer bi želeli doseči sredobežnost, posledično težnostne razmere. Težje je hkrati izpolniti zahtevo, da bi v te krožeče dele opazovalnice preprosto in brez nevarnosti vstopali in izstopali, da bi nanje priključevali kabelske vode in nameščali velika zbiralna zrcala ter da položaja celote ne bi uravnavali zgolj glede na sončne žarke, ampak tudi glede na vsakokratne potrebe daljinskih opazovanj.

Vse te okoliščine nas pripeljejo do zamisli, da bi celotno vesoljsko opazovalnico razdelili na tri posamezne objekte: »bivalno kolo«, v katerem bi z rotacijo vzdrževali umetno težnostno stanje in uživali enake življenjske pogoje kot na Zemlji (torej normalen način življenja in prebivanja), »observatorij« in »strojnico«, ki ohranita breztežnostno stanje in sta urejena le za posebne namene (moštvo bo tu opravljalo svoje delo le prehodno).

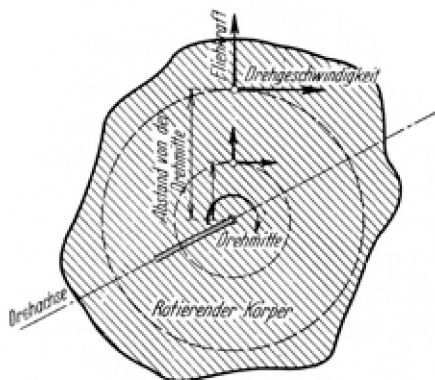
Pri tej razdelitvi vesoljske opazovalnice bi bilo seveda treba sprejeti ukrepe, s katerimi bi izenačili obojestransko privlačnost mas posameznih objektov. Četudi je zaradi razmeroma majhne privlačujoče

mase neznatna, bi se v daljšem času (morda teden ali mesec dni) posamezni objekti vesoljske opazovalnice med sabo precej približali in se celo strnili. Objekti morajo biti zato bodisi med sabo kolikor mogoče oddaljeni (100–1.000 m), saj bo tako njihova privlačna sila tudi dejansko majhna, vseeno pa bo treba občasno zблиževanje urejati s pogonom na povratni sunek, bodisi »oddaljevani«, se pravi da bi jih na primeren način vlekli narazen.

Odločili se bomo za prvo možnost (sl. 94).

## Bivalno kolo

Poznamo tako hitrost vrtenja kot tudi sredobežnost v različnih točkah rotirajočega telesa v razmerju z oddaljenostjo od središča vrtenja, torej od osi (sl. 83). To pomeni, da je oboje toliko večje, kolikor bolj so točke oddaljene od osi, in toliko manjše, kolikor bližje so osi – na teoretični osi vrtenja pa je njuna vrednost enaka nič.

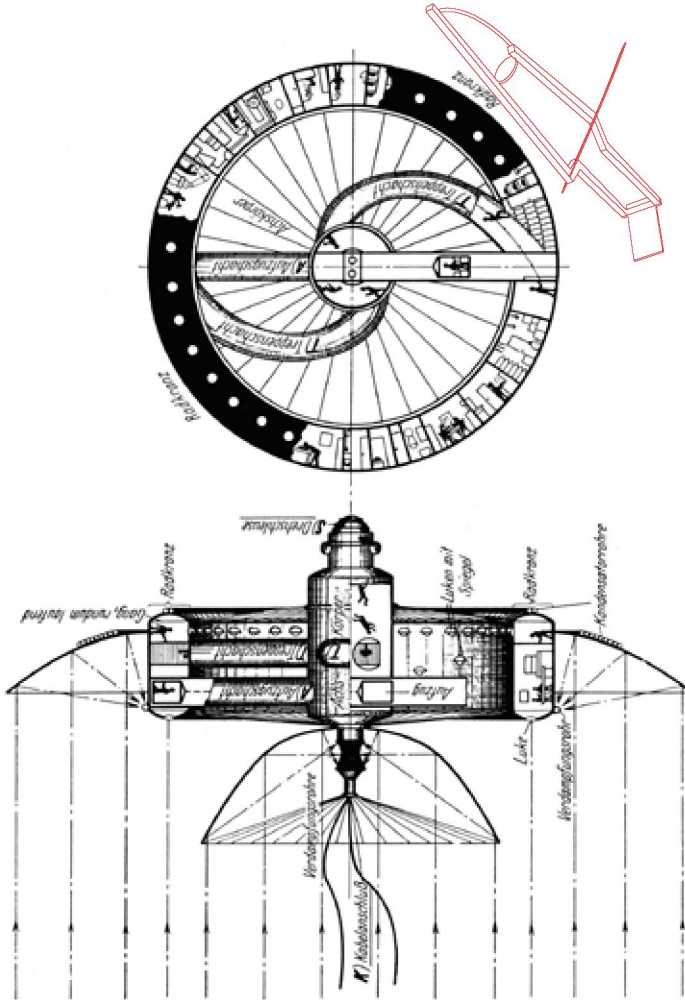


SLIKA 83.

Hitrost vrtenja in sredobežnost na rotirajočem telesu.

FLIEHKRAFT – SREDOBEŽNOST; DREHGESCHWINDIGKEIT – HITROST VRTENJA; ABSTAND VON DER DREHMITTE – RAZDALJA OD SREDIŠČA VRTENJA; DREHMITTE – SREDIŠČE VRTENJA; ROTIERENDER KÖRPER – ROTIRAJOČE TELO; DREHACHSE – OS VRTENJA.

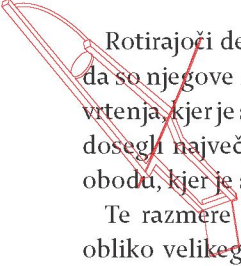




SLIKA 84.

Bivalno kolo. Spodaj: osni presek. Zgoraj: pogled na stran, ki je stalno obrnjena k Soncu, brez zbiralnega zrcala in delno v prerezu.

RADERKRANZ – SVITEK (TORES); TREPPENSCHACHT – JAŠEK ZA STOPNICE; AUFZUGSCHACHT – JAŠEK ZA DVIGALO; ACHSKÖRPER – TELO OSI; GANG, RUNDUMLAUFEND – KROŽNI HODNIK; DREHSCHLEUSE – VRTEČA SE ZAPORA; AUFZUG – DVIGALO; LUKEN MIT SPIEGEL – LINE Z ZRCALOM; KONDENSATORRÖHRE – CEVI KONDENZATORJA; VERDAMPFUNGSROHR – CEV ZA PROIZVAJANJE PARE; LUKE – LINA; KABELANSCHLUSS – PRIKLUČEK ZA KABLE.



Rotirajoči del vesoljske opazovalnice mora biti zato nameščen tako, da so njegove zračne zapore in kabelski priključki v sredini (torej na osi vrtenja, kjer je še najmanj gibanja), deli, v katerih naj bi s sredobežnostjo dosegli največje delovanje teže, pa čimbolj oddaljeni od osi (torej na obodu, kjer je sredobežnost največja).

Te razmere najbolje dosežemo, če ima opazovalnica že omenjeno obliko velikega kolesa (sl. 84, 89 in 90), katerega svitek (torus – op. prev.) sestavljajo celice in ki ima obliko prstana, z žičnimi naperami pripetega na os. Njegovo notranjost razdelimo z vmesnimi stenami na posamezne prostore, vsi prostori pa so dostopni iz zaprtega, širokega, prostora obkrožujočega hodnika. Tako dobimo: posamezne sobe, večji prostor za spanje, delovne in študijske prostore, shrambe, laboratorije, delavnice, temnice itd., pa tudi običajne prostore, se pravi kuhinjo, kopalnico ipd. Vsi ti prostori so urejeni kot na Zemlji, saj v njih vlada normalno zemeljsko težnostno stanje.

Tega lahko dosežemo, če se npr. zgradba s premerom 30 metrov vrtil tako, da napravi cel zasuk v približno 8 sekundah – le tedaj namreč nastane v svitku tolikšna sredobežnost, kolikršna je težnost na Zemljinem površju.

Medtem ko deluje težnost proti središču, je sredobežnost naravnana navzven. Zato v bivalnem kolesu pomeni »navpično« (nasprotno kot na Zemlji) prečno smer od središča (torej osi vrtenja) navzven (sl. 85). V skladu s tem pomeni »spodaj« smer proti obodu in hkrati najnižji predel, »zgoraj« pa proti osi in hkrati najvišji predel tega umetnega nebesnega telesa. Ker je ta zelo majhen, nam pade v oči tudi radialni potek navpične smeri, ki na Zemlji zaradi njene velikosti ne more pridi do veljave. Posledično se nam zdi vse, kar je »navpično« (pokonci stoječi ljudje, pregrade v sobah itd.), poševno (namesto vzporedno med seboj), in vse, kar je »vodoravno« (npr. vodna gladina v kopalni kadi), ukrivljeno (namesto ravno, sl. 85).

Druga posebnost je, da sta, ker proti središču vrtenja pojemata (sl. 83), obhodna hitrost in z njo sredobežnost pri glavi človeka, stoječega v bivalnem kolesu, nekoliko manjši kot pri njegovih nogah (pri kolesu s premerom 30 m približno za 1/9). Zato utegnemo razliko v sredobežnosti komaj občutiti, razliko v obhodni hitrosti pa že kar neprijetno – predvsem pri gibanju, ki poteka navzgor ali navzdol (tj.

radialno potekajoče gibanje, npr. vzdigovanje ali spuščanje (roke).

Vsi ti pojavi so toliko manj zaznavni, kolikor večji je premer kolesa; v prej izbranem primeru (premer 30 m) bi jih komaj občutili.



SLIKA 85.

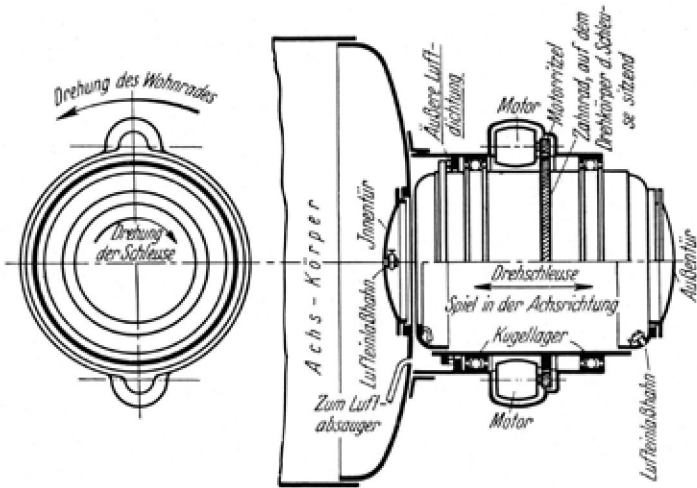
Razmerja smeri v bivalnem kolesu.

DREHACHSE (MITTE DES WOHNRADES) – OS VRTENJA (SREDIŠČE BIVALNEGA KOLESKA); "HÖCHSTE" STELLE – NAJVIŠJA LEGA; LOTRECHT – NAVPIČNO; LOTRICHTUNG – NAVPIČNA SMER; UNTEN – SPODAJ; OBEN – ZGORAJ; BADEWANNE – KOPALNA KAD; DER WASSERSPIEGEL IST NUNMEHR GEKRÜMMT STATT EBEN – VODNA GLADINA JE UKRIVLJENA IN NE VODORAVNA; ZIMMERWAND – STENA SOBE; ALLES LOTRECHTE STEHT ZU EINANDER NUNMEHR SCHIEF STATT PARALLEL – VSE, KAR JE NAVPIČNO, STOJI GLEDE NA DRUGO NAVPIČNO POŠEVNO, NAMESTO VZPOREDNO; "TIEFSTER" TEIL – NAJGLOBLJI DEL; WIRKUNGSRICHTUNG DER FLIEHKRAFT, ALSO DER SCHEINBAREN SCHWERE – SMER DELOVANJA SREDOBEŽNOSTI IN DOZDEVNE TEŽE.

Ker ležijo v okolici osi (tam je gibanje najmanjše) naprave za zvezo z zunanostjo, predstavlja telo osi nekakšno preddverje celotne zgradbe. Ima cilindrično obliko. Na obeh straneh (na mestih, kjer ga teoretično prebada os vrtenja) je na enem koncu zračna zapora, na drugem pa kabelski priključek (sl. 84 - s in 84 - k).

Da bivalno kolo v vesolju kar najlažje preide iz rotacijskega gibanja v mirovanje, je zračna zapora vrtljiva (sl. 86). Pri »izstopu skozi zaporo«

glede na bivalno kolo miruje (in se vrtil glede na vesolje). Torej se lahko brez težav podamo iz bivalnega kolesa v zaporo. Ta se z električnim pogonom počasi zasuče v smeri vrtenja bivalnega kolesa, dokler ne doseže njegovega števila vrtljajev. Glede na vesolje pa zapora miruje, zato jo lahko mirno zapustimo, kot da se bivalno kolo ne bi zavrtelo. »Vstop skozi zaporo« izvedemo na obraten način.



SLIKA 86.

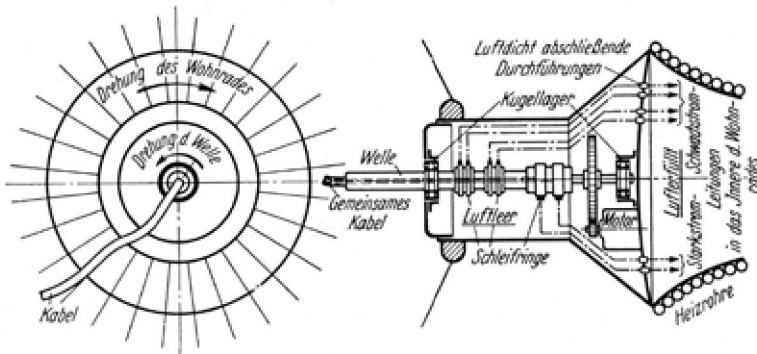
a) Pogled na zunanja vrata vrteče se zračne zapore bivalnega kolesa. b) Osní presek vrteče se zračne zapore bivalnega kolesa (gl. sl. 84 in besedilo v knjigi.) Kroglíčni ležaji naj bodo takšni, da bo v osni smeri možno učvrstiti ali popustiti zunanje zračno tesnilo, ki nepredušno povezuje zaporo pri odprtih notranjih vratih z notranjostjo bivalnega kolesa.

DREHUNG DER SCHLEUSE – VRTENJE ZAPORE; ACHS-KÖRPER – OS-TELO; INNENTÜR – NOTRANJA VRATA; ZUM LUFTABSaugER – DOVOD K NAPRAVI ZA IZSESAVANJE ZRAKA; LUFTeinlassHAHN – VENTIL ZA DOTOK ZRAKA; ÄUSSERE LUFTDICHTUNG – ZUNANJE ZRAČNO TESNILO; MOTORITZEL – MOTORJEVO ZOBATO KOLO; ZAHNRAD, AUF DEM DREHKÖRPER D. SCHLEUSE SITZEND – ZOBATO KOLO, KI JE NAMEŠČENO NA OBODU ZAPORE; AUSSENTÜR – ZUNANJA VRATA; KUGELLAGER – KROGLIČNI LEŽAJ; DREHSEHLEUSE, SPIEL IN DER ACHSRICTUNG – VRTELNA ZAPORA (V SMERI OŠI).

Z nekaj vaje se zasuku zapore lahko odpovemo, saj se bivalno kolo že tako ali tako vrtil razmeroma počasi (v primeru s premerom 30 m znaša polni obhod blizu 8 sekund).

Ker tudi kabelski priključek na drugi strani telesa osi načelno izpeljemo na podoben način, preprečimo, da bi se kabel sukal zaradi vrtenja bivalnega kolesa. Kabel izhaja iz konca nekakšnega vretena (sl. 87), pričvrščenega na teoretični osi vrtenja bivalnega kolesa, elektromotor pa ga poganja tako, da se obrača s povsem enakim številom vrtljajev – vendar v nasprotni smeri. Vreteno glede na vesolje zato vselej miruje. Iz njega izstopajoči kabel se zaradi vrtenja bivalnega kolesa ne more poškodovati.

Zvezo med telesom osi in svitkom omogočajo stopnice in električna dvigala v posebnih cevastih jaških. Vozila bi »navpično«, torej radialno (sl. 84 - a). Stopnice, zaradi odstopanja od navpične smeri že tako ali tako pod naklonom, bi bile nasprotno ukrivljene po logaritemski spirali. Ta bi »nad« sredino postajala vse bolj strma (sl. 88 in 84 - t), in sicer v razmerju s tam vedno bolj pojemajočim delovanjem teže (sredobežnosti). Če stopnice ali dvigala primerno počasi uporabljamo, lahko prestop iz svitka, kjer prevladuje težnost, v vesolje, kjer vlada breztežnostno stanje, postopno premagamo.

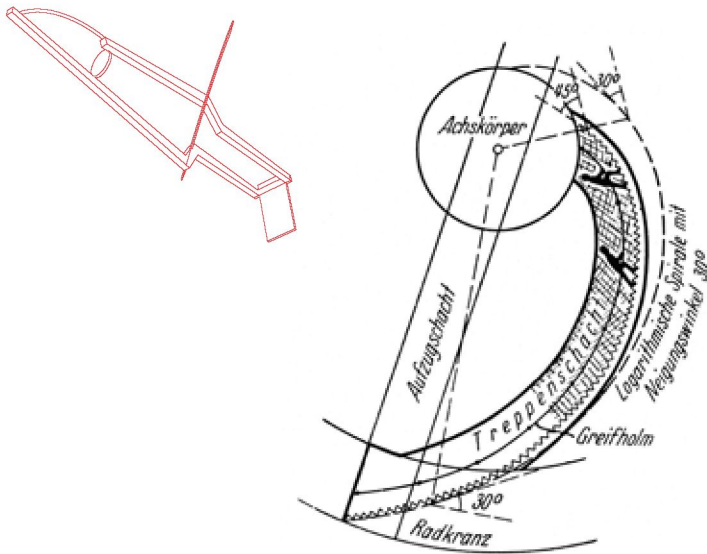


SLIKA 87.

Pogled na osni presek skozi kabelski priključek bivalnega kolesa.

(gl. sl. 84-K in besedilo v knjigi.)

DREHUNG DES WOHNRADES – VRTENJE BIVALNEGA KOLESJA; DREHUNG D. WELLE – VRTENJE VRETENA; KABEL – KABEL; WELLE – VRETENO; GEMEINSAMES KABEL – SKUPNI KABEL; KUGELLAGER – KROGLIČNI LEŽAJ; LUFTDICHT ABSCHLIESSENDE DURCHFÜHRUNGEN – NEPRITUŠEN PREHOD; LUFTLEER – BREZ ZRAKA; SCHLEIFRINGE – DRSEČI KONTAKTNI OBRČI; LUFTERFÜLLT – Z ZRAKOM; STARKSTROM, SCHWACHSTROM LEITUNGEN IN DAS INNERE D. WOHNRADES – KABLI ZA JAKI IN ŠIBKI TOK V NOTRANJOSTI BIVALNEGA KOLESJA; HEIZROHRE – OGREVALNE CEVI.



SLIKA 88.

Jašek za stopnice v bivalnem kolesu.

ACHSKÖRPER – TELO OSI; AUFZUGSCHACHT – JAŠEK ZA DVIGALO; RADKRANZ – SVITEK; TREPPENSCHACHT – JAŠEK ZA STOPNICE; GREIFHOLM – OGRAJA ZA OPRIJEMANJE; LOGARITHMISCHE SPIRALE MIT NEIGUNGSWINKEL 30°. – LOGARITEMSKA SPIRALA Z NAKLONSKIM KOTOM 30°.

Preskrba bivalnega kolesa s svetlobo, toploto, z zrakom in vodo poteka podobno, kot smo že opisali za vesoljsko opazovalnico in z uporabo tam opisanih tehničnih naprav, a s pomembno razliko – tu sodeluje tudi stena bivalnega kolesa, stalno obrnjena proti Soncu<sup>25</sup>, zatorej obarvana hrapavo in črno (sl. 89 in 84), medtem ko imajo ostale zunanje površine na poslopju popoln zrcalni lesk. Za nujne potrebe bivalnega kolesa imamo na voljo dovolj močno sončno elektrarno.

Vse shrambe in skladiščni prostori, ki zadostijo potrebnim zalogam zraka, vode in živeža ter ostalega materiala, so v svitku. Prav tako tudi vsi stroji in naprave. Zbiralno zrcalo, hrapavo in črno obarvani proizvajalec

<sup>25</sup> Vsekakor bi se lahko temu odpovedali in dosegli ogrevanje bivalnega kolesa le s segrevanjem zraka. Svitek bi moral biti tedaj zrcalno svetel.

pare in kondenzacijske cevi ter vse, kar spada k tem napravam, so namenu primerno nameščeni zunaj bivalnega kolesa, kjer z njim vred rotirajo (sl. 84, 89 in 90).

In končno so tu še predvideni obračalni motorji in naprave za povratni sunek, ki jih uporabljamo tudi za to, da dosežemo vrtenje in vnovično zaustavitev bivalnega kolesa ali kako drugače vplivamo na to vrtenje.



SLIKA 89.

Pogled na sončno stran bivalnega kolesa. Zbiralno zrcalo v sredini lahko tudi opustimo in ga nadomestimo z ustrežno večjim zunanjim zrcalom.



SLIKA 90.

Pogled na senčno stran bivalnega kolesa.

## Observatorij in strojnica

Vodilna misel za bivalno kolo: ustvariti najboljše življenjske pogoje, se mora pri observatoriju in strojnici umakniti zahtevi, da morata biti v prvi vrsti uporabna za opravljanje posebnih nalog. Pri njiju se torej, kot smo že omenili, ne moremo odpovedati breztežnostnemu stanju.

Za observatorij (sl. 91) je nadvse pomembno, da mu lahko podelimo takšno lego v prostoru, kakršno zahtevajo načrtovana opazovanja. Ker



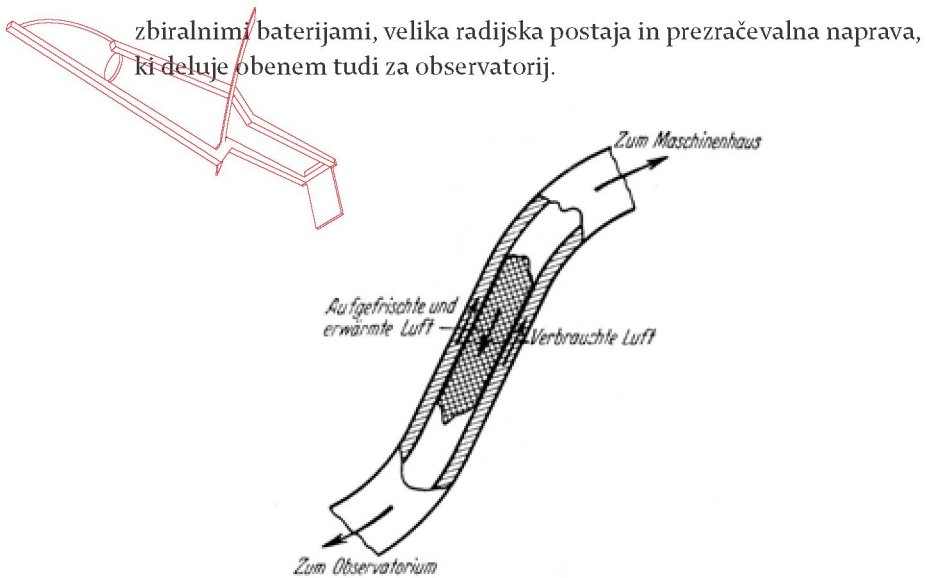
ne potrebuje nobenih že opisanih tehničnih naprav, ki bi jim dajali energijo sončni žarki, mora biti observatorij popolnoma neodvisen od lege Sonca. Prezračevanje in hkrati ogrevanje ter preskrba z električno energijo poteka iz strojnice, zato sta oba objekta povezana s kablji in še s prožnim cevovodom (sl. 91 in 92). Prezračevanje je v skrajni sili možno izvajati tudi samostojno – tu priskočijo na pomoč očiščevalni naboji, ki jih uporabljamo enako kot pri modernih potapljaških oblačilih.



SLIKA 91.

Zgled za izdelavo observatorija. Zaradi visokega tlaka 1 atm, ki v njem prevladuje, ima sodasto obliko. Vidimo lahko zračno zaporo, električna kabela (levo), prožno cev za zrak (desno) in line za osvetljevanje.

V observatoriju najdemo: predvsem njegovemu namenu primerne naprave za daljinsko opazovanje in vse krmilne naprave, od katerih so odvisne naprave za daljinsko opazovanje, npr. za vesoljsko zrcalo (gl. v nadaljevanju), ter nenazadnje laboratorij za raziskave v breztežnostnem stanju. V strojnici so vsi stroji in naprave, ki so skupni za vso vesoljsko opazovalnico, še zlasti pa tisti, namenjeni kar najučinkovitejšemu izkoriščanju sončnih žarkov – se pravi glavna sončna elektrarna z



SLIKA 92.

Upogljivi cevovod za povezavo observatorija s prezračevalno napravo v strojnici.

AUFGEFRISCHE UND ERWÄRMTE LUFT – OBNOVLJEN IN SEGRET ZRAK; ZUM MASCHINENHAUS – K STROJNICI; VERBRAUCHTE LUFT – IZRABLJENI ZRAK; ZUM OBSERVATORIUM – K OBSERVATORIJU.

Za dotok sončne energije poskrbi močno, s strojnico trdno povezano zbiralno zrcalo (sl. 93). V gorišču ima cevi za izparevanje in za gretje, na hrbtni strani pa kondenzacijske in hladilne cevi.

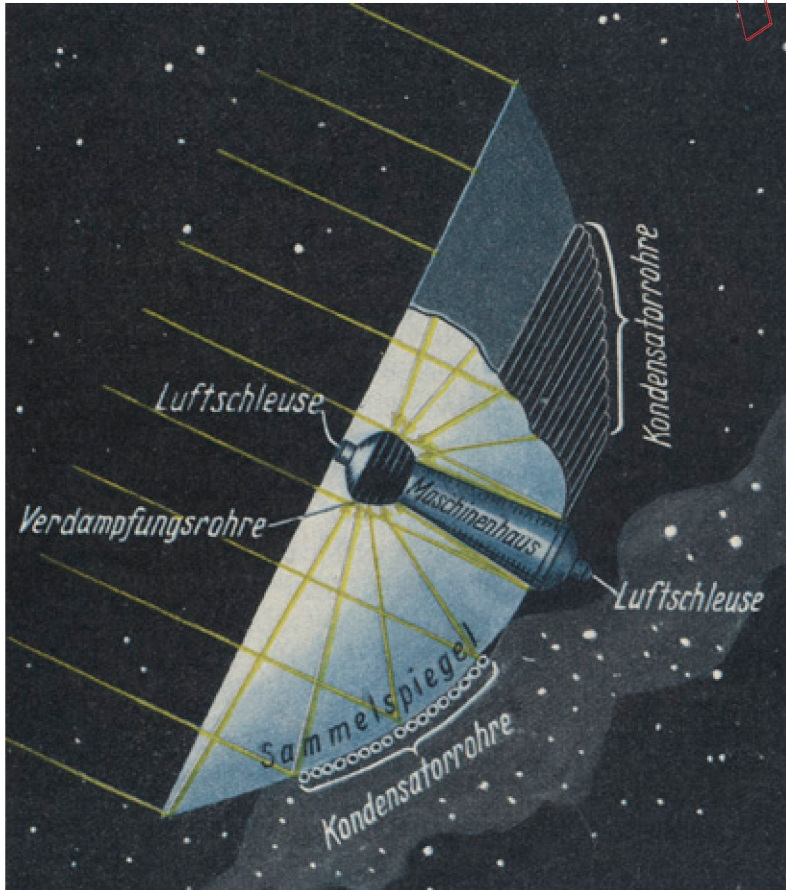
Zaradi vsega opisanega je lega strojnice že vnaprej določena: vedno mora biti takšna, da zbiralno zrcalo s sprednjo stranjo čimbolj zajame sončne žarke.

Razsvetljava, tako v observatoriju kot v strojnici, izpeljemo po že opisanem načinu za vesoljsko opazovalnico. Da preprečimo ohladitve, so zunanje ploskve zgradbe v celoti zrcalno bleščeče. Oba objekta opremimo z obračalnimi motorji ter s pogonom na povratni sunek.

Zaradi zelo neprijetnega obnašanja tekočin v breztežnostnem stanju seveda ni kuhinje, naprav za čiščenje vode, priložnosti za pranje itd. Za

uživanje hrane in telesno oskrbo imamo prostor v bivalnem kolesu.

Morebitno hrano ali pijačo, ki jo rabi v observatoriju in strojnici, si vsak član posadke prinese s seboj iz bivalnega kolesa. Seveda mora biti prilagojena breztežnostnemu stanju.



Slika 93.

Zgled za ureditev strojnice, osni prerez je le nakazan.

SAMMELSPIEGEL — ZBIRALNO ZRCALO; KONDENSATORROHRE — CEVI KONDENZATORJA;  
 VERDAMPFUNGSROHRE — CEVI ZA UPAREVANJE; LUFTSCHLEUSE — ZRAČNA ZAPORA; MASCHINENHAUS  
 — STROJNICA.

## Kako je poskrbljeno za sporazumevanje na daljavo in varnost

Sporazumevanje med posameznimi objekti vzpostavimo, kot smo že omenili, bodisi s svetlobnimi signali, bodisi z radijem, bodisi po žici. Vsi trije objekti imajo zato vsak svojo lokalno postajo, za povrh so med seboj povezani še s kabli, po katerih obenem prenašamo jaki tok.

Vsak od njih ima tudi zalogo hrane, kisika, vode, kuriva in elektrike (nakopičene v rezervnih baterijah) – posadka vesoljske opazovalnice jih uporabi v primeru nesreče, ko sta ostala objekta hkrati neuporabna. Iz tehničnih razlogov načrtovana trojna delitev vesoljske opazovalnice tako bistveno pripomore tudi k varnosti. To še povečamo, tako da lahko vsak objekt stopi v stik z Zemljo tudi samostojno, z lastnimi pobliskavajočimi se zrcali, in ne le prek velike radijske postaje.

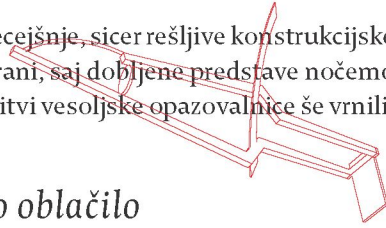
### Razdelitev vesoljske opazovalnice na 2 objekta

Z združitvijo bivalnega kolesa in strojnice lahko vesoljsko opazovalnico razdelimo le na dva dela, namesto na tri. Načeloma je to izvedljivo, ker smer sončnih žarkov obema objektoma na enak način določa lego v vesolju. Če bi hoteli doseči počasnejše obračanje strojnice (ta se zaradi razmeroma velike hitrosti vrtenja bivalnega kolesa tudi sama hitro vrti), morata bivalno kolo in strojnica (z zrcalom vred) rotirati na isti osi – a v nasprotni smeri. Združitev bivalnega kolesa in strojnice bi med drugim omogočila, da bi na tej osi rotiralo tudi veliko zrcalo strojnice, seveda v nasprotni smeri.

Koristi tega ukrepa bi bile:

- 1.) Poenostavljen pomet v vesoljski opazovalnici.
- 2.) Nepotrebni ukrepi za obojestransko izenačevanje privlačevanja mas objektov, ki nastane med bivalnim kolesom in strojnico pri ločeni ureditvi.
- 3.) Vrtenje, spreminjanje lege in ustavljanje bivalnega kolesa z motorjem in ne kot doslej s pogonom na povratni sunek – torej brez porabe pogonske snovi, saj imamo na voljo kot »protimaso« celotno strojnico in tudi veliko zrcalo (zato tudi nasprotna smer rotacije le-tega).

Tem prednostim nasprotujejo precejšnje, sicer rešljive konstrukcijske težave. Zaenkrat jih puščamo ob strani, saj dobljene predstave nočemo še bolj zapletati, a se bomo k razdelitvi vesoljske opazovalnice še vrnili.



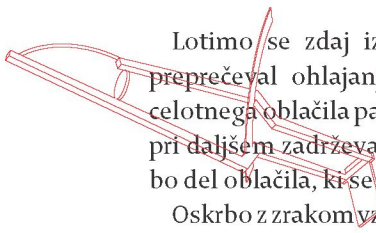
## Vesoljsko oblačilo

Tako pri nameščanju vesoljske opazovalnice kot tudi pri njenem delovanju (pri prometu med posameznimi objekti, za različna dela itd.) se bomo morali zadrževati zunaj zaprtega prostora, torej na prostem. To je možno le z že opisanimi vesoljskimi oblačili, zato si jih oglejmo nekoliko podrobneje.

Kot že rečeno, so podobna sodobnim potapljaškim oblekam ali pa oblekam za zaščito pred plinom. Vesoljsko oblačilo mora biti nepredušno, odporno proti zunanjim vplivom in v kar največji meri omogočati neovirano gibanje. Vrhnja plast mora imeti veliko natezno trdnost, saj v notranjosti oblačila prevladuje plinski tlak ene atmosfere (zračni nadpritisk v primerjavi z odprtim vesoljem). Prav tako oblačilo ne bi smelo biti občutljivo za izjemno nizke temperature (te utegnejo nastati zaradi sevanja v odprto vesolje), ohraniti bi moralo trdnost in ne postati krhko. Material vesoljskega oblačila mora ustrezati res številnim pomembnim zahtevam!

Najbolj težavno je vprašanje zaščite pred mrazom oz. pravilneje rečeno: kako zadržati izgubo toplote v še sprejemljivih mejah. Ker moramo možnost sevanja iz ovoja kar najbolj znižati, naj ima celotna zunanja stran oblačila zrcalni lesk. To pomeni, da mora biti iz kovine bodisi oblačilo v celoti bodisi njegova vrhnja plast. Za slednjo bi morda zadostovalo tudi ustrezno preparirano in proti močnim ohladitvam odporno gibko blago, na zunaj zglajeno in obarvano bleščeče belo.

Vsekakor to ne bila prav velika pridobitev za svobodno gibanje. Tudi če bi bila gibka, bi zgornja plast otrdela, saj se oblačilo zaradi notranjega pritiska napihne. Za večjo gibljivost bi bilo torej primernejše, da je v celoti iz trdne snovi, npr. iz kovine. Izkušnje, pridobljene pri potapljaških oklepkih, nam lahko precej pomagajo, materialno sestavo pa mu lahko vsaj deloma določimo na osnovi cevi, ojačanih s kovino. Res, v celoti kovinsko oblačilo utegne biti najprimernejše.



Lotimo se zdaj izdelave: zrcalni lesk zunanosti bo kar najbolje preprečeval ohlajanje zaradi toplotnega sevanja, posebna podloga celotnega oblačila pa bo še bolj poskrbela za toplotno izolacijo. Če pride pri daljšem zadrževanju na prostem kljub temu do občutne ohladitve, bo del oblačila, ki se je znašlo na senčni strani, obsevano z zrcalom.

Oskrbo z zrakom postavimo podobno kot pri sodobnih potapljaških oklepih. Potrebne posode s kisikom in bombe za očiščevanje zraka nosimo v kovinskih oprtnikih na hrbtu.

Ker je sporazumevanje z govorom v brezračnem prostoru možno le prek telefona, žične zveze pa bi bile nadvse nepraktične, vesoljsko oblačilo opremimo z napravami za radijsko sporazumevanje. V oprtniku nosimo tudi manjšo radijsko napravo, ki mora biti hkrati oddajnik in sprejemnik, napaja pa jo akumulator. Mikrofon in slušalka sta trdno vgrajena v čelado. Za anteno se uporabi primerno žico ali kovino na oblačilu. Na prostem lebdeče osebe komunicirajo bodisi med sabo bodisi z notranjostjo opazovalnice (vsak njen objekt je opremljen z napravami za radijsko sporazumevanje). Komunikacija poteka podobno kot v prostorih, napolnjenimi z zrakom – le da prek eterskih valov in ne prek zraka.

V izogib že omenjeni grozeči nevarnosti »odplavanja v vesolje« imamo ob zadrževanju na prostem poseben varnostni ukrep. Gre za zelo občutljive alarmne naprave, s katerimi so opremljene lokalne radijske postaje, ki se bodo ob morebitnem klicu na pomoč iz vesoljskega oblačila samodejno odzvale že na velike razdalje.

V izogib obojestranskim motnjam so za posamezne vrste lokalnih radijskih zvez določeni različni radijski valovi, ki jih je možno preprosto uravnati na posamezne radijske naprave v vesoljskih oblačilih.

Svobodno gibanje nam omogočajo majhne ročne naprave na povratni sunek. Posodo za njihovo pogonsko snov imamo poleg že naštetih priprav v oprtniku.

## *Potovanje k vesoljski opazovalnici*

Med Zemljo in vesoljsko opazovalnico poteka z raketno vesoljsko ladjo promet, ki smo ga podrobneje že opisali. Lahko pa to sliko

izpopolnimo in v grobih orisih pot še enkrat podoživimo:

Vesoljska ladja stoji na Zemlji, pripravljena na vzlet. Vstopimo v potovalno kabino, majhno celico znotraj trupa, namenjeno sprejemu vodje odprave in ostalih potnikov. Vrata se od znotraj nepredušno zaprejo. Zleknemo se v viseče mreže.

Vodja opravi nekaj gibov pri krmilnih napravah, rahel dreget vozila in že se počutimo težki kot svinec; vrvi viseče mreže malone boleče pritisnejo na naše telo, dihamo le z naporom, vzdigovanje roke je pravi preizkus moči. Polet se je začel! Pogon deluje, zato potujemo kvišku s pospeškom kakšnih  $30 \text{ m/s}^2$ . To občutimo kot štirikratno povečanje teže, kar pomeni, da bi bilo nemogoče stati pokonci.

A že v naslednjem trenutku občutek povečane teže popusti – in se spet pojavi. Vodja pojasni, da se je pravkar odcepil prvi, iztrošeni del rakete in da je začel delovati drugi.

Sledijo novi posegi pri krmiljenju. Kot nam pojasni vodja, smo največjo potrebno dvižno hitrost že dosegli. Vozilo obrnemo za  $90^\circ$  in delovati začne pogon v vodoravni smeri, s čimer dobi vozilo potrebno obhodno hitrost.

Tudi to smo že dosegli. Od starta je minilo šele nekaj minut, nam pa se zdi, da smo že neskončno dolgo v napornem stanju povečane teže. Polagoma je tudi tega pritiska vse manj. Najprej občutimo blagodejno olajšanje, kmalu zatem – tesnoben strah; brez razloga imamo občutek, da padamo, strmoglavljamo v brezdanjo globino. Vodja nas umirja: pogon je polagoma izključil in naše gibanje se nadaljuje zgolj zaradi naše žive sile, kar občutimo kot padanje, a gre le za občutek breztežnosti, ki se mu moramo privaditi. Seveda je to lažje reči, kot storiti; ker pa nimamo druge možnosti, nam končno uspe.

Medtem vodja skrbno opazuje instrumente, preudarja preglednice in krivulje potovanja, nekajkrat za krajši čas spet vključi pogon, saj je moral odpraviti nekaj napak, nastalih med potjo.

Na cilju smo. Nadenemo si vesoljsko oblačilo, iz kabine izpustimo zrak in odpremo vrata. Na določeni razdalji pred sabo zagledamo nekaj, kar se je izluščilo iz popolne teme in se pojavilo na nebu, polnem zvezd: kovinsko lesketajočo se in v najsvetlejšem sončnem siju svetlečo se – opazovalnico (sl. 94).

Pogled nas osupne. Vodja se odžene in odplava proti opazovalnici.



SLIKA 94.

Celotna vesoljska opazovalnica s 3 objekti, kot jo vidimo skozi izhodno odprtino vesoljske ladje. V ozadju je Zemlja, oddaljena 35.900 km. Središče oboda opazovalnice je točka na zemeljskem ekvatorju, nad katero nenehno lebdi vesoljska opazovalnica. Domnevno bi ta točka ležala na berlinskem poldnevniku, in sicer nekje okoli južne konice Kameruna.



Sledimo mu, a ne s prijetnimi občutki – do Zemlje zeva prepad, globok blizu 36.000 km!

Čas je za vrnitev. Vozilo opremimo z nosilnimi ploskvami, ki so bile med poletom snete. Montaža zaradi breztežnosti ne povzroča težav.

Podamo se v kabino vesoljske ladje; vrata zapremo in v notranjščino spustimo zrak. Pogon na začetku deluje le polagoma. Pojavi se rahel občutek teže. Spet se zleknejo v viseče mreže. Vodja vključuje vse več šob, občutek teže je vse močnejši. Zdaj nas še bolj stiska, saj smo se vmes teže malone odvadili. Pogon že deluje s polno močjo, vodoravno, a v nasprotni smeri kot prej – našo obhodno hitrost in z njo sredobežnost, ki smo jo imeli med zadrževanjem ob vesoljski opazovalnici, želimo za toliko zmanjšati, da bi prosto padali po Zemljinem eliptičnem tiru. Med tem delom vračanja spet prevladuje breztežnost.

Zemlji se že precej približamo. Polagoma vstopamo v njeno ozračje; že občutimo zračni upor in začenja se najtežji del potovanja: pristajanje. Hitrost potovanja, ki je med padanjem proti Zemlji dosegla 12-kratno hitrost izstrelka, zaviramo počasi, da ne pride do segrevanja zaradi zračnega upora.

Iz varnostnih razlogov se pripravimo. Vodja zavzeto krmili nosilne ploskve in padale, določa vsakokratni položaj vozil, meri zračni pritisk, zunanjo temperaturo itd. Z vrtoglavo naglico obkrožamo naš planet; sprva v strmoglavem letu (na višini 75 km), nato pa ob postopnem upadanju hitrosti v dolgi spirali smo vedno bližje Zemlji. Hkrati dosegamo globlje, gostejše zračne plasti in polagoma se znova vzpostavi zemeljski občutek teže. Naše potovanje preide v normalen drsni let. Zemeljsko površje beži pod nami neznansko hitro – v pol ure preletimo vse oceane in prečkamo celine!

Naša vožnja je vse počasnejša in zemeljsko površje vedno bližje. Spuščamo se v bližino pristajališča na morju.

## Posebne fizikalne raziskave

Zdaj pa k najbolj pomembnemu vprašanju: Kakšne koristi nam utegne prinesiti opisana vesoljska opazovalnica? Pri odgovoru bomo upoštevali tudi Oberthove, v marsičem zanimive pobude.

Opravili bi, na primer, posebne fizikalne in kemijske poskuse, ki niso izvedljivi v zemeljskih razmerah, ker zahtevajo velik, popolnoma brezračen prostor ali pa odsotnost teže.

Precej bolj preprosto kot na Zemlji bi dosegli izjemno nizke temperature – in se tudi bolj približali absolutni ničli, kot nam to uspe v naših ohlajevalnih laboratorijih (doslej na 1 °F, tj. -272 °C). V vesoljski opazovalnici bi namreč imeli dve možnosti: ob že uporabljanem utekočinjenju helija še ohlajevanje s sevanjem v odprto vesolje.

Preiskovanje obnašanja telesa ob malone popolni odsotnosti toplote bi utegnilo privedi do pomembnih spoznanj tako o zgradbi materije kot tudi o naravi elektrike in toplote (to so pričakovali že od doslej opravljenih tovrstnih poskusih v naših ohlajevalnih laboratorijih). Ker je del tega tudi problem odkrivanja postopka za izkoriščanje neznanske količine energije, vezane v materiji, bi nam lahko vse skupaj prineslo praktično, morda celo izredno obsežno korist.

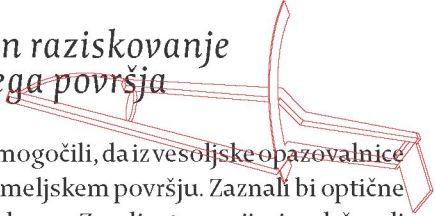
Vesoljska opazovalnica nam daje tako posebne možnosti, da bi bržkone utegnili dokončno rešiti vprašanje polarne svetlobe, kozmičnih žarkov in marsikaterega še ne popolnoma pojasnjene naravnega pojava.

## Teleskop neizmernih razsežnosti

Ker v vesolju ni zraka, tudi ni nobenih optičnih ovir za uporabo še tako velikih daljnogledov. Tehnična izvedba le-teh naj ne bi bila problematična zaradi povsod vladajoče breztežnosti. Električna energija, potrebna za delovanje naprave in njenih sestavnih delov, pa je v vesoljski opazovalnici tako ali tako vselej pri roki.

Celo kilometer dolg zrcalni teleskop bi lahko vzdrževati tako, da bi v odprtem vesolju, primerno daleč od opazovalnice, lebdelo električno nastavljivo parabolično zrcalo. Takšne in podobne naprave za daljinsko opazovanje bi bile neprimerno kakovostnejše od celo najboljših tovrstnih naprav, ki jih uporabljamo na Zemlji. Trdimo lahko, da pri takšnih daljnogledih praktično ni omejitev ne glede zmogljivosti ne glede možnosti opazovanj na daljavo.

## Opazovanja in raziskovanje zemeljskega površja



Takšni orjaški teleskopi bi nam omogočili, da iz vesoljske opazovalnice spoznamo vsako podrobnost na zemeljskem površju. Zaznali bi optične signale, s preprostimi sredstvi poslane z Zemlje, ter z njimi vzdrževali zvezo med raziskovalnimi odpravami in njihovimi domovinami oz. nepretrgano zasledovati njihovo usodo; raziskali še neraziskane dežele in ugotavljali sestavo njihovih tal; za načrtovane odprave opravili dragocene priprave, npr. natančno pojasnili naseljenost in prehodnost, morda celo postregli s podrobnimi, fotografsko izdelanimi kartami, ki bi jih rabili za utiranje poti.

Kartografijo bi osnovali popolnoma na novo – z daljinsko fotografijo iz vesoljske opazovalnice bi bilo mogoče kartografirati tako na veliko (cele dežele ali kontinente, za kar sicer potrebujemo mnogo let in temu primerno visoka denarna sredstva) kot tudi podrobno v vsakršnih merilih (geometrom in kartografom bi preostala le še nevhvaležna naloga določevanja višin). Predvsem pa bi se oskrbeli s kartami še zelo malo znanih zemeljskih območij, npr. notranjosti Afrike, Tibeta, severne Sibirije in območij okoli tečajev.

Opazovali bi pomembne ladijske linije – vsaj vsakodnevno in kolikor bi dopuščali oblaki. Ladje bi pravočasno opozarjali na nevarnosti, npr. plavajoče ledene gore, bližajoče neurje, ter obveščali o ladijskih nesrečah.

Dobili bi povsem novo izhodišče za vremenske napovedi – iz vesoljske opazovalnice je namreč mogoče pregledovati gibanje oblakov nad več kot  $1/3$  celotne zemeljske površine in hkrati opravljati kozmična opazovanja, kar z Zemlje ni mogoče.

In ne nazadnje opozorimo še na strateško vrednost takšnega daljinskega opazovanja: pred očmi opazovalca iz vesoljske opazovalnice bi bila razprostrta celotna razvrstitvena in borbena področja! Celo če bi se sovražnik odrekel vsem dnevnim premikom, bi se težko skrtil pred temi »argejevimi očmi«.

## Raziskovanje zvezdnega sveta

Najbolj čudovit razgled iz vesoljske opazovalnice pa bi se nedvomno odprl pri astronomskih daljinskih opazovanjih. Uporabili bi namreč lahko poljubno velike teleskope in izkoristili prednost, da so žarki iz ozvezdij neoslabljeni in nepopačeni, nebesni svod pa popolnoma črn.

Tako bi opravili vsa opazovanja Sonca, ki so na Zemlji možna le ob njegovem popolnem mrku. Pri opazovanju bi zasenčili sončno ploskev z okroglim črnim zaslonom.

Do zadnje podrobnosti bi preiskali naš celotni sončni sistem z vsemi planeti, planetoidi, kometi, velikimi in malimi lunami. Venero in Merkur, »spodnja«, Soncu najbližja planeta, bi opazovali enako dobro kot oddaljene, »zgornje« planete. (To z Zemlje, kot smo že omenili, ni mogoče, ker so odstrti podnevi.) Natančno bi raziskali površje vsaj vseh sosednjih teles (Meseca, Venere, Marsa, Merkurja) – začeli bi, čim bi bila vidna, in jih nato z daljinsko fotografijo kartografsko poslikali. Celo vprašanje, ali so planeti naseljeni oz. jih je mogoče naseliti, bi verjetno dokončno rešili.

Ena najbolj zanimivih odkritij bi utegnile posredovati zvezde stalnice. Marsikatera nerešena uganka skrajnih daljav bi se pojasnila, naše spoznanje o dogajanju v vesolju pa bi se tako razširilo, da bi mogli s popolno gotovostjo sklepati o preteklosti in o prihodnji usodi tako našega planeta kot našega sončnega sistema.

Poleg siceršnje vrednosti bi imeli vsi izsledki raziskovanj izreden pomen za nadaljnji razvoj vožnje z vesoljsko ladjo. Če bi lahko spoznali razmere v tistih območjih vesolja in na nebesnih telesih, kamor vodi naša pot, ne bi več potovali v neznano vesolje in odpadla bi marsikatera nevarnost.

## Lebdeče orjaško zrcalo

Možnosti vesoljske opazovalnice z doslej zapisanim še niso izčrpane! Ker ji sije Sonce (ne glede na morebitne prehode skozi Zemljino senco) neomejeno in hkrati neprekinjeno, bi morali to izkoristiti za marsikateri zemeljski tehnični namen. Iz vesoljske opazovalnice bi

umetno usmerjali sončne žarke (celo zelo izdatno) na posamezna območja zemeljskega površja – po Oberthovem predlogu bi nanje naravnali primerno konstruirano, na Zemljinih obhodnih tirih lebdečo orjaško zrcalo.

Sestavljeno bi bilo iz posameznih faset, tako gibljivo nastavljivih, da bi jih s pomočjo elektrike na površini celotnega zrcala razporejali v poljubne položaje. S primerno nastavitvijo faset bi po potrebi celotno od zrcala odbijajočo se sončno energijo bodisi razpršili po širokih območjih zemeljskega površja bodisi strnili v posamezne točke; ko je ne bi več rabili, bi jo pustili sevati v vesolje.

Postavitev »vesoljskega zrcala« bistveno olajša dejstvo, da bi bilo zaradi obhodnega gibanja v breztežnostnem stanju. Po Oberthu bi za skelet zrcala uporabili okroglo žično mrežo, z rotacijo razprostranjeno po vesolju. V njene pentlje bi namestili posamezne fasete, izdelane iz kot papir tanke natrijeve pločevine. Izdelava ogledala s premerom 100 km naj bi trajala približno 5 let in stala 3 milijarde mark.

Za gradnjo lebdečega orjaškega zrcala imamo seveda še druge možnosti. Pri manjših, s premerom le nekaj 100 metrov, bi zanesljivo uspeli s togo konstrukcijo – obračalni motorji bi nam omogočali po eni strani, da se zrcalo poljubno obrača okoli svojega težišča, in po drugi, da zrcalo premeščamo z enega mesta na drugo.

Za uravnavanje takšnega zrcala bi imeli v vesoljski opazovalnici na voljo obilo potrebne električne energije. Krmilne ročice bi morale biti v observatoriju in nameščene tako, da bi jih lahko uporabljali med opazovanji z orjaškim teleskopom. Le tako bi namreč lahko svetlobno polje zrcala uravnali kar najbolj natančno na Zemljo.

Imeli bi veliko raznoraznih koristi! Kadar bi dovoljevali oblaki, bi ponoči z naravno sončno lučjo osvetljevali pristanišča in letališča, velike železniške postaje, tudi cela mesta. Koliko premoga bi prihranili, ko bi bila na primer Berlin in ostala velika mesta na tak način oskrbljena z lučjo!

Kot meni Oberth, bi nam velika vesoljska zrcala zaradi sončnega sevanja omogočila tudi poselitev prostrane severne dežele, vzdrževanje pomorske poti od severnosibirskih pristanišč do Spitzbergov brez ledu itd., vplivali bi lahko na vreme in preprečevali nagle vremenske spremembe, zmrzal, točo itd.

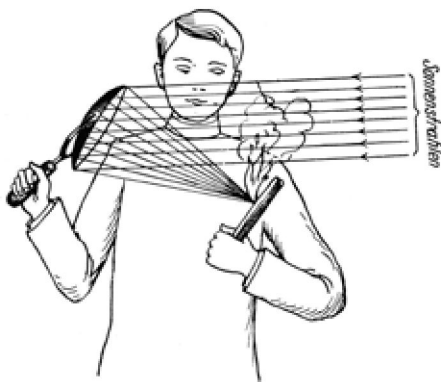
## Najstrašnejše bojno sredstvo

Vsako tehnično pridobitev je možno izkoristiti v bojne namene, in tudi zrcalo ni izjema, za povrh pa bi po grozovitosti daleč prekašalo vsa doslej znana bojna sredstva.

Kot vemo, lahko z zbiralnim zrcalom koncentriramo sončne žarke in dosežemo visoke temperature (podobno kot s »zažigalno lečo«). Že pri zrcalu, velikem kot dlan, lahko zažgemo v njegovem gorišču ležeč papir, trske ipd. (sl. 95).

Predstavljajmo si, da premer takšnega zrcala ne znaša le 10 cm, ampak nekaj 100 ali celo 1.000 metrov, kot na primer vesoljsko zrcalo. Topilo bi se tudi jeklo in celo snovi, najbolj odporne proti ognju, bi sčasoma komaj zdržale, ko bi jih obsijala tako usredinjena sončna svetloba.

Dodajmo k temu, da ima opazovalec iz vesoljske opazovalnice s svojim mogočnim teleskopom pred sabo celotno bojno območje, z vsemi deli bojišča in s sovražnikovim zaledjem, z vsemi kopnimi in morskimi dovoznimi potmi itd., razprostrto kot velik, do potankosti razviden načrt. Kakšno bojno sredstvo bi bilo takšno vesoljsko zrcalo, ki bi ga vodila njegova roka!



SLIKA 95.  
Sežiganje lesene trske z zbiralnim zrcalom.

Najlažje bi bilo pognati v zrak sovražnikova skladišča streliva, zažgati skladišča bojnih potrebščin, topove, oklepne kupole, železne mostove, tire, pomembnejše kolodvori itd. pa spremeniti v žarečo maso. Železniške kopmozicije med vožnjo, za vojno važne tovarne, industrijske predele in velika mesta bi lahko ovil v ognjene zublje. Čete, v gibanju ali v taboru, bi s snopom koncentrirane sončne svetlobe na mah upepelil. Niti sovražnikovo ladjevje, še tako mogočno in četudi v zavetju najmočnejših pomorskih utrd, se ne bi moglo ubraniti požiga. Uničeno bi bilo, kot pogoltna sikajoči plamen mrčes.

To bi bili v resnici žarki smrti! In vendar zgolj za življenje potrebni žarki, ki si jih vsak dan znova tako želimo; le da bi bilo te dobrote »nekoliko preveč«.

Do takšnih grozot nikakor ne sme priti! Komaj katera današnja sila bi si drznila vojskovanja z ljudstvom, oboroženim s tako strašnim orožjem.

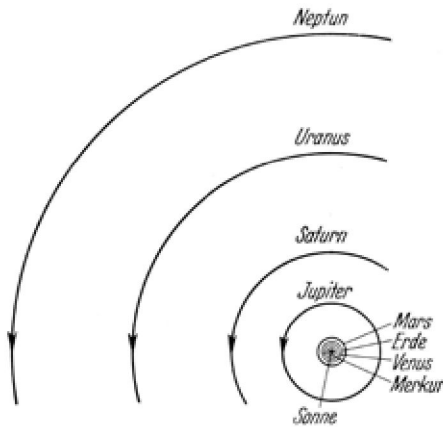
## K nebesnim telesom

Pri dosedanjih raziskavah še nismo prestopili območja prevladujoče Zemljine privlačne sile – prav tako ne »območja njene Visokosti v vesolju«. In kakšen je pravzaprav cilj vesoljske vožnje: popolnoma se odcepiti od Zemlje in doseči tuja nebesna telesa?

Najprej na kratko o sliki zvezdnega sveta, kot jo vidimo med vožnjo po vesolju in na območju potovanja. Za začetek razširimo meje običajnih predstav; če hočemo preiskati vesolje, kot da gre za naš svet, moramo naš dosedanji svet, tj. Zemljo, imenovati le še: naša »ožja domovina«. In ne samo njo! Vse, kar je doslej s težnostjo vezala nase, tako bodočo vesoljsko opazovalnico kot tudi Mesec, je treba prišteti k naši ožji domovini v vesolju, k »zemeljskemu kraljestvu«. Kako majhna je namreč oddaljenost nekih 380.000 km Meseca od Zemlje v primerjavi z drugimi vesoljskimi razdaljami! Znaša pa le tisočinko razdalje do najbližjih planetov, Venere in Marsa, in znotraj Sončeve oble bi zlahka spravili tudi Zemljo s celim mesečevim tirom.

Prva nam bližja večja enota v vesolju je sončni sistem z vsemi telesi, ki sodijo zraven. Torej 8 velikih planetov ali potujočih zvezd, od katerih

je ena celo naša Zemlja (sl. 96 in 97), in številna druga, večinoma precej manjša nebesna telesa: planetoidi, periodični kometi, roji meteorjev itd. Soncu najbližji planet je Merkur, sledijo mu Venera, Zemlja, Mars, Jupiter, Saturn, Uran in najbolj oddaljeni Neptun. Venera in Mars sta tako poleg Meseca neposredna Zemljina soseda.



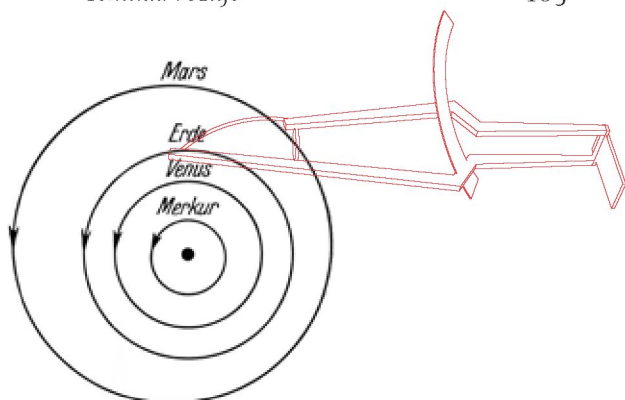
SLIKA 96.

Skica tirov 8 planetov našega sončnega sistema v njihovih pravih velikostnih razmerjih.

SONNE – SONCE; ERDE – ZEMLJA.

Vsa ta nebesna telesa so zaradi učinkovanja privlačnosti mase trajno priklenjena na Sonce. Ker je središčno telo, so ga prisiljena obletavati po eliptičnih tirih in skupaj tvorijo nekakšno »kraljestvo sončne zvezde stalnice«. Sonce jih s svojim sijem osvetljuje in greje, hkrati pa jim z neomajno močjo svoje težnosti gospoduje. Kot nekakšno otočje, povezano v večno enotnost v praznini in temi neskončnega prostora – to je naša »širša domovina« v vesolju. Zares kraljestvo neznanskih razsežnosti: celo svetloba potrebuje več kot 8 ur, da ga premeri počez, čeprav drvi skozi prostor s hitrostjo 300.000 km/s!





SLIKA 97.

Povečana ponazoritev Marsovega, Venerinega, Zemljinega in Merkurjevega tira, s slike 96.

---

ERDE – ZEMLJA.

In kako neznatno majhen je šele ta svet v primerjavi z nedoumljivimi vesoljskimi razsežnostmi, iz katerih nam pošiljajo pozdrave v obliki žarkov številne žareče mase svetlobnih teles, ki jih poznamo kot zvezde stalnice. Celo nam najbližja stalnica Alfa Centauri je oddaljena 4,3 svetlobna leta, kar je 4.500-krat toliko, kolikor znaša premer celotnega Sončevega kraljestva! Vse ostale so še dlje od nas, v glavnem oddaljene stotine in tisoče svetlobnih let. Tu so še ugasle stalnice, nam sicer nekoliko bližje, a neopazne v večni temi odprtega vesolja.

Zatorej se že zdaj zavedajmo, da bi po današnjih presoajah prišlo v poštev le potovanje k nebesnim telesom, ki so del našega osončja.

## Tehnika vožnje

Že na začetku smo pojasnili<sup>26</sup>, da bi dolgo potovanje po vesolju potekalo predvsem na prostem obhodnem tiru nebesnega telesa, katerega polje privlačnosti bi na trenutni etapi potovanja prevladovalo. Da premaga njegovo težnost in ne strmoglavi v žareče morje, mora telo

---

<sup>26</sup> Gl. str. 51, 52.

v območju Sonca vedno krožiti na enem od prostih obhodnih tirov.

Dokler smo v ožjem območju Zemlje ali katerega drugega telesa v sončnem sistemu, nam to ni treba posebej upoštevati, saj vsako tako telo že tako ali tako na lastnem obhodnem tiru obletava Sonce, z njim vred pa vsa telesa njegovega sistema. Z Zemljino hitrostjo, tj. s 30.000 m/s, ga na primer obletava Mesec, obletavala pa ga bo tudi naša vesoljska opazovalnica (oba kot Zemljina trabanta). A ker je Zemlja glede na Sonce v »stabilnem stanju lebdenja«, zanju Sončeva privlačnost ne obstaja.

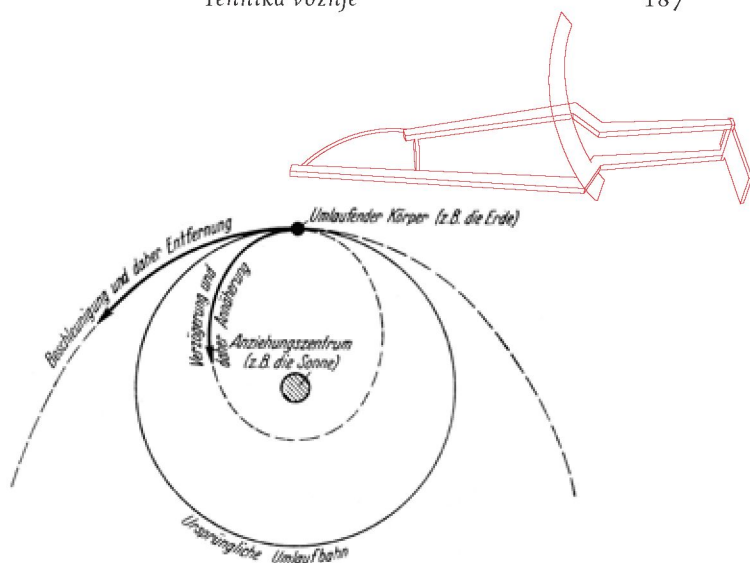
Vesoljska ladja bo obkrožala Sonce po samostojnem prostem obhodnem tiru, šele ko se oddalji iz ožjega območja katerega od nebesnih teles, ki ga obkrožajo. V primeru potovanja od Zemlje do drugega planeta moramo po predhodnih izračunih določiti potek poti in čas odhoda tako, da prispe vesoljska ladja do obhodnega tira ciljnega planeta takrat, ko bo tam tudi mesto prihoda taistega planeta.

Ko prispe v praktično območje privlačnosti ciljnega planeta, lahko vozilo bodisi kot trabant na prostem obhodnem tiru poljubno dolgo obletava planet bodisi se nanj spusti. Če ima planet zračni ovoj, podoben Zemljinemu, je lahko pristanek tak, kot smo ga opisali za Zemljo<sup>27</sup> (Hohmannov pristajalni manever, sl. 44 in 45). Če ni ustreznega zračnega ovoja, izvedemo zaviranje s povratnim sunkom, med spuščanjem pa mora delovati pogon v smeri, nasprotni padanju<sup>28</sup> (sl. 37).

Pri medplanetarnem potovanju znotraj sončnega sistema moramo obhodno gibanje po odcepitvi od prvotnega tira (hkrati je potekalo tudi okoli Sonca) s pogonom tako spremeniti, da preidemo na svoboden obhodni tir okoli Sonca, ki nas poveže z obhodnim tirom zelenega nebesnega telesa. Po zakonih nebesne mehanike bi bilo treba v ta namen prvotno obhodno gibanje pospeševati, če bi se vozilo glede na cilj potovanja oddaljevalo od Sonca (sl. 98), zavirati pa, če bi se mu približevalo. Samostojno gibanje po »veznem obhodnem tiru« naj bi se, brž ko doseže zeleno nebesno telo, spremenilo v takšno gibanje, kakršnega zahteva obhodni in pristajalni manever. Na podoben način naj poteka tudi vrnitev.

<sup>27</sup> Gl. str. 101–111.

<sup>28</sup> Gl. str. 101, 102.



SLIKA 98.

Če gibanje prosto gibajočega telesa *pospešimo*, povečamo njegov prvotni obhodni tir in ga *oddaljimo* od središča privlačne sile. Če ga *zaustavljamo*, se njegov obhodni tir *zoži*, s tem pa se tudi *približa* omenjenemu središču.

ANZIEHUNGSZENTRUM (Z. B. DIE SONNE) – SREDIŠČE PRIVLAČNOSTI (NPR. SONCE); UMLAUFENDER KÖRPER (Z. B. DIE ERDE) – KROŽEČE TELO (NPR. ZEMLJA); URSPRÜNGLICHE UMLAUFBAHN – PRVOTNI OBHODNI TIR; VERZÖGERUNG UND DAHER ANNÄHERUNG – ZAUSTAVLJANJE IN ZARADI TEGA ZBLIŽANJE; BESCHLEUNIGUNG UND DAHER ENTFERNUNG – POSPEŠITEV IN ZATO ODDALJITEV.

Kot vidimo, je treba med vožnjo skozi planetni prostor opravljati spremembe gibanja, nastale zaradi pogona z dodatno silo, kar pa, kot smo že uvodoma omenili<sup>29</sup>, zahteva porabo pogonskih snovi.

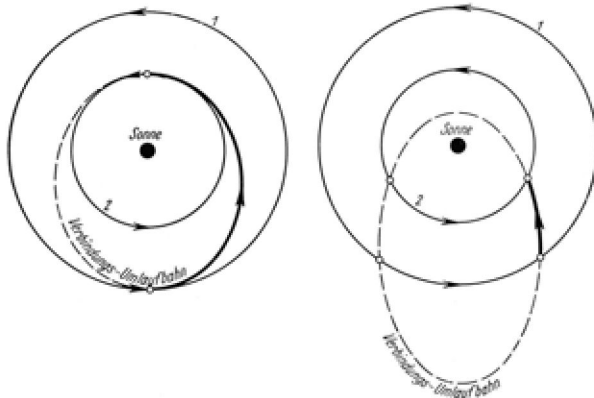
Po Hohmannovih računih bi bila poraba najmanjša, ko združeni obhodni tir vozila prvotnega obhodnega tira in obhodnega tira obiskane zvezde ne bi sekal, ampak bi se ju dotikal (tangiral, sl. 99). Potrebne količine pogonske snovi pa tudi v tem primeru ne bi bile zanemarljive.

Zamislimo si, da ciljnega nebesnega telesa ne obvozimo, ampak se nanj spustimo. Pri ponovnem vzletu ob odhodu rabimo (kot nam je znano že z Zemlje) veliko energije – toliko več, kolikor večja je masa

<sup>29</sup> Gl. str. 52.

planeta, z njo vred pa njegova privlačnost. Če prištejemo, da moramo na planetu z neprimernim zračnim ovojem ob pristajanju z delovanjem pogona še zavirati (zaviranje s povratnim sunkom), se nam količina potrebne pogonske snovi precej poveča.

Vsaj pri prvem obisku tuje zvezde jo moramo vzeti s sabo tja grede z Zemlje. Ne gre namreč računati, da bomo že na prvem potovanju dobili za vrnitev potrebno pogonsko snov na cilju.



SLIKA 99.

Dotikajoči in sekajoči obhodni tir za povezavo, po katerem mora vesoljsko vozilo samostojno leteti znotraj sončnega sistema, da bi dospelo do tujega nebesnega telesa. Na sliki pomeni: 1. prvotni obhodni tir; 2. obhodni tir planeta, ki ga nameravamo obiskati. Krepko natisnjena proga je tisti del obhodnega tira, ki ga vesoljsko vozilo dejansko preleti.

SONNE – SONCE; VERBINDUNGS-UMLAUFBAHN – OBHODNI TIR ZA POVEZAVO.

## Start z zemeljskega površja

V primeru, da je start takšnega potovanja neposredno na zemeljskem površju, je treba najprej vso to množino pogonske snovi dvigniti (s premagovanjem Zemljine težnosti). Za kaj takega je poraba dela, kot smo že povedali,<sup>30</sup> izredna.

<sup>30</sup> Gl. str. 81, 82.

Upošteva je zmogljivosti danes razpoložljivih pogonskih snovi bi količina s sabo vzete snovi predstavljala tolikšen delež celotne teže vozila, da bi bilo to komaj konstrukcijsko izvedljivo. Edino možno vesoljsko potovanje, izvedeno neposredno z zemeljskega površja z doslej znanimi vrstami pogonske snovi, bi bila pot okoli Meseca – z namenom, da поблиže raziščemo stanje na njegovem površju, še zlasti na strani, odvrnjeni od Zemlje. Lahko bi se mu celo pustili »ujeti« in bi na prostem obhodnem tiru krožili kot Mesečeva luna. Količina pogonske snovi, potrebne za ta podvig, ne bi bila kaj dosti večja kot za normalen vzlet z Zemlje do dosega praktične meje težnosti.

## Vesoljska opazovalnica kot oporišče za vesoljski promet

Bolj ugodne razmere bi vsekakor imeli, ko bi, kot predlaga Oberth, uredili primerno visoko nad Zemljo lebdečo in na prostem obhodnem tiru okoli Zemlje nenehno krožečo deponijo pogonskih snovi – potovanje bi se namesto z Zemljinega površja začinjalo od tod. Tako bi bilo treba do popolne odcepitve od Zemlje le malo dodatnega dela, ob vzletu z Zemlje pa ne bi bilo treba natovarjati vozila z vso potrebno količino pogonske snovi. Od deponije dalje pa bi jo za nadaljnje daljinsko potovanje potrebovali le nekoliko več.

Ker bi bila zaradi prostega obhodnega gibanja v breztežnostnem stanju, bi bilo možno na deponiji zelo preprosto uskladiščiti poljubno količino pogonske snovi, in to prosto lebdeče, na kateremkoli mestu v prostoru. Zavarovana pred sončnimi žarki bi tako tudi kisik in vodik zdržala poljubno dolgo v trdnem stanju.

Njun dovoz bi potekal kot enosmerni promet z vesoljsko ladjo – bodisi z Zemlje, kjer bi pogonsko snov (če bi bila iz tekočega kisika in vodika) na veliko proizvajali s pomočjo elektrarn, ki bi jih poganjala toplota tropskih morij; bodisi z Meseca, kot predlaga Max Valier. To bi bilo nadvse pripravno, kajti Mesečeva masa, zaradi nje pa tudi njegova privlačnost, je dosti manjša kot Zemeljina, zato bi bila poraba dela pri vzletu in hkrati dovozu pogonske snovi z Meseca precej manjša. Vsekakor domnevamo, da bo te uporabne surovine možno najti tudi na

Mesecu oz. da je tam vsaj voda (kot nekakšen led) – z elektrolizo (zanjo bi dajala energijo sončna elektrarna) bi jo je namreč lahko razkrojili na kisik in vodik. ~~Zal te domneve niso preveč trdne.~~

Kljub marsikateri prednosti Hohmanovega predloga, da bi Mesec izkoristili za izhodišče vesoljskega daljinskega prometa in na njem uredili deponijo za pogonske snovi, se vseeno zdi Oberthov predlog o prosto lebdeči deponiji nekoliko prikladnejši, saj bi od tu za popolno odcepitev od zemeljskega polja privlačnosti (vključno z Mesecem) potrebovali znatno manj dela. Tudi glede gospodarjenja z energijo bi bilo brez dvoma najprikladnejše urediti deponijo na razdalji nekaj milijonov kilometrov od Zemlje, še zlasti, če bi morali pogonske snovi dovažati z Zemlje.

Naša vesoljska opazovalnica bi bila že tako ali tako opremljena z vsemi potrebnimi napravami, zato bi ji vsekakor priključili deponijo in tako iz nje napravili prometno oporišče. Od ostale opreme je še zlasti dragocen orjaški teleskop, kajti njegova malone neomejena zmogljivost omogoča že spočetka raziskati iz daljave vsa ona območja zvezdnega sveta, kamor nameravamo potovati (o tem smo že govorili)<sup>31</sup>. S teleskopom bi verjetno utegnili spremljati vesoljsko ladjo velik del poti, kdaj morda celo ves polet, zaradi svetlobnih signalov, ki bi jih oddajala, pa bi ostali z njo določen čas vsaj v enostranski zvezi.

Vesoljska opazovalnica bi tako, poleg mnogih že opisanih nalog, v začetni fazi pravih potovanj pa vesolju le-te pomagala pripravljati, v končni fazi pa bi jo uporabljali kot oporišče za celoten vesoljski daljinski promet.

## Dosegljivost sosednjih zvezd

Hohmann je nadrobno preučil problem potovanja k tujim nebesnim telesom. Izraženo z zemeljskim časovnim merilom bi po njegovih izsledkih trajalo daljinsko potovanje od Zemlje do Venere 146, do Marsa pa 235 dni. Krožno potovanje (z obhodom tako Venere kot Marsa na razmeroma majhni razdalji kakih 8 milijonov kilometrov)

<sup>31</sup> Gl. str. 181.

bi izpeljali v času 1 leta in pol. Obisk Venere (vključno s pristankom in z bivanjem na njej) bi vzel 14 mesecev in pol; s potjo tja in nazaj celo 2 leti in pol.

Zdaj pa predpostavimo, da se je potovanje v skladu z našimi predhodnimi opazovanji iz vesoljske opazovalnice pravkar začelo in da smo tik pred popolno odcepitvijo od zemeljske težnosti, vrnitev pa naj bi sledila neposredno na zemeljsko površje, in sicer tako, da ne bi bilo treba izkoriščati nobene energije – v tem primeru bi se upravljalo zaviranje z zračnim uporom. Potrebno breme naj bo: 2 osebi, priprave, potrebne za opazovanje, in vse druge potovalne potrebščine.

Iz Hohmannovih izračunov sledi, da bi morale tehtati vozilo, pripravljeno na start in opremljeno z vso potrebno količino pogonske snovi za pot tja in nazaj, približno toliko:

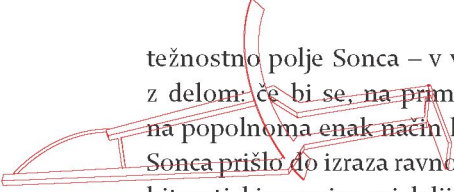
- za izpeljavo poprej omenjenega krožnega potovanja z vožnjo mimo Venere in Marsa 144 t (88 % bi odpadlo na pogonske snovi);
- za enkraten pristanek na Mesecu 12 t (79 %);
- za enkraten pristanek na Veneri 1.350 t (cca 99 %);
- za enkraten pristanek na Marsu 624 t (cca 99 %).

Spustna hitrost bi znašala 4.000 m/s.

Konstruksijska izvedba vozila, katerega s sabo vzeta pogonska snov bi predstavljala 99 % njegove celotne teže, je vsekakor tehnično tako zahtevna, da bi v začetku kaj težko uspela. Zatorej bi od večjih sosednjih nebesnih teles zaenkrat prišel v poštev za obisk s pristankom samo Mesec, planetom pa bi se v najboljšem primeru mogli le približati in jih obvoziti, ne da bi se spustili nanje. A nadajamo se lahko, da nam bo sčasoma (z že prej pojasnjenim stopenjskim načelom)<sup>32</sup> celo z danes znanimi tehničnimi sredstvi uspelo napraviti takšne vesoljske rakete, da bomo z njimi na sosednjih planetih tudi pristajati. S tem pa so glede na današnje stanje znanosti možnosti za potovanje z vesoljsko ladjo tudi izčrpane.

Na še večje težave bi naleteli ob obisku oddaljenih planetov v območju Sonca. Ne le da so poti do tja nekajkrat daljše od teh, ki smo jih obravnavali doslej. Ker so tudi precej bolj oddaljena od Sonca kot Zemlja, igra pri dosegljivosti teh nebesnih teles pomembno vlogo

<sup>32</sup> Gl. str. 83–85.



težnostno polje Sonca – v vsakem primeru bi ga morali premagovati z delom: če bi se, na primer, od njega oddaljevali (tj. »vzdigovali«), na popolnoma enak način kot v polju zemeljske težnosti, kar bi okoli Sonca prišlo do izraza ravno pri prej omenjenih spremembah obhodne hitrosti, ki so nujne pri daljinskih vožnjah po planetarnem prostoru. Če bi na katerem od nebesnih teles hoteli tudi pristati, bi za to potrebovali neznanske količine pogonskih snovi; še zlasti pri Jupitru in Saturnu, ker imata oba zaradi ogromne mase zelo močno težnostno polje.

Doseganje zvezd stalnic na podlagi dosedanjih spoznanj že zaradi neizmernih razdalj sploh še ni mogoče.

## Daljni svetovi

Nikakor pa ne nameravamo trditi, da bomo za vse večne čase navezani na zemeljsko območje in le na bližnja nebesna telesa! Ko bi se nam s povratnim sunkom posrečila odzivna hitrost nad 4.000 (morda 4.500) m/s, ki je dandanes največja možna hitrost, na katero smemo računati, povrh tega pa bi npr. našli še možnost, da bi nakopičili veliko množino energije v majhnem prostoru, bi bile razmere popolnoma drugačne.

In zakaj ne bi kemiki prihodnosti odkrili pogonsko snov, ki bi po učinkovitosti daleč prekašala vse doslej znane? Mogoče si je celo misliti, da nam bo sčasoma uspelo tehnično izkoriščati vse one neznanske, v materiji vezane množine energije, katerih obstoj poznamo že danes, in jih vpreči v pogon vesoljskega vozila. Morda bomo nekoč našli postopek, kako v ta namen izkoriščati električni pojav sevanja katodne cevi ali pa z elektriko doseči nekajkratno zvišanje odzivne hitrosti. Koneckoncev bi lahko v ta namen izkoristili sončno sevanje ali radijev razcep.

Vsekakor imajo raziskovalci in graditelji prihodnosti na voljo številne možnosti, ki jih ponujajo naravni zakoni. Če bi v tem uspeli, bi lahko stopili na marsikaterega od teh tujih svetov, ki jih danes zgolj vidimo — neizmerno daleč na zvezdnem nebu.

Prastari sen človeštva! Ali bi nam njegovo uresničenje prineslo korist? Znanost bi zanesljivo ogromno pridobila. O praktični vrednosti pa danes še ni možno jasno soditi. Kako malo vemo celo o našem



najbližjem sosedstvu med zvezdami!

Od vseh tujih nebesnih teles še najbolj poznamo Mesec, ki je del Zemljinega območja, naše »ožje domovine« v vesolju. Je mrzel, nima ozračja, je brez višjih oblik življenja ... skratka, velikansko, v prostoru lebdeče skalnato telo, negostoljubni, odljudni, mrtvi in okoreli – minuli svet.

Še manj, a vseeno precej več kot o ostalih nebesnih telesih vemo o našem sosedu Marsu, ki ga poleg Meseca še največ opazujemo.

Tudi on je, čeprav ne toliko kot Mesec, postarano nebesno telo. Masa in privlačnost Marsa sta manjši kot zemeljski. Ima sicer ozračje, vendar dosti redkejše od zemeljskega (na njegovem površju je zračni tlak znatno nižji kot na najvišjih zemeljskih gorskih vrhovih). Verjetno se najde na njem tudi voda, a utegne biti kvečjemu zaledenela. Povprečna temperatura na Marsu naj bi bila precej nižja kot na Zemlji, četudi so za nekatera mesta, predvsem v bližini ekvatorja, dognali, da je znatno višja. Temperaturne razlike med dnevom in nočjo so zaradi redke atmosfere zelo velike.

Izmed vseh opazovanih pojavov na Marsu so največja posebnost in najbolj pogosto obravnavani t. i. Marsovi kanali. Čeprav se jih v zadnjem času največkrat obravnava kot optične prevare, je o njih še marsikaj nepojasnjena. Vsekakor nam to, kar danes vemo o Marsu, ne daje kakšne zadovoljive opore za končno sodbo, ali je to nebesno telo naseljeno s kakršnimikoli, morda celo inteligentnimi bitji; za prebivalce Zemlje bi bil zaradi redke atmosfere komajda naseljiv. Za vesoljsko ladjo bi bil v znanstvenem pogledu gotovo zanimiv raziskovalni cilj; da bi imeli od pristanka na njem tudi praktično korist, pa je vsekakor malo verjetno.

Drugače je z našim drugim neposrednim sosedom, planetom Venero, čudovito sijajočo zvezdo, ki jo poznamo tudi kot »Jutranjico« ali »Večernico«. Njena velikost in masa, posledično tudi na njenem površju vladajoča težnost so le neznatno manjše kot zemeljske. Ozračje je prav tako zelo podobno našemu, četudi utegne biti nekoliko višje in gostejše. Žal je njeno površje z Zemlje težko opazovati, saj je Venera vselej v bližini Sonca, torej opazna le ob mraku. Marsikaj nejasnega je tudi o njenem vrtenju okoli lastne osi: če bi obrat potekal tako kot na Zemlji, tj. približno 24 ur, bi zaradi marsičesa domnevali, da sta si

Venera in Zemlja izredno podobni.

Da bomo na Veneri našli življenjske razmere, podobne zemeljskim, lahko domnevamo, še zlasti če jo res nenehno obdajajo oblaki. Tudi na Zemlji so namreč že obstajale visoko razvite oblike rastlinskega in živalskega življenja, ko so bile vode, ki se danes izlivajo v morja, zaradi takrat počasnejšega ohlajanja zemeljske oble še v obliki pare, ki je kot gost ovoj oblakov trajno obdajala naš rodni planet. Vse tako kaže, da je Venera od vseh nam znanih nebesnih teles verjetno še najbolj primerna za naseljevanje. Za povrh nam je najbližja, zato utegne biti za vesoljsko potovanje kar se da privlačen cilj.

Merkur je še bližji Soncu kot Venera, zato ga še težje opazujemo. Je najmanjši planet; verjetno ima ozračje, a je izredno redko, razmere na površju pa utegnejo biti podobne kot na Mesecu. Če dodamo še bližino Sonca (približno 9-krat močnejše sevanje kot na Zemlji!), vladajo na njem najbrž kar najbolj neugodne temperaturne razmere. Zaradi vsega tega bi bil Merkur med najmanj privlačnimi cilji vesoljskega potovanja.

Medtem ko smo se na podlagi mnenj stežka dokopali do vsaj za silo verjetnih zaključkov o nam bližnjih planetih, nam védenje o bolj oddaljenih planetih: Jupitru, Saturnu, Uranu in Neptunu, komaj še zadošča. Lahko smo ugotovili, da ima vsak od njih gosto ozračje, o razmerah na površju pa ne vemo nič: Jupiter in Saturn sta tako na gosto obdana s produkti kondenzacije (raznovrstnimi oblaki), da njune površine tudi domnevno ne vidimo; Uran in Neptun se zaradi velike oddaljenosti odtegujeta podrobnemu opazovanju.

Da so pomemben cilj vesoljskega potovanja, bi težko rekli. Že iz ugotovitev o razmeroma zelo majhni povprečni gostoti (od  $1/4$  do  $1/5$  zemeljske) je mogoče sklepati, da je fizikalno stanje teh planetov precej različno od zemeljskega. In to mora naša pričakovanja močno ohladiti. Nedvomno bi masa, mnogokrat večja od zemeljske, in posledično tudi mogočno težnostno polje teh planetov izredno otežila obisk (še posebej Jupitra in Saturna).

Več možnosti je, da imajo nekatere lune teh nebesnih teles (najbolj bi prišle v poštev Jupitrove) razmeroma ugodnejše razmere.

Za ostala raznovrstna nebesna telesa našega sončnega sistema pa je že danes s precejšnjo zanesljivostjo ugotovljeno, da bi nam pot k njim prinesla komaj kakšno praktično korist.

O našem osončju in svetovih v njem vemo še vse premalo, da bi mogli poletu naših misli pustiti prosto pot.

Zelo možno je, da so za nas vsa ta nebesna telesa popolnoma brez vrednosti! Morda bi na marsikaterem od njih naleteli na nemogoče razmere, na nam kar se da tuje in čudne rastlinske in živalske vrste, morda na gigantske, kot so bile nekoč na Zemlji. Lahko si celo zamislimo, da bi naleteli na ljudi ali podobna živa bitja, morda celo na kulturo, ki bi bila zelo različna ali tudi starejša od naše.

Če predpostavimo, da na tujih nebesnih telesih obstaja življenje, je zelo verjetno na drugačni stopnji kot na Zemlji. Potemtakem bi lahko doživeli čudež in uzrli sliko iz razvoja zemeljskega bivanja: v tem trenutku, dejansko in živečo – neverjetno sliko iz časov izpred milijonov let, morda pa tudi iz prav tako oddaljene bodočnosti.

Morda pa bomo, kar je še posebej pomembno, naleteli na lahko dosegljiva velika nahajališča snovi, ki so na Zemlji redke, npr. na radij?

In če bodo tamkajšnje življenjske razmere ugodne za naše trajno bivanje, bodo tuja nebesna telesa, čeprav danes to še ne zveni dovolj verjetno, morda prišla v poštev celo za naseljevanje.

Po vsem povedanem pa je zelo malo verjetno, da so takšna nebesna telesa del našega osončja – svetla izjema je Venera.

## *Bomo kdaj dosegli stalnice?*

Vsekakor je možno, da so razmere za bivanje ugodne v katerem od zvezdnih svetov, ki ležijo izven našega sončnega sistema; mnogo je namreč nebesnih teles, ki jih vidimo le zato, ker so v žarečem stanju in jih torej poznamo kot stalnice. Številne so podobne našemu Soncu: so mogočna središča privlačnosti mase, domnevno pa jih obletava prav tako mnogo manjših in večjih nebesnih teles.

So med njimi takšni, podobni našemu planetu? Dosti predaleč je do tja, da bi se o tem prepričali, a verjetnost govori v prid njihovemu obstoju. Mar ni novejši znanosti uspelo dokazati (in to je eden njenih najčudovitejših izsledkov!), da se celotni univerzum, tudi v najbolj oddaljenih predelih, podreja istim naravnim zakonom in da je zgrajen iz enakih snovi kot Zemlja ter naš sončni sistem? Mar se ne bi morale

v teh okoliščinah (iz enake materije in pod vplivom enakih naravnih zakonov) tudi na drugih mestih v vesolju porajati podobne, če ne že enake oblike kot pri nas?

Brez dvoma je upravičena domneva, da so v vesolju še drugi sončni sistemi, bolj ali manj podobni našemu; med množstvom planetov pa bi se gotovo našel Zemlji malone enak po fizikalnih in siceršnjih pogojih in zategadelj obljuden, naseljevati pa bi ga domnevno utegnila kakršnakoli, morda celo po večini inteligentna živa bitja. Verjetnost za kaj takega je zelo majhna, v našem primeru pa še manjša, če upoštevamo zgolj razmeroma majhno število nebesnih teles v našem sončnem sistemu.

Načelno si sicer lahko mislimo, da bo človek premagal neizmerne razdalje, ki nas ločujejo celo od najbližje stalnice, in to navkljub časovnim omejitvam nekega potovanja zaradi povprečne dolžine človeškega življenja (potrebne tehnične zmogljivosti vozila tu puščamo ob strani).

Pomislimo najprej, da nam je to, kar se nam zdi tako nedosegljivo, že uspelo: izpopolnjeni pogon na povratni sunek, s katerim bi lahko vesoljski ladji za daljši čas, celo za cela leta podeljevali pospešek kakih 15 m/s, ki bi ga človek ob postopnem privajanju verjetno zmožel dalj časa prenašati. Za premagovanje določene razdalje v vesolju bi lahko vozilo na prvi polovici poti nenehno in enakomerno pospeševali, tako da bi letelo vedno hitreje, na drugi polovici pa bi ga na enak način zavirali (sl. 100). Vozilo bi tako preletelo določeno razdaljo ob najvišjem dopustnem pospeševanju ali zaviranju in v najkrajšem dosegljivem času.

Če bi takšna vožnja k najbližjim stalnicam vendarle uspela, bi potrebovali za vso pot, tja in nazaj pri enkratnem v celoti izvedenem obisku, kot sledi iz računov:

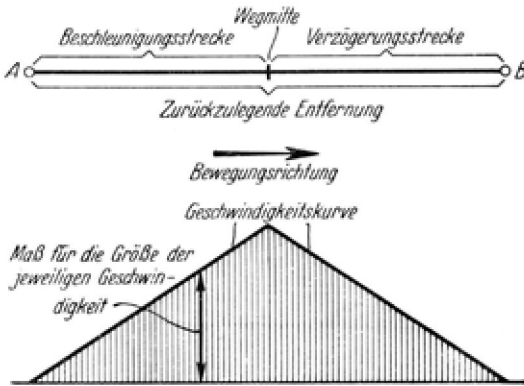
- 7 let do Alfa Centauri, nam najbližje znane stalnice;
- 10 let do naslednjih štirih stalnic, ki si sledijo po oddaljenosti;
- z 12-letnim celotnim časom potovanja pa bi dosegli že številne stalnice.

Vendar na tihem upamo, da je v odprtem eterskem prostoru možna vsaka, čeprav še tako velika hitrost. Po relativnostni teoriji namreč hitrosti, večje od svetlobne (300.000 km/h), ni v naravi.

Če bi upoštevali in sočasno tudi sprejeli, da ne bo nobene ovire (ki

je dandanes še ne poznamo in morda tiči v naravi vesoljnega etra) za doseganje potovalne hitrosti blizu svetlobni, bi vsekakor, in to v času, v katerega je vračunana pot tja in nazaj:

- v 10 letih uspeli doseči zvezdo stalnico Alfa Centauri;
- v 20 letih štiri naslednje;
- v 30 letih pa že kar znatno število sosednjih stalnic, ki jih dandanes že poznamo.



SLIKA 100.

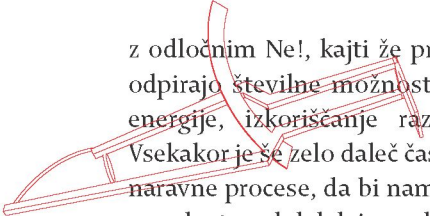
Premagovanje razdalje, če na prvem delu poti vozilo enakomerno pospešujemo, na drugem delu pa ga na enak način zaviramo. Največjo hitrost gibanja dosežemo na sredi poti.

WEGMITTE – SREDINA POTI; BESCHLEUNIGUNGSSTRECKE – TIR POSPEŠEVANJA; VERZÖGERUNGSSTRECKE – TIR USTAVLJANJA; ZURÜCKZULEGENDE ENTFERNUNG – RAZDALJA, KI JO JE VOZILO PRELETELO; BEWEGUNGSRICHTUNG – SMER GIBANJA; GESCHWINDIGKEITSKURVE – KRIVULJA HITROSTI; MASS FÜR DIE GRÖSSE DER JEWEILIGEN GESCHWINDIGKEIT – IZMERA VSAKOKRATNE HITROSTI.

Za enkratno potovanje, ki bi prišlo v poštev pri stalnem prometu, bi zadostovali že polovični časi.

Čeprav so že v dobri meri na meji človeške zmogljivosti, ta dolgotrajna potovanja vendarle ne moremo označiti za povsem neizvedljiva. Za doseganje najbližjih zvezd stalnic ne vidimo nobene načelne ovire.

Ostaja nam še vprašanje, če se bomo mogli kdaj oskrbeti z vozili, tehnično dovolj izpopolnjenimi za takšno pot? Odgovoriti ne moremo



z odločnim Ne!, kajti že prej smo opozorili<sup>33</sup>, da nam naravni zakoni odpirajo številne možnosti, npr. koristna uporaba v materiji vezane energije, izkoriščanje razpadanja radija, katodnega sevanja itd. Vsekakor je še zelo daleč čas, ko bomo znali tako popolno izkoriščati te naravne procese, da bi nam tehnično omogočali vožnjo po vesolju. Pa nam bo to sploh kdaj uspelo?

Po vsej verjetnosti ljudem današnje dobe – komaj. In zaradi tega jim bo še naprej nedosegljiv svet zvezd stalnic, ki jim prikriva tako velike skrivnosti vesoljstva. Kdo zna napovedati, katera daljna obdobja bodo prinesla znanstveni triumf in tehnične možnosti! Kakšen veličasten napredek je prineslo že dejstvo, da je bilo človeštvo nekaj desetletij zaneseno z naravoslovno mislijo; in kaj je stoletje, celo tisočletje v primerjavi z vsem časovnim razmahom človeškega razvoja, ki je še pred nami.

Premagovanje prostora! Najveličastnejše delo, ki si ga moremo zamisliti, in izpolnitev najvišjega prizadevanja bi bilo, ko bi za vse večne čase rešili duhovne pridobitve človeštva pred dokončnim propadom. Šele ko bi uspeli prenesti našo kulturo na tuja nebesna telesa in se s tem razširiti po vesolju, bi si človeštvo s svojimi dejanji in upi priborilo to, za čemer se pehamo mnoga tisočletja, če ne gre le za muho kozmičnega dogajanja, naključje v igri večne narave, in je le za nas tako zelo veliko, dejansko pa se je pojavilo in mineva v vesolju, na majhni kroglici – Zemlji. Šele takrat bi dobilo naše celotno bivanje resnični smisel, šele takrat bi bilo človeštvo upravičeno počutiti se kot božji sel in kot njegovo orodje – zgolj zaradi svojih izvršenih del.

## *Predvideni potek razvoja potovanja po vesolju*

Vrnimo se iz sanj prihodnosti v sedanjost in resničnost. Ko bi le imeli dandanes že kaj za seboj, ko bi nam že uspelo odposlati raketo brez posadke kakih 10 ali celo 100 km visoko! Problem vožnje po vesolju je, zahvaljujoč različnim naporom zadnjih let, teoretično že kolikor

---

<sup>33</sup> Gl. str. 198.

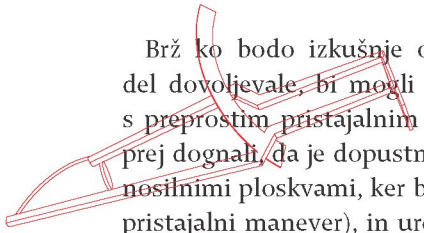
toliko obdelan – a v praksi je treba še vse postoriti. Za zaključek zatorej podajmo sliko, kako bi se domnevno utegnilo razvijati potovanje po vesolju.

Nedvomno je pri tem prva in najpomembnejša naloga tehnični razvoj raketnega motorja, pogonske naprave vesoljske ladje; skratka naloga, ki je rešljiva le s temeljitim in z nesebičnim raziskovalnim delom, problem, ki sodi predvsem in najprej v laboratorije visokih šol in na preizkušališča strojnih tovarn.

V zvezi s tem moramo (ko gre za rakete na tekoče pogonske snovi) zbrati izkušnje glede potrebnih načinov uporabe tekočih plinov, predvsem pa glede tekočega kisika, nato še tekočega vodika idr. Nadalje bi bilo treba v raziskovalnih laboratorijih preizkusiti obnašanje kovin pri izjemno nizkih temperaturah, s čimer bi dognali najbolj primeren material za gradnjo. Podroben študij bi bil končno potreben tudi še za način konstrukcije rezervoarjev za pogonske snovi.

Ko bodo rešena vsa ta temeljna tehnična vprašanja, bi prišlo najprej pošteev: odpraviti raketo brez posadke v višje plasti atmosfere ali pa še prek njih, v odprto vesolje, nato pa se preprosto spustiti s padalom (če se izkaže, da je to sploh izvedljivo).

S temi poskusi bomo zbrali potrebne tehnične izkušnje o načinu delovanja raketnega mehanizma, predvsem pa spoznali zakone zračnega upora, veljavne pri izredno visokih hitrostih in segrevanju zaradi trenja v zraku, kar je nadvse pomembno za gradnjo tako vozila samega kot tudi padal, nosilnih ploskev itd. Nato bomo spoznali, do katerih višin je možno enostavno pristajanje s padalom (zaradi trenja v zraku obstaja nevarnost, da se padalo vname), končno pa tudi pojasnili lastnosti najvišjih plasti ozračja, kar ni le glavni pogoj za nadaljnji razvoj vožnje po vesolju, pač pa je pomembno tudi za marsikaj drugega (npr. za radiofonijo). Obstreljevanje Meseca z raketo brez posadke, napolnjeno s svetilnim smodnikom, kot je že marsikdo predlagal, bi lahko še naprej raziskovali, a brez večje praktične koristi. Sočasno bi morali z velikimi centrifugami (ali vrtiljaki) opraviti poskuse o vplivu povišane težnosti na zdravje, kasneje, z izpopolnjevanjem dosedanjih metod umetne preskrbe z zrakom, pa ustvariti možnosti za bivanje v brezračnem odprtem vesolju ter preizkusiti ustrezne konstrukcije vesoljskih oblačil v brezračnih, globoko ohlajenih zakloniščih.



Brž ko bodo izkušnje opisanih, dotlej opravljenih pripravljalnih del dovoljevale, bi mogli opraviti polet vesoljske rakete s posadko s preprostim pristajalnim padalom, in sicer do višine, za katero bi prej dognali, da je dopustna. Gre pa tudi za to, da opremimo raketo z nosilnimi ploskvami, ker bomo z njimi izvedli drsni let (Hohmannov pristajalni manever), in uredimo vozilo za doseganje takšnih višin, s katerih ne bi bil več izvedljiv preprost pristanek s padalom.

Izkušnje s tehniko povratnega sunka, potrebne za izdelavo letalu podobne vesoljske ladje (ali če že hočemo: s povratnim sunkom gnanega letala oz. kar »letala na povratni sunek«, »raketnega letala« itd.), ter izkušnje o zračnem trenju, zračnem uporju itd., bomo do takrat že pridobili iz malo prej opisanih poskusov z vesoljskimi raketami brez posadke. Pri preizkušanju teh vozil, kjer bi se morale kar najbolj dalekosežno uveljaviti vse dosedanje izkušnje letalske tehnike, bi morali sprva začeti z razmeroma majhnimi poleti in višinami, nato pa oboje postopoma povečevati do ustreznih največjih hitrosti.

Brž ko bomo obvladali manevriranje z raketnim letalom, tehniko letenja nasploh in posebej pri kozmičnih hitrostih in v redkejših, višjih zračnih plasteh, bomo hkrati dosegli tudi:

1.) že opisani »promet hitrih letal s kozmičnimi hitrostmi«, s tem pa prvi praktični uspeh v vesoljski vožnji (vsak let in pristajalni let, ki nas ne popeljeta nad ozračje, sta v bistvu hitri polet);

2.) da se bo vračajoča vesoljska ladja lahko spustila in pristala z drsnim letom (namesto običajnega pristanka s padalom). To pomeni, da ladji omogočimo vrnitev na Zemljo s poljubne višine, ne da bi se pri tem poškodovala, kar je izredno pomembno za vesoljski polet, hkrati pa tudi eden od pogojev zanj.

Doslej opisani potek razvoja (najprej raketni poleti brez posadke z enostavnim pristankom s padalom in šele na osnovi dobljenih in zbranih izkušenj izdelava letal na povratni sunek) utegne biti učinkovitejši, če bi pristajanje z drsnim letom razvili neposredno iz današnjih letal, pa tudi spoznanja, ki jih bomo zbrali ob tem, bodo verjetno pokazala primeren način izdelave raketnega letala, ki se utegne bistveno razlikovati od vseh doslej znanih letal. Pridobivanje rezultatov le s poskusi z že tako dragimi letali utegne biti znatno dražje, povrh vsega pa še povezano z večjimi nevarnostmi.



Vsekakor je najvažnejše, da začnemo s praktičnimi poskusi!

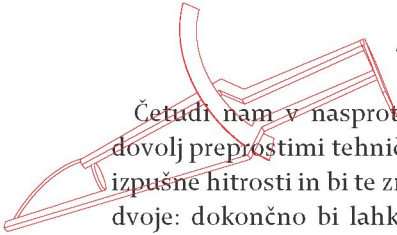
Bolj ko bomo povečali učinkovitost letal na povratni sunek ali letalom podobnih vesoljskih ladij, večje vodoravne hitrosti in višine vzpenjanja bomo dosegali, vse dokler ne bo iz tega samo od sebe nastalo nad ozračjem potekajoče prosto obhodno gibanje okoli Zemlje. Kasnejši izbor tira potem ne bo povzročal nobenih težav.

Posledično bo dana možnost za postavitev že opisane vesoljske opazovalnice, torej drugega praktičnega uspeha v razvoju vesoljskih poletov.

In tedaj bi lahko opravili tudi poljubne višinske lete in priložnostno obkrožili Mesec.

Promet s hitrimi letali in vesoljska opazovalnica sta še povsem zemeljski zadevi. Zatem si moramo prizadevati, da bomo z opazovalnico kot prometnim oporiščem uresničili tudi ostale namene vesoljske vožnje: pristanek na Mesecu (in če bi bilo mogoče, bi na njem postavili tovarno pogonskih snovi) med drugim pa tudi obletavanje sosednjih planetov, kar se je sicer šele zdaj pokazalo kot izvedljivo.

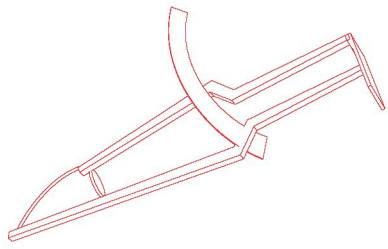
## Sklepna misel

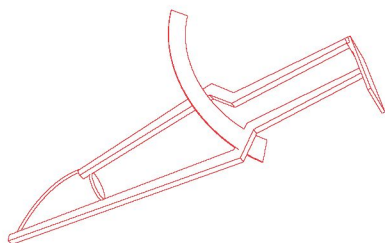


Četudi nam v nasprotju s pričakovanji sčasoma ne bi uspelo z dovolj preprostimi tehničnimi napravami tudi praktično doseči večje izpušne hitrosti in bi te znašale le kakšnih 2000–3000 m/s, bi pridobili dvoje: dokončno bi lahko raziskali višje plasti zemeljskega ozračja in vzpostavili bi že opisani zemeljski hitri promet s kozmičnimi hitrostmi, kar bi kasneje pripomoglo k doseganju še drugih ciljev.

Že samo z omenjenima pridobitvama bi zasenčili vse ostale uspehe na tehničnem področju. Ob smotrni izrabi že obstoječih tehničnih možnosti bi bilo to tudi že zdaj nekako dosegljivo. Uspeh je odvisen od tega, kako hitro, velikopotezno in resno se bomo znanstveno lotili praktičnega obravnavanja problema, in hkrati od tega, da si ne delamo utvar o težavah, ki jih bo treba še premagati.

A namen pričujočih razmišljanj ni sejanje vere, kako bomo že jutri potovali k tujim nebesnim telesom, ampak le prikaz, kako vožnja po vesolju ni nekaj človeku nedosegljivega; da gre za problem, tehnično verjetno docela rešljiv; problem, za katerim je tako silna želja, da so nične vse ovire, ki stojijo na poti do njegovega dokončnega obvladovanja.





Edvard Stepančič, Avgust Černigoj, Giorgio Carmelich, Josip Vlah  
**Tržaški konstruktivistični ambient, 1927**  
Levitacijska konstrukcija

Zahvala: Tanja N. Želnina, Frederick I. Ordway III, Roger D. Launius,  
J. D. Hunley, Slavko Vetrih, Blaž Šef, Drago Jančar

Izid knjige sta omogočila Zavod Delak in Ministrstvo za visoko šolstvo,  
znanost in tehnologijo Republike Slovenije.

**DELAK**



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA VISOKO ŠOLSTVO, ZNANOST IN TEHNOLOGIJO