

# DIAFILM

2<sup>-3</sup>

D i a f i l m  
ministerstva školství a kultury

UMĚLÉ DRUŽICE NAŠÍ ZEMĚ

---

44 obrazů

Zpracoval:  
Jiří Havelka

Redigoval:  
Jan Polák

Krátký film Praha  
Studio diafilmů  
1957

1226-57-be

KNIHOVNA  
HVĚZDÁRNY V ROKYCANĚCH

1. obraz /Fotografie Měsíce hvězdářským dalekohledem/

Již od nepaměti pozorovali lidé Měsíc a jeho podoby na obloze. Ze začátku si nedovedli vysvětlit jeho běh a podobu jeho fází, ale později na základě přesnějších pozorování a rozboru určili, že Měsíc je těleso, které obíhá kolem Země a společně se Zemí kolem Slunce. Zásahu o tento objev má polský hvězdář Mikuláš Koperník, který po prvé tuto myšlenku formuloval. Měsíc nesvítí svým vlastním světlem, je pouze osvětlován Sluncem, a proto na vzájemné poloze Slunce, Země a Měsíce závisí podoba měsíční fáze. Takové těleso, které obíhá kolem Země a se Zemí kolem Slunce, nazýváme družicí, souputníkem nebo satelitem Země, a Měsíc je tedy jediným přirozeným satelitem, který kolem Země obíhá. Na fotografii vidíme podoby Měsíce, jak se jeví při pozorování hvězdářským dalekohledem.

2.obraz /Princip umělé družice - kresba/

Jak je možné, že se Měsíc udrží nad Zemí a nepadne na ni? Ze zkušenosti víme, že předmět, který vypustíme z ruky, padá kolmo k Zemi, protože je puzen zemskou přitažlivostí. Zkusme však uvažovat takto: Představ-

me si naši Zemi pro jednoduchost bez ovzduší a ideálně kulatou. Na této Zemi bychom si našli nějaký vysoký kopec, postavili na něj velké dělo, namířili je vodorovně a začali střílet. Ze zkušenosti víme, že by náboj opsal parabolickou dráhu a v jisté vzdálenosti by dopadl na Zem. Kdybychom v našem děle použili větší nálože a udělili tím náboji větší počáteční rychlost, dostřelili bychom jistě dále. Kdybychom stále zvyšovali počáteční rychlost náboje, dostřel by se stále zvětšoval, a kdybychom rychlost zvýšili asi na osm kilometrů za vteřinu, náboj by už vůbec nedopadl na Zem, nýbrž začal by kolem Země obíhat ve stále stejné výšce. Stal by se tedy satelitem Země. Kdybychom zvyšovali rychlost nad 8 km/vt, nebyla by dráha už kruhová, nýbrž eliptická a konečně při rychlosti asi 11 kilometrů za vteřinu by se přeměnila v dráhu parabolickou a náboj by odletěl do vesmíru a již by se k Zemi nevrátil. Rychlosti, při které náboj začíná obíhat, říkáme kruhová, větší rychlost je eliptická a konečně rychlost, při které náboj odletí, nazývá se únikovou rychlostí.

3.obraz /Závislost únikové rychlosti na vzdálenosti od Země - diagram/

Úvaha, kterou jsme právě učinili,

není ovšem zcela přesná, protože ve skutečnosti není Země bez ovzduší, nýbrž je obalena poměrně hustou atmosférou. Proto by se těleso, kterému bychom udělili rychlost 8 km za vteřinu, poměrně brzy v ovzduší zabrzdilo a nakonec by spadlo na Zemi rovněž. Na druhé straně je však samozřejmé, že kdybychom se vzdalovali od Země, klesala by její přitažlivost, a tím by klesala i kruhová a úniková rychlost. Z diagramu na příklad vidíme, že ve vzdálenosti 50 000 km od Země je  $\phi$  kruhová rychlost asi 3 km/vt, úniková asi 4 km/vt. Ve vzdálenosti asi 100 000 km od Země je kruhová rychlost asi 2 km/vt, úniková je asi 3 km/vt. Tím se dostáváme k naší původní otázce, proč Měsíc nespadne na Zemi, když na něj přece působí zemská přitažlivost. Kdybychom si náš diagram prodloužili, zjistili bychom, že ve vzdálenosti 380 000 km, což je přibližně střední vzdálenost Měsíce od Země, je kruhová rychlost asi 0,45 km za vteřinu, zatím co Měsíc obíhá kolem Země rychlostí asi 0,5 km za vteřinu a skutečně se také pohybuje po eliptické dráze, málo od kruhu odlišné.

#### 4.obraz /Princip rakety -kresba/

V naší úvaze musíme nyní ještě doplnit další důležitou věc. Předpokládali jsme totiž, že náboj bude vystřelen do prostoru pomocí děla. To je ovšem tech-

nicky naprosto neproveditelné, protože nemáme a nikdy nebudeme mít dělo, které by takový výstřel sneslo, ani výbušninu, které by se k tomu použilo. Ukazuje se, že nejvýhodnější k tomuto účelu je použít rakety, která by těleso, budoucí satelit Země, vynesla do výšky a udělila mu potřebnou rychlost. Princip rakety je možno jednoduše vysvětlit takto: Představme si zcela uzavřenou nádobu, ve které se vyvíjí nějakým způsobem plyn. Tento plyn působí na všechny stěny nádoby stejným tlakem. Když nyní z nádoby odstraníme jednu stěnu, vyrovnává se tlak plynu na všech stěnách vyjma tu, která je proti otvoru. Tlak plynu způsobuje, že síly, které působí na stěnu, stále vzrůstají, a raketa se začne pohybovat na opačnou stranu, než na které je otvor. Tím je zároveň vysvětleno, proč se může raketa pohybovat i ve vzduchoprázdném prostoru, protože se nepohybuje "odstrkováním o vzduch", nýbrž vlivem rozdílu sil uvnitř.

5.obraz /K.E.Ciolkovskij/

Průkopníkem raketových letů do vesmíru byl Konstantin Eduardovič Ciolkovskij, původem učitel z Kalužské gubernie v carském Rusku. Ciolkovskij pracoval hlavně v letectví, roku 1896 sestavil první aerodynamie-

ký tunel a později vypracoval řadu návrhů na říditelné vzducholodi. Již od roku 1881 začal Ciolkovskij pracovat na problému meziplanetárních letů a záhy zjistil, že nejschůdnější cestou k řešení tohoto problému je užití principu rakety. Roku 1897 ve své práci "Výzkum světových prostorů reaktivními přístroji" sestavil rovnice pro pohyb rakety v meziplanetárním prostoru.

6.obraz /Představa rakety podle Ciolkovského - kresba/

Všimněme si jednoho ze starších návrhů Ciolkovského rakety z roku 1903. Ciolkovskij zde navrhuje raketu, "která by byla poháněna směsí vodíku a kyslíku a umožňovala člověku cestu vesmírem", jak píše ve své práci. Ciolkovskij se nezabýval problémem vytvoření umělých satelitů Země, ale snažil se později sestavit takové rakety, které by se vznesly ze Země, prolétly určitou, předem stanovenou dráhu v meziplanetárním prostoru a vrátily se zpět na Zem. Ciolkovskij si představoval uskutečnění takové myšlenky pomocí jakéhosi "raketového vlaku", který je v jeho představě znázorněn na dolním obrázku. Je pochopitelné, že ve své době nemohl Ciolkovskij rozřešit různé problémy technického rázu, které se úspěšně

řeší teprve v dnešní době. Přesto si však dokonale ujasnil principy a o mnoho let předešel dobu, ve které žil.

### 7. obraz /Paliva pro raketové motory-tabulka/

Hlavním problémem v dnešní raketové technice je nalezení vhodné pohonné látky pro raketový motor. Na pohonné látky klademe dost značné požadavky: taková látka musí být bezpečná při manipulaci, technicky snadno zpracovatelná a hlavně musí být dostatečně účinná, aby dodala raketě potřebnou rychlost. Přibližně lze srovnat jednotlivá paliva zjištěním theoretické "výtryskové rychlosti", která závisí na vlastnostech paliva. Tak dospíváme k hodnotám uvedeným na diagramu. Některých pohonných látek zde uvedených bylo již prakticky použito, ale některých se zatím ještě použít nedá. Jsou to zejména kombinace s kapalným vodíkem, který se pro své vlastnosti, jako nízkou teplotu, hustotu a jiné vlastnosti velmi špatně zpracovává. Kombinace vodíku a kyslíku jsou prudce výbušné látky téměř v každém poměru mísení, kapalný ozon se opět vyznačuje náhlými detonacemi bez zjistitelného popudu. To vše naznačuje, že i v budoucnosti bude tento problém těžko řešitelný, a proto se zatím používá látek méně účinných, ale snadno zpracovatelných.

8.obraz /Schema raketového motoru - kresba/

Hlavními součástmi moderního raketového motoru jsou turbína, čerpadla, komora na míšení paliva a okysličovač, vstřikovací pumpy, spalovací komora a výtrysk. Míšen je ovšem motor na palivo tekuté, neboť motor na pevná paliva pracuje na zcela jiném principu. Motor pracuje tak, že se pomocí turbíny pohánějí čerpadla jednak na pohonnou látku, jednak na okysličovač. Obě látky se mísí a vedou se potrubím kolem spalovací komory. Tím se jednak palivo přehřívá, jednak se ochlazuje tryska. Palivo se pak čerpá pumpou a vstřikuje se pod tlakem několika set atmosfér do spalovací komory, kde se rozprašuje a spaluje za vysoké teploty. Na tomto principu pracuje většina současných raketových motorů a bylo ho též použito při konstrukci první rakety, použité pro vzlety do velkých výšek, rakety A - 4 -.

9.obraz /Raketa A - 4./

Raketa A - 4 /jinak zvaná též V-2/, je snutně proslulou raketou válečnou, která byla sestrojena za války v Německu a přenášela výbušnou látku několik set kilometrů daleko. Po skončení války se zjistilo, že této rakety lze velmi dobře použít pro vědecké účely k výzkumu vysoké atmosféry nad Zemí. Raketa A - 4 byla prvně vypálena k



tomuto účelu v roce 1946, kdy dosáhla výšky asi 116 km nad Zemí. Postupně byly tyto rakety vybavovány stále lepšími přístroji, fotografickými kamerami a různými registračními aparaturami, takže se získalo poměrně velké množství nejrozličnějších měření, o kterých budeme ještě hovořit. Největší výšky bylo touto raketou dosaženo v roce 1947, asi 180 km.

#### 10.obraz /Schema rakety A - 4/

Raketa A - 4 je celkem 14 metrů dlouhá, její největší průměr měří 165 centimetrů a její váha při startu je 12 tun, z toho 8,6 tuny pohonné látky. Jako paliva se používá alkoholu, kterého raketa nese v horní nádrži 3800 kg, a kapalného kyslíku v dolní nádrži o váze 4800 kg. Obě látky jsou čerpány pumpami do směšovací komory, kde se mísí, pak procházejí kolen spalovací komory, kde se zahřívají, a konečně jsou pod tlakem vstříkovány do trysky, kde se spalují za teploty asi 2700 °C. Volná kornidla jsou poměrně málo účinná, protože ve velkých výškách není dost husté ovzduší, aby mohla pracovat, a v malých výškách má raketa ještě malou rychlost. Proto se hlavní řízení děje pomocí malých plošek, zhotovených z grafitu, které jsou umístěny přímo ve výstřisku motoru a řídí tok vycházejících plynů.

Měřicí přístroje jsou umístěny ve špičce rakety. Tyto přístroje jsou zařízeny tak, že se při pádu rakety odhodí, a zatím co se raketa zřítí k zemi a zcela se rozbije, přístroje se snesou na zem pomocí zvláště konstruovaného padáku.

### 11.obraz /Start rakety A - 4/

Start rakety A - 4 se provádí ze zvláštního pojízdného podvozku. Raketa se postupně naplní pohonnými hmotami, naposledy kapalným kyslíkem. Celkové plnění pomocí pump trvá asi dvě hodiny. Irůběh startu rakety byl filmován, aby bylo zjištěno, jakého zrychlení při startu dosahuje. Ukázalo se, že ze začátku se zvedá raketa pomalu a na 4 vteřiny dosáhne výšky 80 metrů. Za 68 vteřin potom vystoupí do výše asi 30 kilometrů a nabude rychlosti asi 1700 m/vt. V této době se také vyčerpá palivo a dále letí raketa už bez pohonu, pouze setrvačností, do výšky. V té době je také ze Země nařízen sklon rakety, aby proletěla předem stanovenou parabolickou dráhu. Přesto, že je rychlost rakety v malých výškách po startu poměrně malá, otepluje se její povrch až na 600°C. Na obrázku je vidět raketa těsně po startu. Červenobílý šachovnicový nátěr byl zvolen pro snadnější viditelnost rakety ve výšce.

12.obraz /Raketa WAC/

Další raketou, konstruovanou speciálně pro výzkum vysoké atmosféry, byla raketa WAC. Tato raketa byla podstatně menší a dosahovala také značně nižších výšek než A - 4 při odpálení ze Země. Ukázalo se totiž, že pomocí jediné rakety nelze dosáhnout větší výšky než asi 200 kilometrů nad Zemí, protože v raketách není dost pohonných látek k dosažení větší výšky a není možno zvětšit množství pohonných látek, aniž se to projeví na přílišném zvětšení váhy a tím i na zmenšení výkonu rakety. Je však možno zařídit odpálení tak, že raketa bude vynesena do výše jinou raketou a tam teprve odpálena. Tak vznikl princip stupňování raket, kterého se dnes s úspěchem používá.

13.obraz /Princip stupňování raket - kresba/

Popišme si příklad takové rakety, složené z několika stupňů. Je to vlastně několik raket, které jsou spojeny dohromady tak, že následující raketa je připojena na špičce předcházející. Celý systém odstartuje tak, že se odpálí nejprve první stupeň, který vynese další dva do určité výšky, kam až stačí pohonné látky obsažené v tomto stupni. Jakmile dojdou v prvním stupni pohonné látky, tento stupeň

samočinně odpadne a spustí se motory v druhém stupni. Ten opět letí do větší výšky, a když v něm dojdou pohonné hmoty, opět se oddělí, a tak se pokračuje až k poslednímu stupni. Na diagramu je znázorněna třístupňová raketa. Kdyby každý stupeň vyletěl do výšky jen 100 km, dostala by se tak třístupňová raketa do výšky větší než 300 km nad zemí. Princip stupňování je však také omezen, pokud jde o počet stupňů. Nejvýhodnější je systém tří až čtyř raket, při větším počtu klesá účinnost celé soustavy.

#### 14.obraz /První dvouступňová raketa/

Po prvé se prakticky přistoupilo k uskutečnění principu stupňování u rakety zvané "BUMPER". Tato raketa byla složena ze dvou stupňů: první stupeň tvořila raketa A - 4 a druhý stupeň raketa WAC. Na obrázku je zřetelně vidět, že první stupeň je větší než druhý stupeň. Je to proto, že první stupeň vynáší do výšky mimo sama sebe ještě poměrně značnou "mrtvou váhu" druhého stupně, kdežto druhý stupeň nese pouze zatížení přístrojů namontovaných v raketě. Přestože byla tato dvouступňová raketa improvizovaná, již při prvních vzletech bylo dosaženo značných výšek. Maximální výškový dosah byl asi 400 kilometrů nad zemským povrchem.

15.obraz /Start rakety BUMPER/

Raketa opět startovala kolmo k Zemi a start prvního stupně proběhl normálním způsobem jako při ostatních startech A -4. Přitom první stupeň dosáhl výšky asi 100 km nad Zemí, kde se vyčerpaly pohonné látky a uvedl se v činnost druhý stupeň. Raketa WAC, která tvořila druhý stupeň, startovala ve skutečnosti z výšky asi 100 km nad zemí. Protože v této výšce je už značně řídké ovzduší a raketa byla tedy mnohem méně ovzduším brzděna, mohla dosáhnout výšky asi 300 km nad místem startu, tedy asi 400 km nad Zemí. Na obrázcích je vidět jednak okamžik těsně před startem, kdy je raketa plněna pohonnými látkami, jednak okamžik po startu, kdy se raketa právě zvedá nad zem, poháněna silou motoru v prvním stupni. Na levé straně obrázku je vidět skupinu pracovníků, kteří na dálku raketu odpálili a kteří také filmovali průběh vzletu.

16.obraz /Start dvoustupňové rakety/

Pozdější konstrukce dvoustupňových raket byly již speciálně konstruovány pro tento účel. Na obrázku vidíme příklad jedné takové dvoustupňové rakety pozdější konstrukce těsně po startu, který se provádí pomocí zvláštní věže, která je celá zakryta. Této rakety

bylo použito i ke vzletům za noci, aby konala průzkum noční, to je Sluncem neosvětlené Zemské polokoule. Tyto noční vzlety kromě cenných vědeckých výsledků, které přinesly, byly zajímavé i tím, že při jasné obloze bylo možno sledovat ohnivý chvost, který se táhl za raketou po celou dobu běhu motoru a který je velmi dobře patrný i na snímku. Snímek vpravo byl pořízen při nočním vzletu přibližně ve stejnou chvíli po odstartování jako obrázek vlevo.

### 17.obraz /Odpalovací zařízení pro rakety/

Popišme si ještě odpalovací a pomocná zařízení, kterých se při startu raket používá. Rakety obvykle startují kolmo k Zemi, aby se dosáhlo co největší výšky a poněkud malé vzdálenosti dopadu od místa startu. Těsně před startem se raketa plní pohonnými látkami. Kapalným kyslíkem, pokud se ho k pohonu používá, plní se vždy až nakonec, aby se zabránilo jeho ztrátám oteplováním a vypařováním. Raketa se plní ve zvláštní věžové konstrukci, která má sklápěcí nástky, jež je na obrázku velmi dobře vidět. Zároveň je vidět dolní nástek, který byl právě sklopen. Ve věži jsou potrubí a čerpadla na pohonné látky. Zvláště některá pohonná látka je nebezpečná při manipulaci, a je proto třeba, aby pracovníci byli speciálně chráněni, po pádě je ce-

lý proces mechanisován, aby se předešlo nebezpečí nehod při práci.

### 18.obraz /Start rakety VIKING/

Po naplnění pohonných látek se pomocná věž po kolejnicích odsune do bezpečné vzdálenosti a raketa je připravena ke startu. Není už zpravidla přidržována žádným zvláštním zařízením v kolmé poloze, protože startuje ihned po odtažení pomocné věže. Na obrázcích jsou zachyceny operace, které jsou prováděny těsně před startem, a to u rakety VIKING; zároveň také vidíme tuto raketu těsně po odstartování. Raketa VIKING nesla původně jméno NEPTUM, ale dosahovala velmi malých výšek a pokusy s ní nebyly veelku úspěšné. Proto byla celá konstrukce změněna a výkony se podstatně zlepšily. Tato zlepšená verze NEPTUMA dostala později jméno VIKING. Výšky, kterých tato raketa později dosáhla, byly přibližně stejné jako u rakety A-4, přičemž hlavními přístroji byly přístroje na výzkum složení, tlaku a teploty atmosféry. Veelku lze však říci, že VIKING nesplnil očekávání, která byla na něho kladena, a právě při jeho konstrukci se ukázalo, že je nutno použít principu stupňování raket.

19.obraz /Raketa pro výzkum Slunce/

V poslední době byla zkonstruována zvláštní malá raketa pro výzkum slunečního záření ve velkých výškách. Ukazuje se totiž, že při pozorování slunečního záření nám brání zemská atmosféra, která pohlcuje sluneční záření, hlavně na krátkých vlnových délkách. Proto bylo rozhodnuto sledovat sluneční činnost z velkých výšek pomocí rakety, která by byla vypuštěna ve vhodnou chvíli, když se na Slunci děje něco zajímavého. Celý pokus je uspořádán tak, že se na sluneční observatoři stále sleduje Slunce, a v okamžiku, kdy se na Slunci objeví eruptivní protuberance, podá se radiem zpráva a vypálí se raketa, která po několika minutách dosáhne značných výšek ve vysoké atmosféře a začne měřit účinky slunečního záření, které se tam projevují. Na obrázku vidíme raketu již naplněnou pohonnými látkami a vybavenou přístroji. Raketa je připravena k odstartování na pokyn pracovníka obsluhujícího radiovou stanicí, s jejíž pomocí je ve spojení s observatoři.

20.obraz /Start rakety pomocí balonu/

Aby se start urychlil a aby bylo možno použít menší a lehčí rakety, neprovádí se start ze země, nýbrž raketa je vynesena do výšky balonem, zho-



toveným z unělé hmoty polyethylenu. Balon dosáhne výšky asi 25 000 metrů nad Zemí, kde může po jistou dobu setrvat, než je pomocí radia na dálku raketa odpálena. Celé zařízení je umístěno na palubě lodi, což je výhodné z toho důvodu, že měření je možno konat na různých místech zemského povrchu, kam právě loď dopluje, a navíc to se citlivé přístroje po dopadu snesou do moře, kde je mnohem menší nebezpečí poškození při dopadu než na pevné zemi. Při startu se postupuje tak, že se balon nejprve na palubě naplní, jak vidíme na obrázku vlevo. Balon se plní vodíkem. Po naplnění balonu se pod něj zavěsí raketa, která je upevněna na laně. Na obrázku vpravo vidíme raketu zavěšenou pod balonem, který se již vznáší nad lodí, a současně druhé lano, které poutá zatím balon k palubě. Zároveň vidíme muže v pravém rohu obrazu, který přeříznutím bílého poutacího lana vypustí balon s raketou do výše.

21.obraz /Start rakety nesené balonem/

Těsně po startu balon stoupá nad loď a na laně nese zavěšenou raketu. Všimněte si, že balon má ze začátku hruškovitý tvar a teprve ve velké výšce, kde je řídký vzduch, rozpíná se vodík uvnitř balonu, a balon tak nabude kulového tvaru. Vlevo nahoře

nad lodí je v podobě malé černé tečky vidět malý měřicí meteorologický balonek, který byl vypuštěn současně a s jehož pomocí se měří sněh a rychlost větru nad mořem. Zajímavé jsou dále tři trojúhelníky zavěšené na laně mezi balonem a raketou. Jsou to odrazné plochy pro radarové zařízení, kterým se v každém okamžiku sleduje poloha a sněh letu balonu. Radarová antena je umístěna na lodi a je jí vidět na špičce hlavního stožáru. Na obrázku vpravo je pohled na balon a raketu pod ním zavěšenou těsně po odstartování. Balon má zatím ještě hruškovitý tvar a je vidět jeho bílou, téměř průhlednou siluetu proti obloze. Fotografie byla pořizena přímo z lodi, odkud byl balon vypuštěn.

## 22.obraz /Pohled do vnitřku rakety/

Zajímavý je i pohled do vnitřku rakety na odkryté přístroje, které jsou tam umístěny. Je to vnitřek rakety, kterou jsme právě popisovali a jejímž hlavním zařízením je spektroskop na rozbor slunečního záření. Před každým výstupem je zařízení pečlivě vyzkoušeno, aby byla zajištěna jeho správná funkce. Akumulátorové baterie vpravo dole nejsou součástí zařízení; používá se jich pouze ke zkoušení, aby se nevyčerpaly lehké a poměrně slabé články umístěné v raketě, které slouží k práci během letu. Část rakety, kterou vidíme na snímku, oddělí se při pádu rakety

a na padáku se snese dolů. Přitom je vyzbrojena zvláštním plovákovým zařízením, aby se nepotopila do moře. Protože se poloha rakety stále měří, dá se poměrně snadno nalézt místo pádu a přístroj se pomocí letadla vyloví.

### 23.obraz /Dálkové ovládání a řízení raket/

Každá raketa je na dálku řízena, aby přesně zachovávala svou dráhu, která je předem vypočtena. Stanoveny jsou i nejvyšší přípustné odchylky. Řízení se děje zvláštním druhem radaru tak, že vhodně volenou antenou se vytvoří nad zemí jakási "vzdušná silnice", po které se raketa pohybuje. Kornidla, které je na některých raketách vidět, nemají pro jejich řízení celkem žádný význam, protože ve velkých výškách, kterými se raketa pohybuje, je vzduch tak řídký, že na kornidla vůbec neúčinkuje. Tato kornidla mají většinou pouze účel stabilisovat raketu proti otáčení kolem vlastní osy v malých výškách a skutečné řízení radarem se provádí buď pomocí malých plošek umístěných ve výtrysku motoru, jak jsme to poznali u A - 4, nebo přímo natáčením celého výtrysku. Na obrázku vlevo vidíme způsob řízení raket, vpravo vidíme pohyblivé zařízení, namontované na vozidle, kterého se používá pro řízení rakety A - 4.

Současně toto zařízení slouží k ovládní motoru a jeho samostatnou částí je přijímač, který zachycuje údaje přístrojů, vysílané bezdrátově na zem.

#### 24.obraz /Ovládací kabina/

Mimo antenní systém patří ke každé radarové řídicí stanici ovládací kabina, odkud se provádí vlastní řízení. Polohy raket v každém okamžiku se jeví na obrazovkách a podle potřeby, když se poloha uchyluje od předepsané dráhy, zasáhne se a let se opraví. Ovládním pohonného motoru lze částečně řídit i výšku letu. Jestliže se současně přenášejí změřené hodnoty z rakety na zem, je přijímací zařízení rovněž v kabině. Tento způsob zpracování výsledků vysíláním na zem je výhodný zvláště proto, že při dopadu rakety na zem není třeba shazovat přístroje pomocí padáku, a zmenšuje se tak nebezpečí jejich ztráty nebo zničení při dopadu. Nevýhodou je ovšem zvýšení váhy rakety o vysílací zařízení, které raketa musí nést s sebou a které je přece jen dosti složité a choulostivé na otřesy a jiné nárazy.

#### 25.obraz /Snímek zemského povrchu z rakety/

Význačným úspěchem při prvních vzletech raket bylo pořízení snímků Země z velkých výšek. Při prvním vzletu, kdy bylo fotografického zařízení po-

užito, byly pořízeny snímky z výšek 48, 72, 86 a 104 km, a přestože při pádu na Zem selhalo padákové zařízení a komora dopadla na Zem rychlostí asi 170 m/vt, podařilo se z troskek vyprostit celkem neporušené snímky Země. Nejvyšší snímek byl pořízen v roce 1947, z výšky 164 km nad Zemí. Snímky jsou velmi zajímavé: ve velké výšce vlivem malé hustoty vzduchu je obloha tmavé barvy, modrofialová až černá. Zemská pevnina se jeví světlá, naopak moře je tmavé. Nad Zemí je dobře vidět mraky i jejich stíny vržené na zem. Na obrázcích je také dobře patrný okraj Země a je velmi dobře vidět i jeho zakřivení.

26.obraz /Spektrum Slunce z velkých výšek/

Dalším výsledkem při raketových letech bylo pořízení serie slunečních spekter z různých výšek. Již dříve bylo známo, že paprsky červené barvy procházejí zemskou atmosférou celkem dobře, ale fialové a zvláště ultrafialové jsou atmosférou pohlcovány. Tento jev ostatně známe ze zkušenosti, neboť při západu má Slunce tmavou oranžovou nebo dokonce červenou barvu, protože jeho světlo prochází silnými vrstvami ovzduší, kde se všechny modré paprsky pohltní. Bylo zajímavé zjistit, jak vypadá sluneční spektrum ve velkých

výškách. Raketu, která toto měření konala, jsme si již popisovali, a proto se podívejme, jaké získala výsledky. Při prvním výstupu dosáhla raketa výšky asi 65 km nad Zemí a přesto, že se spektroskop při pádu značně poškodil, podařilo se zachránit některé snímky a sestavit je do zajímavého obrazu, který zde vidíme. Ukázalo se, že zatím co při Zemí je možno sledovat záření Slunce o nejkratších vlnových délkách asi do 3800 Ångström, ve výšce 64 km bylo možno zachytit spektrum až do délek asi 2400 Ångström. Zvláště zajímavé byly i změny záření vlivem slunečních eruptivních protuberancí a erupcí. Tyto změny se na zemském povrchu vůbec nedají zjistit.

### 27.obraz /Schema zemské atnosféry/

Hlavní výsledky, které získaly rakety zkoumáním atnosféry, je možno shrnout takto: Atmosféra Země se skládá z troposféry, která je nejniže, do výšky asi 18 km, stratosféry, která je od 18 km asi do 30 km, nad ní je vrstva ozonu a nejvýše je ionosféra, kterou opět dělíme na vrstvy D kolem 60 až 80 km, E kolem 110 km, F<sub>1</sub> kolem 200 km a F<sub>2</sub> kolem 300 km nad Zemí. Průběh změny tlaku v atnosféře je znázorněn a vypsán na diagramu; všeobecně lze říci, že tlak s výškou klesá. Průběh teploty je složitější. Teplota s výškou zprvu klesá, ve stratosféře

asi na  $-80^{\circ}\text{C}$ . Výše teplota opět stoupá a ve výšce asi 48 km je teplota kolem  $0^{\circ}\text{C}$ . Pak teplota znovu klesá a dosahuje minima ve výši kolem 80 km, asi  $-100^{\circ}\text{C}$ . Mezi výškami 80 a 160 km teplota prudce stoupá, ve výši 160 km dosahuje asi  $1000^{\circ}\text{C}$ . Další vzrůst teploty je pomalejší a odhaduje se, že v horních částech ionosféry je asi 1 500 až 2 000  $^{\circ}\text{C}$ . Nemáme si však představit, že kdybychom se v takové výši ocitli, pociťovali bychom tyto vysoké teploty. Ve výškách nad 100 km je tak nepatrná hustota atmosféry, že teplota je jen fyzikální veličinou, vyjadřující pohyb a energii částic. Zároveň je na diagramu znázorněna střední výška výskytu polárních září a meteorů a výšky, kterých bylo dosaženo letadly, balony a raketami.

### 28.obraz /Schéma letu rakety/

Nevýhodou raketových letů však stále zůstává poměrně krátká doba, po které raketa zůstává ve vysokých částech atmosféry. Celý let rakety trvá asi 5 až 10 minut, při čemž doba strávená v ionosféře je nejvýše 3 až 4 minuty. V maximálních výškách se raketa udrží nejvýše několik vteřin, neboť její dráha vzhledem k malé hustotě a tím i k malému kladenému odporu v atmosféře je téměř dokonalá parabola. Vzhledem ke krátkosti letu může raketa měřit tlak, teplotu, hustotu, složení a jiné

vlastnosti atmosféry, ale nemůže měřit na příklad jejich změny během dne. Může měřit sluneční záření, ale nezjistí jeho závislost na poloze Slunce nad obzorem. Tento nedostatek nelze nahradit ani vypalováním většího množství raket, protože podmínky, ve kterých se rakety pohybují, mohou být různé, nehledě na obrovské finanční náklady na raketové léty.

29.obraz /Raketa VANGUARD/

Vzhledem k těmto okolnostem bylo rozhodnuto postavit takové těleso, které by se udrželo nad Zemí delší dobu a tím se přešlo k myšlence použít umělé družice Země - satelita. Program vypuštění umělého satelita byl zahrnut do programu Mezinárodního geofyzikálního roku, což je celosvětová akce, při které se konají nejrozličnější měření geofyzikální, astronomická, meteorologická a jiná na celém světě současně a organizovaně. Mezinárodní geofyzikální rok je vyhlášen na dobu od června 1957 do konce roku 1958. Jak se provede vlastní vynesení satelitu nad Zemí? Satelit bude vyneseno do výšky raketou, kterou vidíme na obraze. Raketa se jmenuje VANGUARD a obrázek znázorňuje okamžik, kdy raketa, jež nese satelit, právě startuje k letu.



30.obraz /Schema rakety VANGUARD-kresba/

Tato raketa je třístupňová. Její celková délka je 27 metrů, největší průměr je 115 centimetrů, tedy poměr průměru k výšce je 1:19. První stupeň rakety je poháněn tekutým palivem, benzinem a kapalným kyslíkem, druhý rovněž tekutými palivy, kyselinou dusičnou a hydrazinem, třetí stupeň pevným palivem, Celková váha rakety při startu i s palivem je 11 tun. Poslední stupeň dosáhne výšky asi 350 km nad místem startu a rychlosti asi 7600 metrů za vteřinu v nejvyšším bodě dráhy. Tato rychlost v uvedené výšce je rychlostí eliptickou, a proto satelit, který bude z rakety vyhozen, bude obíhat po eliptické dráze kolem Země. Vlastní satelit je znázorněn na diagramu v podobě malého kroužku na konci třetího stupně. Bude to koule o průměru 50 centimetrů a váze 10 kilogramů.

31.obraz /Model umělého satelita/

Velikost satelita je dobře patrná v srovnání s rukou, která ho na obraze drží. Je to ovšem pouze model satelita ve skutečném měřítku. Protože je satelit chráněn povrchem rakety při průletu ovzduším, je jeho povrch vyroben z poměrně měkké umělé hmoty - polyethylenu. Model na obrázku je ovšem zakryt pouze organickým sklem, aby bylo vidět

na přístroje, které jsou uvnitř uloženy. Hlavní přístroje, které satelit nese, jsou zařízení na měření teploty, tlaku, hustoty a složení atmosféry, zařízení na měření slunečního záření a na měření slunečního spektra, měřicí přístroje na kosmické záření a přístroje registrující dopad částiček meteorického prachu na povrch satelita. Hlavním přístrojem je ovšem vysílač, který jednak předává na Zem údaje o změřených hodnotách, jednak vysílá impulsy, které slouží k měření polohy satelita na obloze. Celý vysílač váží necelé tři kilogramy, počítaje v to váhu baterií, které vystačí k nepřetržitému provozu po dobu asi 14 dní.

### 32.obraz /Model umělého satelita/

Při jednotlivých vzletech raket lze užít různých druhů satelitů podle hlavního účelu, ke kterému se satelita použije. Kromě vlastního úkolu, to je měření ve vysoké atmosféře, má satelit ještě další úkol, neméně důležitý: vysílá na Zem impulsy, podle nichž se určí pohyb satelita, satelit se vyhledá a změří se jeho poloha na obloze. Konají-li se tato měření polohy z více míst na Zemi, je možno přesným výpočtem určovat polohy na zeměkouli, přesné vzdálenosti jednotlivých zemských kontinentů a dokonce i přesné tvary zemského tělesa.

33.obraz /Výstupná dráha satelita-kresba/

---

Dříve než satelit začne obíhat, je však nutno zvolit dráhu, po které bude vynesena nad Zem. Všimněme si, jak taková dráha vypadá: na diagramu je zachycena dráha a silnými šipkami s číslem je znázorněna doba, po kterou jsou v činnosti jednotlivé stupně. Raketa startuje v poloze kolmo k Zemi, a první stupeň vynesou raketu do výše asi 60 km nad Zemí. Tam první stupeň odpadne a uvede se v činnost druhý, který dosáhne výšky 220 km, kdy se vyčerpá v druhém stupni palivo. V té době nebude ovšem již dráha rakety kolmá k Zemi, nýbrž skloní se a bude mířit šikmo vzhůru. Když se zastaví motor druhého stupně, nechá se raketa dále letět setrvačností, druhý stupeň zůstává připojen. Tak vyletí do výšky asi 350 km, kde již bude zaujímat vodorovnou polohu, rovnoběžně se Zemí. V tomto okamžiku se odhodí druhý stupeň a uvede se v činnost třetí stupeň. První dva stupně udělily zatím raketě rychlost asi 3500 m/vt a žádanou výšku, třetí stupeň, který působí vodorovně, udělá zbytek rychlosti, takže v okamžiku vyčerpání jeho paliva bude se raketa pohybovat rychlostí asi 7600 m/vt. V tomto okamžiku se oddělí satelit. Je jasné, že i těleso třetího stupně rakety bude mít eliptickou rychlost a tedy bude samo také satelitem Země.

### 34.obraz /Dráha satelita kolem Země-kresba/

Zbývá otázka, jak se bude satelit po odpoutání od rakety pohybovat dál. Tento pohyb, jak víme, závisí na rychlosti, která je satelitu udělena. To opět závisí na přesnosti odpálení třetího stupně, který musí působit přesně vodorovně; jinak by se satelit buď strhl k Zemi, nebo by ho vynesl sice do výše, ale neudělil by mu potřebnou rychlost. Počítá se, že rychlost oběhu satelita má být asi 7600 metrů za vteřinu, což by v dané výši vedlo k eliptické dráze, která by se k Zemi přibližovala v perigeu, to je v nejbližším přiblížení na 320 km, a v apogeu, to je nejdále od Země, by byla maximálně asi 2000 km od Země. Při této dráze a rychlosti oběhne satelit kolem Země jednou asi za 90 minut.

### 35.obraz /Poloha dráhy satelita/

Jinou otázkou je poloha dráhy satelita vzhledem k zemskému povrchu. Tato poloha závisí na místě a směru, odkud je vypálena raketa, která satelit vynáší. Nejlépe je tuto polohu vidět přímo na obraze. Je to příklad dráhy, provede-li se start z Floridy a je-li dráha skloněna v úhlu asi  $45^\circ$  k rovníku. Satelit oběhne kolem Země jednou asi za 90 minut. Protože se Země otáčí kolem své osy jednou za 24 hodin, pootočí se za 90 minut asi o  $20^\circ$ , takže při každém následujícím oběhu proletí satelit nad jiným místem nad rovní-

kem, a to vždy západněji, neboť Země se točí od západu k východu. Tímto způsobem pokryje dráha satelita pás rovníku do zeměpisných šířek asi  $45^{\circ}$ , takže vzhledem k zakřivení země bude možno pozorovat satelit do zeměpisných šířek nejvýše  $70^{\circ}$ . V našich krajích bude tedy satelit vystupovat nejvýše asi  $35^{\circ}$  nad obzor, takže jeho sledování bude dosti obtížné.

36.obraz /Poloha dráhy satelita - kresba/

Proto byla navržena jiná dráha satelita, který má být vypuštěn v Sovětském svazu. Jeho dráha povede přibližně směrem poledníkovým, to znamená, že bude probíhat přes severní a jižní zemský pól. Toto uspořádání má velkou výhodu v tom, že satelit bude možno pozorovat a jeho polohu měřit i v Arktidě a v Antarktidě, kde se v Mezinárodním geofyzikálním roce podle programu konají i jiná vědecká měření na zvláště vybudovaných stanicích. Také u nás bude možno tento satelit mnohem lépe sledovat, protože se bude pohybovat přes celou oblohu. Jedinou nevýhodou bude obtížnější technické provedení startu, neboť při startu nebude napomáhat zemská rotace.

37.obraz /Závislost doby "života" satelita na výšce - kresba/

Konečně si ještě všimněme, jaká bude asi "životní doba" satelita, to je, jak dlouho se asi udrží nad Zemí. Z theorie víme, že kdyby satelit měl dostatečnou rychlost, mohl by obíhat kolem Země libovolně dlouho, ale ve skutečnosti tomu tak není, protože i ve velkých výškách nad Zemí je ovzduší, byť i velmi řídké, které rychlost brzdí. Tento brzdící účinek závisí na průměrné výšce, ve které se satelit pohybuje kolem Země. Kdyby na příklad satelit obíhal v průměrné výšce asi 150 km, nevydržel by nad Zemí ani hodinu. Kdyby obíhal ve vzdálenosti kolem 300 km, udržel by se asi 15 dní a při průměrné výšce 450 km je jeho "životní doba" asi kolem jednoho roku. Je také zajímavé, co se nakonec se satelitem stane. Zdá se, že poklesem do nižších a hustších vrstev atmosféry se nakonec rozžhaví a shoří ve vzduchu ještě dříve, než vůbec dopadne na Zemi. Stane-li se to však až po roce obíhání a budou-li všechna měření úspěšná, splní satelit vše, co se od něho očekává.

### 38.obraz /Princip sledování satelita-kresba/

Zajímavý je i princip, jakým se satelit sleduje. Je jasné, že by nemělo smysl vypustit satelit a dále se o jeho polohu nestarat, neboť přesné měření poloh satelita z více míst na Zemi je právě jedním z hlavních úkolů celého programu. Hlavním způsobem sledování

a měření poloh satelita je způsob radiový, kterým se měří úhel mezi směrem k satelitu a směrem k zenitu. Odchyšky se měří ve dvou směrech, severojižním a východo-západním, při čemž v obou směrech je vždy po dvou hlavních přijímacích antenách. Vysílač je umístěn uvnitř satelita a přes malou váhu pracuje vždy po dobu 14 dní nepřetržitě. Po této době se vyčerpají zdroje proudu, takže další sledování nebude možné.

39.obraz /Princip radiového sledování-  
kresba/

Radiové sledování pracuje na interferenčním principu a zjednodušeně lze je popsat takto: Satelit vysílá elektromagnetické vlny, které se šíří prostorem do všech směrů stejnou rychlostí. Máme-li tedy dvě anteny o známé vzdálenosti, zachytí antena  $A_1$  impuls vyslaný ze satelita ve stejném okamžiku, kdy tento impuls dospěje do bodu B na dráze k anteně  $A_2$ . O chvíli později dospěje tento impuls i do anteny  $A_2$ . Jestliže signál zachycený antenami  $A_1$  a  $A_2$  vedeme do jednoho přijímacího systému, elektromagnetické vlny v něm interferují a lze tak měřit časové posunutí mezi antenami, které signál zachytily. Toto posunutí je závislé na poloze, jakou zaujímá satelit

vzhledem k antenám; bylo by rovno nule, kdyby satelit byl přímo nad nimi.

40.obraz /Skupina pozorovatelů satelitů/

Radiovým systémem se určuje poloha satelita velmi dobře, ale přesnost radiového sledování není tak veliká, aby mohla sloužit k vědeckým měřicím účelům. Proto se organizují skupiny pozorovatelů, které mají za úkol podle radiového zaměření satelit vyhledat a přesně změřit jeho polohu. Satelit lze nejlépe pozorovat pomocí světelných binokulárních dalekohledů, protože jeho theoretická jasnost je asi taková jako jasnost nejslabších hvězd, viditelných ještě prostým okem bez dalekohledu. Jeho pozorování je však obtížné, protože ve dne jej nelze pozorovat, tak jako ostatně i hvězdy, pro přezáření oblohy Sluncem, a v noci jej opět nelze pozorovat, protože je ve stínu Země. Jedinou dobou k pozorování je tedy večer a ráno za soumraků, vždy asi 1 1/2 hodiny. Skupina pozorovatelů sedí rozsazena v poledníku, to je ve směru sever-jih, a pomocí dalekohledů sleduje celý pás oblohy kolem poledníku. Výškový stožár ve tvaru velkého T mezi pozorovateli určuje v zorném poli dalekohledů směr poledníku.

41.obraz /Hvězdný atlas pro pozorování satelitů/



K pozorování se používá atlasu, kam se pozorování zakresluje. Používá se "Atlas Coeli Skalnaté Pleso", což je atlas sestavený Dr. Bečvářem na československé hvězdárně na Skalnatém Plese. Každý pozorovatel pozoruje stále stejnou část oblohy, ve které musí znát všechny hvězdy, jež zrným polem procházejí. K dispozici má výsek atlasu, který obsahuje celý pás oblohy v jeho zorném poli. Jeden z takových výseků je vidět na obrázku. Jakmile se radiem zachytí příbližná poloha a směr letu satelita, jsou pozorovatelé varováni a ten, který satelit ve svém zorném poli uvidí, okamžitě zakreslí jeho polohu, zjistí přesný čas a odhadne jasnost a rychlost satelita. Toto pozorování je možné ovšem jenom tehdy, když se pomocí radia satelit stále sleduje. Protože je doba visuálního pozorování omezena jen na soumrak, je třeba sestavit co nejvíce skupin pozorovatelů na celé zeměkouli, aby se zajistilo dostatečné množství pozorovacího materiálu.

42.obraz /Fotografická komora na sledování satelita/

Přesnost visuálního pozorování satelita se ještě zvyšuje sledováním fotografickým. Toto sledování je však velmi obtížné, protože satelit bude

poměrně slabý a obloha ještě příliš jasná. Proto je třeba zkonstruovat zvláštní fotografické komory, velmi světelné, které budou zachycovat na fotografický pás rychle za sebou hvězdy a satelit. Fotografická komora je zařízena na zorné pole obdélníkové a její montáž je přizpůsobena tak, aby se komora mohla otáčet zorným polem podél dráhy satelita. Vzhled komory je vidět z obrázku, pro srovnání velikosti je vedle nakreslen člověk. Těchto komor bude postaveno celkem 10 a budou postaveny na vybraná místa po celém světě, aby bylo získáno měření polohy satelita z různých míst na Zemi.

#### 43.obraz /Meziplanetární stanice/

O hlavním vědeckém významu programu satelitů jsme se již zmínili. Jejich vybudování a vyslání je opět dalším krokem na cestě k poznání naší Země. Je však též možno se zahledět do budoucnosti a uvážit, jak by se dalo satelitů využít prakticky. Víme, že se již odedávna snažili lidé o cestu prostorem, ale stále se ještě naráží na technické obtíže. Start meziplanetárních raket ze Země je stále ještě nevyřešen otázkou, a jak se zdá, i v budoucnosti nebude jeho řešení lehké. Je proto možné, že snadnější cestou k řešení tohoto úkolu bude vyslání umělých družic Země, značně velkých, v podobě jakýchsi "meziplanetárních stanic". Rakety vysílané do prostoru by potom nestartovaly ze Země, nýbrž z

těchto umělých družic. Výhodou by bylo značné zmenšení únikové rychlosti rakety a tím i snížení spotřeby pohonných látek.

#### 44.obraz /Umělé družice Marsu/

Jinou takovou zatím fantastickou možností by bylo vyslání umělých satelitů, které by obíhaly kolem Měsíce, Marsu a jiných planet. Tyto satelity by byly vyslány ze Země, proletěly by předem stanovenou dráhu prostorem a byly by strženy přitažlivostí jiných planet nebo Měsíce a přinuceny tak kolem nich obíhat. Pomocí radiových a televizních signálů by tyto satelity vysílaly na Zem změřené hodnoty, po případě i obrazy Měsíce a sousedních planet. I když se zatím zdá, že tyto možnosti jsou fantastické, není vyloučeno, že se alespoň některé z nich uskuteční. Vývoj techniky jde vpřed mílovými kroky a budoucnost jistě ukáže i na tomto poli další možnosti využití umělých satelitů.

F 043637

ČESKOSLOVENSKÝ STÁTNÍ FILM