

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Josef Veselka
Umělá družice Země

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 1 (1956), No. 4, 422--430

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137435>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1956

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

UMĚLÁ DRUŽICE ZEMĚ

Realisace projektu umělé družice Země je kromě jiného otázkou rychlosti. Již německé rakety V-2 z druhé světové války dosáhly rychlosti 1,6 km/sec. Po světové válce dosáhla americká raketa, zkombinovaná z německé V-2 a z americké rakety typu »WAC-Corporal«, výšky 425 km, což je zatím největší dosud dosažená výška. Podle pozdějších zpráv se americké výškové rakety stále zdokonalují, zejména rakety typu »Viking«. Od roku 1954 se objevují zprávy o americkém projektu dvoustupňové rakety s doletem 8000 km, která dosáhne výšky 1280 km a rychlosti 6,7 km/sec. Chybí jen něco přes jeden kilometr do »první kosmické rychlosti«. Na VI. astronautickém kongresu, konaném na podzim roku 1955 v Kodani (po prvé za účasti SSSR), ohlásila delegace Spojených států severoamerických, že v Mezinárodním geofyzikálním roce 1957—1958 bude v USA vypuštěna první umělá družice Země. Jsme v předvečer epochy, kdy člověk bude gravitační zákon nejen znát, ale kdy — podobně jako se stalo s mnoha jinými přírodními zákonitostmi — se stane jeho pánem i mimo svou mateřskou planetu.

V dalším se čtenář dozví — pokud ho tyto otázky zajímají — několik faktů o prvním kroku člověka do světového prostoru, a podívá se několika výhledy, které tato grandiosní událost otevírá.

Co je to umělá družice Země?

Je všeobecně známo, že vrhne-li kamenem šikmo vzhůru, nebo vypálíme-li střelu z děla nebo z pušky, proletí kámen, resp. střela jistou dráhu ovzduším a dopadne opět na Zemi. Tato dráha je za ideálních podmínek (kdyby nebylo odporu prostředí) parabolická; ve skutečnosti se deformuje v tak zvanou balistickou křivku. Čím prudčeji vrhne kamenem, nebo čím větší nálož vypálíme dělovou střelou, to jest čím větší počáteční rychlost vrženému tělesu udělíme, tím dále od místa vrhu dopadne zpět k zemi. Theoretické výpočty ukazují, že existuje jistá mezní počáteční rychlost té vlastnosti, že těleso touto mezní rychlostí vržené na Zemi zpět již nedopadne, nýbrž bude kolem Země (theoreticky neomezeně dlouho) obíhat po kruhové dráze, podobně jako Měsíc. Tato mezní rychlost je na zemském povrchu 7,9 km/sec. A to je v podstatě odpověď na naši otázku, co je to umělá družice Země: umělá družice Země je pozemské těleso, vržené horizontálně rychlostí 7,9 km/sec, které touto rychlostí obíhá Zemi po kruhové dráze. Této rychlosti se proto říká »kruhová rychlost«, nebo také »první kosmická rychlost«.

Zvyšujeme-li počáteční rychlost (po případě rychlost během letu) nad tuto mez, zůstává těleso družicí Země, zase však jen po jistou mez. Oběžné dráhy totiž přecházejí s rostoucí oběžnou rychlostí ve stále protáhlejší elipsy, v jejichž jednom ohnisku je Země, až k mezi, která činí 11,2 km/sec. Při této rychlosti přejde dráha Zemi obíhajícího tělesa v parabolu, v jejímž ohnisku je Země, a nepůsobí-li jiné síly na ně, navždy opustí Zemi. Fysikové a astronomové říkají, že se vymaní ze zemského tíhového pole — »unikne« zemské gravitaci. Proto se této rychlosti říká »úniková« rychlost, nebo také »druhá kosmická rychlost«. Při této rychlosti však těleso »neunikne« sluneční gravitaci. Až do rychlosti 16,7 km/sec

(počáteční rychlost, udělená tělesu ve směru oběhu Země kolem Slunce) zůstává těleso zajatcem planetární soustavy. Rychlost 16,7 km/sec je další mezní rychlost, které musí těleso alespoň dosáhnout, aby mohlo opustit sluneční soustavu. Nazveme ji »třetí kosmickou rychlostí«.

Celkem tedy velmi jednoduchá úvaha, a ani příslušné theoretické výpočty nejsou příliš složité. Praxe však je jiná. Již první fáze — dosáhnout kruhové rychlosti — je technicky, technologicky a energeticky problém tak obtížný a tak pionýrský, že před několika desetiletími byl ještě vyslovenou utopií. Je nesmrtelnou zásluhou zakladatele astronautiky jako vědy, geniálního Rusa Konstantina Eduardoviče Ciolkovského, že této utopii dal vědeckou základnu a do vínku všechny potřebné základní myšlenky pro realizaci nejen umělé družice Země, ale kosmického letu vůbec.

Dnes je otázka kosmického letu již natolik reálná, že na pořad dne přichází nejen konkrétní výzkum v laboratoři a v terénu, ale i kvalitativní plánování. Zatím se hovoří ve světové literatuře o čtyřech etapách:

1. Vypuštění pokusné umělé družice Země bez posádky;
2. stavba kosmické stanice, to jest stále umělé družice Země, která by byla jakousi astronautickou laboratoří ve vesmíru;
3. pravidelné lety kolem Země s lidskou posádkou a pokusné raketové lety na Měsíc a zpět bez lidské posádky;
4. první let člověka na Měsíc.

V hranicích reálnosti zůstává ještě etapa další, pátá — lety na jiné planety sluneční soustavy.

Lety za hranice sluneční soustavy, konkrétně let k souhvězdí Centaura, které je sluneční soustavě nejbliže, je zatím otázkou dosti vzdálené budoucnosti. V tom směru začíná člověk ovládat teprve jednoho činitele — zdroj energie; je to ovšem činitel hlavní. Tímto zdrojem je atomové jádro. Je nepochybné, že lety k jiným stálícím Galaxie nejsou možné bez použití atomové energie, stejně nepochybné je však, že atomové jádro tuto možnost člověku dá, pravděpodobně však na zcela jiných principech jeho využití, než jak to dovedeme dnes.

Časový program pro výše uvedené etapy je již méně přesný. Zatím lze říci jen tolik: první etapa je přede dveřmi. Realisaci umělé družice Země ohlásily již SSSR a USA v rámci Mezinárodního geofyzikálního roku 1957—1958. Pokud jde o etapy další, nutno počítat ještě řádově s desítkami let. Není však přehnaným tvrzení, že toto století bude svědkem prvního letu člověka na některé nebeské těleso naší sluneční soustavy.

Podívejme se, jaké technické a theoretické problémy nutno zvládnout, chceme-li odletět do vesmíru.

a) Na prvním místě je bezesporu problém dopravního prostředku. Běžné pozemské dopravní prostředky — samozřejmě aeronautické, pozemní nebo vodní nepřicházejí vůbec v úvahu — nevyhovují principiálně, neboť potřebují odporující prostředí, to jest zemské ovzduší, ať jde o vrtulová letadla, letadla na vzdušné reaktivní pohon, nebo vzducholodi. V meziplanetárním prostoru totiž takového prostředí není, a s hlediska astronautiky začíná tento prostor již několik set kilometrů nad zemským povrchem.

Máme k dispozici dopravní prostředek, který nepotřebuje k pohybu odporujícího prostředí? Odpověď zní, ano. Tímto dopravním prostředkem je raketa, resp. raketový motor. V raketovém, lépe řečeno v reaktivním motoru se vypuzuje látka (plyny) z trysky jedním směrem. Reaktivním účinkem tohoto vypuzování se motor, a tedy také celá raketa, která je motorem poháněna, uvádí do

pohybu směrem opačným. Využívá se tu známého třetího Newtonova principu o rovnosti akce a reakce: Každé akci přísluší opačná a stejně velká reakce, neboli vzájemná působení dvou těles na sebe jsou vždy rovná co do velikosti a opačná co do směru. Jde o efekt principiálně týž, jaký pozorujeme na příklad při výstřelu z děla nebo z pušky: z hlavně se působením plynů, vzniknuvších shořením nálože, vypudí jednak náboj, jednak se celé dělo nebo puška hodí zpět proti směru výstřelu (zpětný náraz). Theoreticky tedy je tato otázka velmi snadná. Vzniká však druhý fundamentální problém:

b) Máme s technického a energetického hlediska takový zdroj energie, aby bylo možno myšlenku kosmického letu uskutečnit? Také zde je odpověď kladná, i když necháme stranou atomovou energii.

Uveďme ihned, že okamžitým udělením potřebné počáteční rychlosti (přesněji velmi krátkodobým), která, jak jsme řekli, je nejméně 7,9 km/sec, to jest výstřelem, nelze těleso vrhnout do světového prostoru. K tomu nemáme zatím ani zdroj energie, ani materiály, které by takové »odpálení« snesly, nemluvě o tom, že i kdyby to bylo možné, nemohlo by těleso nikdy nést lidskou posádku; člověk by byl reaktivním účinkem odpálení okamžitě rozdrčen.

Let do vesmíru, i jen v první fázi — na umělé družici Země — nutno realizovat tak, že se tělesu udělí potřebná rychlost postupně. K tomu máme dnes dvě možné cesty.

Zásadně je možno kosmickou loď odstartovat pomocí tak zvaného elektromagnetického děla. Myšlenka spočívá na známém fyzikálním jevu, že elektrická cívka (to jest v nejjednodušším případě do spirály svinutý drát, jímž prochází elektrický proud) vytváří magnetické pole, které vtahuje dovnitř cívky železné jádro. Theoreticky je možné postavit tunel (hlaveň), jehož stěny tvoří soustava závitů (solenoidů), jimiž může procházet elektrický proud. Kosmická loď, postavená ze železa ve tvaru velkého masivního dělového náboje, by se v tunelu urychlila takto: Na počátku tunelu, kde by spočívala loď, by se zapjal proud do prvních závitů tunelu. Loď by byla vzniknuvším magnetickým polem vtahována dovnitř tunelu. Tím by postupně sama zapínala proud pro další a další závit, jejichž magnetická pole by ji stále urychlovala. Theoreticky lze takto dosáhnout libovolné rychlosti. Prakticky znamená tento projekt obrovskou stavbu. Kdybychom chtěli, aby loď nesla lidskou posádku, a připustíme-li, že lidský organismus by snesl přetížení, rovné patnáctinásobku zemské tíže, musel by být tunel přes 200 km dlouhý. Při přetížení rovném čtyřnásobku zemské tíže, o kterém lze dosti bezpečně předpokládat, že je cvičený organismus snese po dobu několika minut, musel by tunel být přes 800 km dlouhý.

Kromě toho má tento projekt ještě tu zásadní nevýhodu, že náboj takovým tunelem vymrštěný do světového prostoru by musel být nesmírně masivní, aby snesl náraz vzduchu při opuštění ústí tunelu, nemluvě o obtížích, které by vznikly zahříváním při průchodu zemskou atmosférou.

Tento projekt zůstává proto pouze theoretickým, a jeho význam je pouze v tom, že ukazuje zásadně možnost kosmický let realizovat.

Mnohem výhodnější, a dnes zatím jediná je druhá možnost — raketa na chemickou energii. V dnešních raketách se spalují látky s velkým kalorickým obsahem (uhlovodíky jako palivo, kyslík, nebo látky bohaté na kyslík jako okysličovadlo). Spalováním vznikají plyny, které velkou rychlostí vytékají z trysky rakety a reaktivním účinkem uvádějí tuto do pohybu v opačném směru. Výtokové rychlosti těchto plynů se podle dosud publikovaných zpráv pohybují blízko

4 km/sec, což je rychlost již postačující k tomu, aby se raketě udělila první kosmická rychlost.

Technicky jde ovšem o věc velmi složitou. Zařízení vyžaduje zvláštních materiálů, jednak proto, že spalováním pohonných látek ve spalovací komoře raketového motoru vznikají vysoké teploty, jednak proto, že pohonných látek musí mít raketa s sebou mnohonásobně více, než sama váží. Zejména tato druhá okolnost vedla k myšlence tak zvané složené rakety: raketa, určená pro vlastní let do světového prostoru a vybavená vším potřebným pro tento účel, je nesena jinou raketou, která má jen pohonné látky (dvoustupňová raketa); tato soustava může být nesena zase další třetí raketou jen s pohonnými látkami (trojstupňová raketa) atd. Při vzletu celé složené rakety pracují postupně jen články, které nesou pohonné látky, a jež se po jejich spálení oddělí a padnou zpět k zemi. Tím se dosáhne, že poslední článek — vlastní raketa — letí již bez zbytečného zatížení nádržemi pro pohonné látky.

Jsou také jiné projekty, jak co nejlépe hospodařit s vahou kosmické lodí, na příklad tento: kosmická loď má před vzletem $2 \cdot 2 = 4$, nebo $2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$, nebo $2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16$ atd. nádrží s pohonnými látkami. Při startu začnou pracovat všechny a pracují až do spotřebování poloviny všech pohonných látek. Pak se zbylé pohonné látky přečerpají do poloviny nádrží a prázdné nádrže se odmrští od lodí a padnou zpět na Zemi. Zbývající nádrže zase pracují až do spotřebování poloviny všech pohonných látek, načež se zbylé pohonné látky zase přečerpají do poloviny nádrží atd. Vyzkoušen tento projekt ještě nebyl. Dnešní složené rakety jsou stavěny na podkladě prvního uvedeného principu.

Otázka dopravního prostředku a techniky pohonu jsou základní problémy kosmického letu. Jsou dnes natolik úspěšně vyřešeny a zvládnuty, že — jak jsme již řekli — vypuštění umělé družice Země je ohlášeno pro nejbližší dobu.

c) Je ovšem ještě celá řada obtížných otázek theoretických a technických, jež je nezbytně nutno vyřešit, má-li se kosmický let realizovat a být úspěšný. Tak na příklad není nijak snadný a jednoduchý úkol řízení kosmické lodí. Kosmické rychlosti, jimiž se kosmická loď bude pohybovat v meziplanetárním prostoru, jsou tak velké, že odchylky v řízení — časové, směrové a jiné — které by v pozemských poměrech byly zcela zanedbatelné, se ve světovém prostoru projeví v chybách desítek a set tisíc kilometrů.

Je dále třeba počítat s tím, že v řadě přístrojů, používaných na zemském povrchu, se využívá zemské tíže. Za letu ve světovém prostoru z velké části tíže nebude, je proto třeba různá měření (na příklad časová) provádět na podkladě jiných principů.

Kosmickou loď bude třeba opatřit ochranou před meteory. Uvážíme-li, že meteorology dosahují rychlostí řádově desítky kilometrů za vteřinu, tedy mnohonásobně větších, než jsou rychlosti pozemských střel, vidíme, že nejde o úkol snadný.

Velkým problémem je spojení se Zemí. Nejde tu jen o technickou stránku věci. Pokud by šlo o radiové spojení — a zdá se, že jen takové spojení bude po všech stránkách uspokojivé — je třeba vyřešit otázku průchodu radiových vln horními vrstvami zemské atmosféry. Tato otázka je stále ještě otevřeným problémem.

U kosmických letů s lidskou posádkou přicházejí pak dále problémy fyziologické: otázka, jaké přetížení snese lidský organismus, vytvoření umělého klimata v kosmické lodí, vytvoření umělé gravitace, vypracování metod pro orientaci astronautů ve světovém prostoru a mnoho jiných.

Vše to ukazuje, že realizace kosmického letu je velký komplexní vědecký a

technický problém, řešitelný pouze v úzké spolupráci takřka všech přírodních věd.

Na všech problémech, spojených s astronautikou, se dnes pracuje. Zatím ovšem především na problémech, spojených s první fází kosmického letu, to jest s vypuštěním pokusné umělé družice Země. Uvedeme v dalším některé podrobnosti.

Americký vědec prof. S. Singer předložil projekt pokusné umělé družice Země, kterou nazval MOUSE. Má to být hliníková koule o průměru 60 cm a o váze 45 kg. Obíhat kolem Země má ve výši 320 km. Jeden oběh má trvat 90 minut. Družice bude vybavena různými automatickými měřicími přístroji, které mají dodat zprávy o různých fyzikálních charakteristikách a fyzikálních jevech v této oblasti nad zemským povrchem. Přístroje by svoje zprávy vysílaly radiotelegraficky neustále. Počítá se, že družice se udrží v oběhu kolem Země asi rok. Po tuto dobu by se postupně blížila Zemi, již však pravděpodobně nedosáhne, neboť při rychlosti, jakou poletí, v hustších vrstvách atmosféry shoří podobně jako meteor. Do své dráhy by byla vynesena třístupňovou raketou.

V. Brown vypracoval projekt stacionární umělé družice Země, obíhající ve výši 1730 km nad Zemí. Družice by měla tvar velkého kola o průměru asi 80 m. Oběžná rychlost by byla 8,7 km/sec, Zemí by oběhla jednou za dvě hodiny. Montáž takové družice by se neprováděla na zemském povrchu, nýbrž na oběžné dráze družice. Za tím účelem by bylo nutno postavit několik obrovských raket, které by na oběžnou dráhu donesly součásti družice a všechno potřebné zařízení — a ovšem také »montéry«. Podle Brownova návrhu by byly třístupňové, každá o celkové váze asi 7000 tun, z čehož 90% by byly pohonné látky. Oběžné dráhy družice by dosáhl teprve třetí článek rakety; první dva by po vyhoření pohonných látek padly zpět na Zemi. Raketa by nesla 36 tun užitečného nákladu. Cesta na oběžnou dráhu by trvala asi hodinu, motory rakety by pracovaly 300 vteřin.

Dostat tělesa do kruhového oběhu kolem Země je dosti složitý problém. Pro meziplanetární let je třeba, aby kosmická loď jednak překonala zemskou gravitaci, jednak aby jí zůstala jistá zásoba pohonných látek, které by umožňovaly alespoň v minimální míře manévrovat ve světovém prostoru. To by bylo nutné i v tom případě, kdyby se dráha meziplanetárního letu předem propočítala proštorově a časově tak, že by se loď po dosažení nutné kosmické rychlosti pohybovala dále setrvačností s využitím gravitace jiných nebeských těles sluneční soustavy, zejména pak tělesa, na které by loď letěla. Takový výpočet je možný, a první kosmické lety budou pravděpodobně tohoto druhu. Přes to je třeba, aby kosmická loď měla jistou zásobu pohonných látek pro eventuální korektury za letu. Naprosto nutná je zásoba pohonných látek, počítalo-li by se s přistáním kosmické lodi na nebeském tělese, které by bylo cílem cesty (Měsíc, blízké planety, planetky).

Pro umělou družici Země je problém jednodušší o to, že není třeba počítat s nějakou významnou zásobou pohonných látek. Zde je třeba jen dosáhnout potřebné výšky a potřebné rychlosti (alespoň první kosmické rychlosti) v žádoucím směru, to jest rovnoběžně se zemským povrchem.

Raketa, která má vynést umělou družici Země na její oběžnou dráhu, musí při vzletu překonávat kromě zemské tíže také odpor vzduchu. Rychlost — jak jsme již řekli — nenabývá raketa najednou, nýbrž postupně. Trvá proto jistou dobu, než se potřebné rychlosti dosáhne. Konečně směr, ve kterém nabude umělá družice (poslední článek složené rakety, která družici vynesla nad zemský povrch) potřebné oběžné rychlosti, musí být rovnoběžný se zemským povrchem. To jsou hlavní momenty, k nimž nutno přihlížet při volbě způsobu, jak odstartovat

raketu s umělou družicí co neekonomičtěji s hlediska úsporného hospodaření s pohonnými látkami.

Podrobný rozbor a výpočty ukazují, že s hlediska energetického je optimální takovýto start: raketa (dvou- nebo třístupňová) se odpálí svisle vzhůru, aby se co nejdříve dostala z hustých vrstev zemské atmosféry. Jakmile pronikne troposférou, vmanévruje se pomocí automatických přístrojů do předem přesně vypočtené dráhy, po níž se dostane na oběžnou dráhu (rovněž předem stanovenou) a do vodorovného směru. Až sem dojde článek složené rakety, který nese již jen umělou družici. Jakmile tohoto bodu dosáhne, zapne se motor tohoto článku (automaticky) a udělí družici poslední dodatečnou rychlost tak, aby tato již letěla první kosmickou rychlostí (nebo eventuálně větší) ve vodorovném směru. Pak se oddělí i tento poslední článek složené rakety a družice již obíhá kolem Země.

Několik číselných dat: Oběžná rychlost umělé družice závisí na výšce, v níž družice Země obíhá. Při výšce na příklad 1730 km nad Zemí je oběžná rychlost 8716 m/sec, při výšce 35 800 km pak již 10 709 m/sec. Práce, již je třeba vynaložit na to, aby se realizoval druhý z uvedených příkladů, je obrovská: činí 6 378 000 kgm na každý kilogram váhy rakety (plus družice) při startu. Je to práce ekvivalentní dvouhodinové práci celé dněperské hydroelektrárny.

Základní formule pro výpočty uvedených hodnot odvodil vzpomenuť již K. E. Ciolkovskij. V těchto formulích je podstatné zejména tak zvané Ciolkovského číslo, které vyjadřuje poměr masy rakety před startem k masě tělesa, které zůstane po spotřebě všech pohonných látek. Ve výše uvedených příkladech se rychlosti 8716 m/sec, resp. 10 709 m/sec počítaly bez ohledu na ztráty, které vzniknou prakticky při vzletu. Na tyto ztráty nutno počítat ještě 10 až 15%, což odpovídá theoreticky rychlostem 10 012 m/sec, resp 12 305 m/sec. Rychlosti na příklad 10 012 m/sec pak odpovídá Ciolkovského číslo 46. To je poměr tak velký, že jednoduchou raketou není vzlet proveditelný. Tato okolnost vedla právě K. E. Ciolkovského k myšlence složené rakety.

Směr oběhu umělé družice je výhodné volit ve smyslu rotace Země kolem vlastní osy. Tím se využije rychlosti této rotace, která na příklad na rovníku je 463 m/sec. To sice není na první pohled mnoho ve srovnání s kosmickými rychlostmi, ve skutečnosti však i tento příspěvek rychlosti znamená citelnou úsporu pohonných látek, tedy zmenšení Ciolkovského čísla, což je důležité pro celou konstrukci rakety, kde záleží na každém ušetřeném kilogramu váhy.

Umělá družice může obíhat Zemí v různých výškách a po různých drahách. Podle toho pak může být různý její zdánlivý pohyb po obloze. Tak na příklad ve výši 320 km nad zemí oběhne družice Zemí jednou za 90 minut, to jest za den jí oběhne šestnáctkrát. Za dobu jednoho oběhu družice se však Země otočí kolem vlastní osy o 22,5°. Bude se tedy umělá družice po každém oběhu nacházet nad jiným místem zemského povrchu. Ve výši 1730 km nad zemí oběhne umělá družice Zemí za dvě hodiny, to jest za den oběhne Zemí dvanáctkrát. Ve výši 35 800 km nad zemí oběhne umělá družice Zemí jednou za 24 hodin. Bude-li tedy oběžná dráha družice v rovníkové rovině Země a smysl oběhu týž jako smysl rotace Země kolem vlastní osy, bude umělá družice na obloze zdánlivě nehybná. Taková poloha umělé družice je důležitá zejména v těch případech, kdy je žádoucí stále spojení s určitým místem zemského povrchu.

Všechny tyto theoretické úvahy vycházejí z podmínek dosti zjednodušených a idealisovaných. Ve skutečnosti nutno očekávat, že se projeví řada činitelů, které budou oběh umělé družice ovlivňovat. Především nutno vzít v úvahu velký rozdíl

mass umělé družice a Země. Tento rozdíl spolu s nerovnoměrným rozdělením látky Země (sploštělost zeměkoule, různé rozložení hornin a p.) činí systém těchto dvou těles dosti nestabilním; rotace Země kolem vlastní osy povede k různým stáčením roviny oběžné dráhy umělé družice a jiné. Vůbec se ve výše uvedených úvahách nepočítá s gravitací Měsíce a Slunce, které ve skutečnosti samozřejmě zanedbat nelze. To vše si vyžádá různých korekcí a opatření, jež sama o sobě mohou být ještě dosti obtížným problémem, který řešit bude možno teprve na podkladě pokusných výsledků a v průběhu realizace celého projektu.

Jaký je význam umělé družice Země?

Co do okamžité důležitosti a také s hlediska reálnosti je na prvním místě okolnost, že umělá družice Země může být laboratoří pro mnoho přírodovědeckých oborů za podmínek, které na zemském povrchu jsou nedosažitelné.

Umělá družice bude prakticky vně atmosféry. To umožní nová astronomická a astrofysikální pozorování, zejména výzkum slunečního záření, kosmického záření, radiového záření hvězd a j. za zcela nových podmínek.

Praktická prázdnota v prostoru kolem umělé družice učiní z ní ideální vakuovou laboratoř. Na umělé družici nebude tíže (nebude-li tato uměle vytvořena). To umožní kvalitativně nové výzkumy fyzikální, chemické a biologické za nepřítomnosti gravitace.

Výška, v níž se umělá družice Země bude nacházet nad zemským povrchem, umožní rozsáhlá pozorování oblačnosti a vzdušných proudů na zemském povrchu, což má velký význam pro meteorologii.

Prvořadý význam budou mít také výzkumy nejhornějších vrstev atmosféry, které se zemského povrchu jsou při nejmenším velmi obtížné.

Celkem lze říci, že umělá družice Země umožní konat přímo mnoho výzkumů, které na zemském povrchu provádět nelze, nebo které lze konat jen nepřímou a s velkými obtížemi.

Trochu delší, přesto však zcela reálnou perspektivu má projekt umělé družice jako kosmické stanice pro lety na jiné planety a do světového prostoru, jak o tom již byla řeč.

Umělá družice Země může mít také velmi speciální určení. Tak na příklad v dříve již zmíněném Brownově projektu umělé stacionární družice se spolu s různými vědeckými cíli mluví také o vojenském významu. To ovšem ani již nepřekvapuje. Umělá družice by podle tohoto projektu měla s vojenského hlediska především účel výzvědný. Pomocí mohutných dalekohledů, které by spolu s družicí volně obíhaly kolem Země a byly z umělé družice řízeny a obsluhovány, a také pomocí radiolokačních zařízení by s umělé družice bylo možno pořizovat letecké snímky zemského povrchu. Na dalším místě se uvádí v Brownově projektu také možnost použít umělé družice jako odpalovací základny pro vojenské rakety s atomovými náložemi. Vojenský význam umělé družice je však velmi oslaben okolností, že vzhledem k přesnosti a pravidelnosti jejího oběhu kolem Země by bylo snadné ji se zemského povrchu zneškodnit.

Zajímavou myšlenku, jak využít umělé družice Země, vyslovuje sovětský autor V. Petrov (viz literaturu na konci článku). Pomocí umělých družic je podle V. Petrova možno vybudovat mezinárodní všesvětovou televizní službu. Uvedme hlavní rysy tohoto projektu.

Ve výši 35 800 km nad zemí a v rovníkové rovině Země budou obíhat tři umělé družice po téže kruhové dráze a ve smyslu rotace Země kolem vlastní osy. V této

výši je — jak již bylo uvedeno — úhlová oběžná rychlost umělé družice táž jako úhlová rychlost rotace Země, to jest umělá družice bude stále nad jedním místem zemského povrchu, na němž bude televizní stanice. Zmíněné tři umělé družice budou tvořit vrcholy rovnostranného trojúhelníka. Jejich vzájemná úhlová vzdálenost bude tedy 120° , přímá délková vzdálenost pak 72 660 km. Oběžná rychlost družic bude 3076 km/hod. Případné stáčení roviny oběžné dráhy družic sice může poněkud měnit jejich polohu nad zemským povrchem, nemění však jejich vzájemnou polohu. Každá družice bude retranslační televizní stanicí, příslušnou televizní stanicí, nacházející se pod ní na zemském povrchu.

Jedna družice by byla nad územím SSSR, jedna nad územím USA a jedna nad územím Čínské lidové republiky. Retranslační stanice na družicích by pracovaly podle vhodně určených časových rozvrhů. Důležité je, aby vysílání resp. příjem se neděly ve směru slunečních paprsků. To by mohlo vést k vážným poruchám. Nastat může takový případ (pro určitou jednu družici) ve dvou situacích, kdy družice, Země a Slunce jsou v konjunkci, to jest v jedné přímce. V jednom z těchto případů je však družice ve stínu Země, v druhém případě pak jde o vysílání se Země proti směru slunečních paprsků a přijímací stanice na umělé družici je v její zastíněné části, není tedy Sluncem ozařována. Vhodným časovým rozvrhem vysílání a retranslace lze se tedy takové situaci vyhnout, a s pomocí směrových antenních soustav je možno zabezpečit vysílání a přijímání bez významných poruch.

Dalším důležitým momentem je volba vlnové délky. Vzhledem k poměrně malým rozměrům těch zařízení, která budou na družicích, bylo by žádoucí volit ultrakrátké vlny včetně vln milimetrových. To však vyžaduje mimořádně přesnou a stabilní vzájemnou polohu družic. Kromě toho jsou dnešní prostředky televizního vysílání ještě nedostatečné, zejména pokud jde o dostatečně mohutné napájecí zdroje. Nelze ani přehlédnout, že za hranicemi zemské atmosféry (a tam družice prakticky budou) budou poruchy vysílání, způsobované Sluncem a hvězdami, mnohem silnější než na zemském povrchu. Otázka vlnové délky je zatím ještě problémem neprozkoumaným.

Třetí důležitý moment konečně je otázka napájecího zařízení, umístěného na družici. Napájecí zařízení představuje totiž co do váhy největší součást televizní aparatury. I v tomto směru jsou dosavadní zdroje zatím nevyhovující pro svou velkou váhu, a zejména v tomto směru se největší naděje upínají na rychlý rozvoj nukleární fyziky, jehož dnešní tempo slibuje, že v dohledné době se podaří přímá přeměna atomové energie v energii elektrickou s dostatečně velkým koeficientem účinnosti.

*

Člověk se přiblížil těsně k realizaci prastarého snu — odpoutat se od Země a navštívit jiná nebeská tělesa. První krok byl ohlášen pro nejbližší budoucnost, technické prostředky má člověk již dnes. Astronautika není dnes již fantasií, nýbrž vědeckým a technickým oborem, který se rychle rozvíjí. Souběžně s tím vstupuje lidstvo do atomové éry, která mu dá dnes ještě sotva představitelné energetické a technické možnosti. Jsme zatím jen na počátku této éry, avšak bouřlivý rozvoj nukleární fyziky, jehož jsme současníky, otevírá již dnes nedohledné perspektivy.

Josef Veselka

Literatura

- V. Petrov, *Televiđenjeje buduščego*, Radio, č. 6 (1956).
A. A. Šternfeld, *Lety do vesmíru*, Mladá fronta, Praha 1956.
A. A. Šternfeld, *Problémy kosmického letu*, SOVĚTSKÁ VĚDA - matematika, fyzika, astronomie, č. 2 (1955).
V. G. Fesenkov, *Problémy astronautiky*, tamtéž, č. 4 (1955).
VI. astronautický kongres, *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, č. 3 (1956).
Z. Pírko, K. E. Ciolkovskij (*život a dílo*), SOVĚTSKÁ VĚDA - matematika, fyzika, astronomie, č. 2, 3, 4, 5 (1954).

Prof. N. N. SYTINSKAJA

SOUDOBÉ VÝZKUMY ATMOSFÉRY A POVRCHU MARSU

Priroda, 1956, č. 6, str. 33—41.

Ve výzkumech Marsu je patnácti- až sedmnáctiletá periodičita daná pozorovacími podmínkami. Mars je sice se Zemí v oposici, to jest Zemí »nejblíže«, každé dva roky a dva měsíce, avšak vzdálenost Marsu od Země je vzhledem k velké výstřednosti oběžné dráhy Marsu kolem Slunce silně proměnná; mění se v mezích od 54 milionů kilometrů do 105 milionů kilometrů. Střední vzdálenost Marsu od Země v oposici je 78 milionů kilometrů. Je přirozené, že pozorovací podmínky jsou mnohem lepší, je-li Mars Zemí blíže než 60 milionů kilometrů, než je-li jeho vzdálenost od Země větší. Kromě toho zůstává Mars v této nejmenší vzdálenosti od Země dosti dlouho, což rovněž dává možnost podrobnějšího studia různých sezónních změn na jeho povrchu. Oposice, kdy je Mars vzdálen jen 54 milionů kilometrů, se nazývá »velkou oposicí«.

Poslední taková velká oposice byla v roce 1939. Mars byl tehdy podroben mnoha pozorováním. Velmi významné jsou mezi nimi výsledky tehdejších sovětských pozorování, konaných na charkovské, taškentské a na jiných observatořích. Podáme v dalším přehled dnešních poznatků o Marsu. Takový přehled je o to aktuálnější, že 12. září 1956 nadešla další velká oposice. Zemí byl Mars nejblíže dne 6. září 1956, a to ve vzdálenosti 57 milionů kilometrů. Pro pozorovatele na severní polokouli byla tentokrát situace příznivější, než byla v roce 1939. Tehdy byl Mars 24° jižně od nebeského rovníku, což znamenalo, že i s tak jižně položených observatoří, jako jsou taškentská a stalinabadská, byl vidět velmi nízko nad obzorem. Letos byl Mars jen 8° jižně od nebeského rovníku. Jeho viditelná dráha byla proto mnohem výše na obloze, což dalo mnohem lepší pozorovací podmínky.

Mars jako planeta

Neozbrojenému oku se jeví Mars v oposici jako velmi jasná hvězda s charakteristickým žlutě oranžovým zabarvením. V dalekohledu je vidět zřetelně kotouč planety o průměru až 25 obloukových vteřin. Z této hodnoty, naměřené buď přímo v zorném poli dalekohledu, nebo na fotografiích, a ze známé vzdálenosti Marsu od Země lze stanovit skutečný průměr planety. Přesnost při měření přímo v zorném poli dalekohledu je $\pm 5\%$. Při měření na fotografiích se objevuje zvláštní a těžko vysvětlitelná závislost naměřených hodnot na té části spektra, v jejímž světle byl fotografický snímek pořízen. Nejpravděpodobnější