

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

První let na Měsíc

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 5 (1960), No. 3, 326--331

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137002>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1960

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>

S. I. Syrovatskij — : *Magnitnaja gidrodinamika*, Uspechi fizičeskich nauk, sv. 62, No 3, (1957).
 Problémy související s Debyeovou vzdáleností relaxačními dobami jsou diskutovány v pracích:
 R. S. Cohen, L. Spitzer, P. M. Routly: *Phys. Rev.* 80, 230 (1950), viz též ruský překlad: *Probl. sovr. fiz.* 1946, No 2.
 E. Persico: *Mon. Not.* 86, 294 (1926).
 D. Bohm, L. H. Aller: *Astrophys. J.* 105, 131 (1947).
 S. Chandrasekhar: *Principles of Stellar Dynamics*, Chicago, 1941, především druhá kapitola.
 Boltzmannova rovnice a teorie srážek v ionisovaném plynu je nejpřehledněji analysována v práci:
 P. L. Bhatnagar, E. P. Gross, M. Krook: *Phys. Rev.* 94, 511 (1954), viz též ruský překlad v *Probl. sovr. fiz.* 1956, No 2.
 Klasická teorie srážek a odvození Boltzmannovy rovnice je vykládáno v monografiích:
 J. H. Jeans: *The Dynamical Theory of Gases*, Cambridge 1925.
 S. Chapman, T. G. Cowling: *The Mathematical Theory of Non-uniform Gases*, Cambridge 1952.
 Pohyb jednotlivé částice v magnetickém a elektrickém poli je probírán v knihách:
 L. Landau, E. Lifšic: *Klasičeskaja teorija polja*, Moskva 1948.
 H. Alfvén: *Cosmical Electrodynamics*, Oxford 1952.

PRVNÍ LET NA MĚSÍC¹⁾

Dne 12. září 1959 byla vypuštěna druhá sovětská kosmická raketa, která 14. září 1959 v 00 hod. 02 min 24 sec moskevského času dosáhla povrchu Měsíce. Sovětský svaz slavil další vědecký a technický triumf.

Váha těles, vysílaných do vesmíru, se postupně zvětšuje. Třetí sovětská umělá družice Země vážila 1327 kg, první sovětská kosmická raketa (její poslední stupeň bez pohonných látek) vážila 1472 kg, váha druhé sovětské kosmické rakety byla již 1511 kg. Poslední stupeň je již říditelný a umožňuje automaticky korigovat základní parametry letu do okamžiku, kdy se vypnou motory.

Celková váha vědecké a měřicí aparatury druhé sovětské kosmické rakety s napájecími zdroji a s přístrojovou kabinou byla 390,2 kg. Raketa vysílala k Zemi informace na pěti frekvencích, 20,003 MHz, 19,997 MHz, 19,993 MHz, 39,986 MHz, 183,6 MHz. Radiotechnické prostředky na palubě rakety umožnily spolehlivě sledovat se Země raketu za jejího letu, od startu až do okamžiku, kdy kabina s přístroji dopadla na povrch Měsíce.

Na povrch Měsíce byly dopraveny tři emblémy s nápisem „Svaz sovětských socialistických republik, září 1959“. Dva emblémy byly umístěny v kabině s přístroji, jeden v posledním stupni rakety. Emblémy byly zajištěny proti poškození při dopadu na měsíční povrch.

Pro optická pozorování byla druhá sovětská kosmická raketa (podobně jako první) vybavena zařízením na vytvoření sodíkového mraku — umělé komety. Sodíkový mrak byl vypuštěn v době předem určené ve vzdálenosti 150 000 km od Země (u první sovětské kosmické rakety ve vzdálenosti 113 000 km od Země). Pozorování umělých komet umožňuje jednak opticky určit polohu raket v okamžiku vytvoření sodíkového mraku, jednak určit podle rychlosti, jakou se mrak rozptyluje, hustotu meziplanetárního plynu.

První i druhá sovětská kosmická raketa byly pozorovány v SSSR i v zahraničí. Anglickému astronomu Lowellovi se podařilo zpozorovat druhou kosmickou raketu pomocí radioteleskopu jistou dobu před vytvořením sodíkového

¹⁾ Первый полет на луну, *Природа*, 10 (1959).

mraku. Mnoho ústavů i jednotlivých pozorovatelů sdělilo, že rádiové signály druhé kosmické rakety byly zřetelné.

Kabina s přístroji a poslední stupeň rakety byly pečlivě sterilisovány, aby nedošlo k přenesení pozemských mikroorganismů na Měsíc. Dnes nelze totiž ještě bezpečně tvrdit, že podmínky na povrchu nebo pod povrchem Měsíce vylučují možnost existence nějakých nižších forem života, proto nelze vyloučit možnost, že by se pozemské mikroorganismy těmito podmínkám přizpůsobily. Kdyby se tak stalo, mohlo by při pozdějším biologickém průzkumu Měsíce dojít k omylům.

Přístrojová kabina druhé sovětské kosmické rakety dopadla na měsíční povrch východně od „Moře jasnosti“. Místo dopadu bylo vzdáleno od středu viditelného kotouče Měsíce asi 800 km.



Obr. 1. Schéma trajektorie druhé sovětské kosmické rakety. Čísla 1 až 13 označují projekce jednotlivých póloh rakety za jejího letu: 1 – ve dvanáct hodin 12. září 1959; 2 – v patnáct hodin, 78 500 km od Země; 3 – v osmnáct hodin, 112 000 km od Země; 4 – v jedenadvacet hodin, 142 000 km od Země; 4a – vytvoření umělé komety (sodíkového mraku); 5 – nula hodin 13. září 1959, 171 000 km od Země; 6 – ve tři hodiny, 198 000 km od Země; 7 – v šest hodin, 224 000 km od Země; 8 – v devět hodin, 250 000 km od Země; 9 – ve dvanáct hodin 13. září 1959, 274 000 km od Země; 10 – v patnáct hodin, 298 000 km od Země; 11 – v osmnáct hodin, 322 000 km od Země; 12 – v dvacetjedna hodin, 346 000 km od Země; 13 – nula hodin, 02 minut, 24 vteřin dne 14. září 1959, 371 000 km od Země, dopad rakety na měsíční povrch.

Zvláště důležitá je otázka magnetického pole Měsíce. Dodnes nemáme spolehlivou teorii zemského magnetismu. Údaje rakety mohly tu či onu hypotézu potvrdit nebo vyvrátit. Předběžné údaje dovolují tyto závěry:

Magnetické pole v blízkosti Měsíce nebylo podle výsledků měření a v mezích citlivosti měřicích přístrojů zjištěno;

v blízkosti Měsíce nebyl zjištěn pás nabitých částic.

Tento druhý fakt je ve shodě s výsledky magnetometrických měření.

Z astronautického i obecně vědeckého hlediska je důležité získat údaje o látce v meziplanetárním prostoru. Tento prostor není prázdný. Přístroje v druhé kosmické raketě měřily zemskou radiaci v hranicích nedávno obje-

ných pásem záření velké intensity, dále toky částic ionisovaného plynu (čtyřmi detekčními přístroji). Zaregistrované toky byly během letu rakety různé. Předběžná zpracování ukazují, že mezi Zemí a Měsícem jsou oblasti, ve kterých je koncentrace ionisovaných částic menší než 100 částic na 1 cm^3 . V blízkosti Měsíce (ve vzdálenosti řádově 10 000 km) byly zaregistrovány větší toky. To lze vysvětlit buď existencí obalu Měsíce z ionisovaných plynů — jakési měsíční ionosféry — nebo tím, že v okolí Měsíce jsou oblasti s větší koncentrací částic o energii rovné desítkám eV.

Významní vědci a inženýři mnoha zemí se dnes zabývají otázkami, které se před několika lety zdály fantastickými. Dnes již se nezdá nereálným zřídit výzkumné automatické a astronomické laboratoře na Měsíci. Ani stavba stacionární umělé družice Země, sloužící výzkumným účelům, nebo lety na Mars a Venuši nejsou již nemožné. Nejdůležitějším v tomto směru zůstává však řešení otázky návratu z vesmíru na Zemi.

Uplyne ještě několik let nebo několik desítek let, než tyto problémy budou rozřešeny. Je jisté, že sovětská lidé k tomuto řešení přispějí způsobem důstojným sovětské země.

Uvedeme dále článek, který k vypuštění druhé sovětské kosmické rakety otiskla PRAVDA 21. září 1959²⁾.

Vypuštění rakety na Měsíc je velmi složitá vědecká a technická záležitost. Pro let na Měsíc bylo nezbytné postavit dokonalé mnohastupňové rakety se silnými motory, sestavit maximálně přesné přístroje pro řízení rakety za letu, postavit startovací zařízení a vypracovat automatickou měřicí aparaturu pro sledování letu rakety.

Měsíc obíhá Zemi po téměř kruhové dráze. Rovina této dráhy svírá s rovinou zemského rovníku úhel asi 18° . Následkem toho se úhel, který svírá spojnice středu Země a Měsíce s rovinou zemského rovníku mění během oběhu Měsíce od -18° do $+18^\circ$. Doba jednoho oběhu Měsíce kolem Země je asi 27,3 dne. Průměrná vzdálenost Měsíce od Země je 384 386 km, perigeum Měsíce je vzdáleno 356 400 km, apogeum 406 670 km. Rychlost, kterou Měsíc Zemi obíhá, je asi 1 km/sec. Za den a noc proběhne Měsíc po obloze asi 13° . Již tyto údaje ukazují, jaké požadavky se kladou na přesnost vypuštění a řízení rakety, chceme-li, aby dopadla na měsíční povrch.

Trajektorie letu kosmické rakety na Měsíc se skládá ze dvou částí, z aktivního úseku, kdy se let rakety tahem raketových motorů zrychluje, a z pasivního úseku letové dráhy, kdy raketa letí volným letem pod účinky gravitačních polí. U druhé kosmické rakety se počítalo kromě toho s tím, že se kabině s přístroji dodá po jejím odpoutání od posledního stupně rakety jistá nevelká, přesně určená dodatečná rychlost.

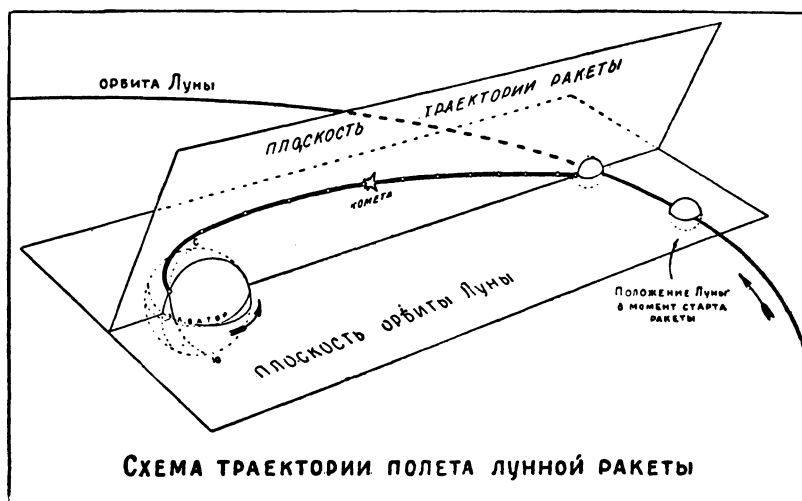
V souhlase se zákony nebeské mechaniky byla největší část trajektorie volného letu rakety k Měsíci a v místech s malou měsíční přitažlivostí skoro rovinná křivka — hyperbola s jedním ohniskem ve středu Země. S rostoucí vzdáleností od Země rychlost rakety klesala, až na 2 km/sec. Přitažlivostí Měsíce pak zase rostla, až do 3,3 km/sec, se kterou přístrojová kabina dopadla na měsíční povrch.

Před vypuštěním rakety byly provedeny teoretické výzkumy a technické propočty, z nichž byly určeny parametry letové trajektorie a okamžik startu tak, aby raketa dosáhla Měsíce za nejpříznivějších podmínek.

²⁾ Otiskujeme ve výtahu. Pozn. překl.

Principiálně lze uskutečnit start rakety na Měsíc kdykoli, to jest za jakékoli konstelace Země a Měsíce. Výpočty však ukazují, že při startu rakety z míst, které leží v zeměpisných šířkách území SSSR, je energeticky výhodné provést start rakety, když je Měsíc blízko bodu své dráhy, v němž je maximálně odkloněn od roviny zemského rovníku, to jest při odklonu asi 18° . V tom případě svírá aktivní úsek letové dráhy se zemským povrchem nejmenší úhel a ztráty způsobené zemskou přitažlivostí jsou nejmenší. To umožňuje vyslat na Měsíc nejvíce užitečného nákladu. Odchylna od tohoto okamžiku startu znamená ztráty v tomto směru. Při odchylce několika dnů však nejsou tyto ztráty příliš velké a v každém siderickém měsíci lze určit časový interval — asi týden — v němž lze uskutečnit start rakety za příznivých podmínek. Při větších odchylkách od optimálního okamžiku startu však váha užitečného nákladu, který lze na Měsíc vyslat, rychle klesá.

Let rakety se určil tak, aby k dopadu rakety na měsíční povrch došlo v době, kdy je Měsíc skoro nejvýše nad obzorem. V tomto případě jsou totiž podmínky



Obr. 2. Schéma letové dráhy druhé sovětské kosmické rakety. Орбита Луны — oběžná dráha Měsíce; Плоскость траектории ракеты — rovina dráhy rakety; Плоскость орбиты Луны — rovina oběžné dráhy Měsíce; Положение Луны в момент старта ракеты — poloha Měsíce v okamžiku startu rakety; комета — umělá kometa.

pro rádiové spojení nejlepší. Výpočty byly také zjištěny nejvýhodnější hodnoty úhlu mezi rovinou trajektorie rakety a rovinou zemského rovníku. Z toho pak byl stanoven pro dané místo startu směr letu rakety v aktivní fázi. Směr aktivní části letové trajektorie rakety a ztráty, způsobené zemskou přitažlivostí jsou pro různé trajektorie různé. Směr dráhy rakety byl z těchto hledisek zvolen optimálně, přičemž se přihlíželo také k dobrému umístění přístrojů.

Jak ukázaly výpočty, musí být Měsíc v okamžiku startu rakety z území SSSR blízko nejnižšího bodu pod obzorem. To znamená, že okamžik startu rakety je od okamžiku, kdy je Měsíc nejvýše nad obzorem, vzdálen přibližně o 12 hodin. Přihlédneme-li k požadavku, aby Měsíc byl v okamžiku dopadu rakety na jeho

povrch nejvýše nad obzorem, je zřejmé, že let na Měsíc musí být o 12, resp. 36 resp. 60 atd. hodin delší.

Trvání letu bylo zvoleno 36 hodin, poněvadž pro trvání 12hodinové by bylo třeba příliš mnoho pohonných látek, pro 60hodinový let zase nesmírně rostou požadavky na přesnost řízení, chceme-li raketu pozorovat v okamžiku dopadu na měsíční povrch.

Volba trvání letu určila rychlost rakety na konci aktivního úseku letové dráhy. Tato rychlost je o málo větší, než je rychlost parabolická. Při propočítání trajektorie se přihlíželo k zemské a měsíční přitažlivosti a také — což se ukázalo nutným — k zploštění Země a k přitažlivosti Slunce.

Raketa byla řízena v aktivním úseku letové dráhy. Další 36hodinový let rakety řízen nebyl, dál se jen pod účinky gravitačních polí.

Aby bylo zabezpečeno, že raketa dopadne na měsíční povrch, musely být výpočtem určené parametry aktivní části letové dráhy naprosto přesně dodrženy. Volný let (pasivní úsek letové dráhy) probíhal bez korektur. Chyba 1 m/sec v rychlosti (0,01%) znamená chybu 250 km, chyba 1' ve směru chybu 200 km, pokud jde o místo dopadu na měsíční povrch. Poloha tohoto místa je také značně závislá na souřadnicích bodu, v němž se vypnou motory rakety, to jest bodu, v němž aktivní úsek letové trajektorie přechází v úsek pasivní. K tomu ještě přistupuje, že jednotlivé chyby se skládají. Z toho je vidět, jak náročné jsou požadavky přesnosti jak pokud jde o konstrukce, tak pokud jde o výpočty. Vzhledem k tomu, že poloměr Měsíce je 1740 km, nesmí být chyba v rychlosti větší než několik metrů za vteřinu a chyba ve směru nesmí převyšovat hodnotu 0,1°. V tomto směru je let na Měsíc se startem z území poblíž zemského rovníku méně náročný. Přesný start rakety je nutný i proto, že rovina dráhy rakety se otáčí spolu se Zemí při její denní rotaci kolem vlastní osy. Deseti-vteřinová změna okamžiku startu znamená úchylku 200 km od předpokládaného místa dopadu na měsíčním povrchu.

Start kosmické rakety v okamžiku předem určeném s přesností na několik vteřin klade velké požadavky na organizaci a přípravu startu i na automatický systém vypouštění rakety. Start druhé sovětské kosmické rakety byl proveden s odchylkou asi jedné vteřiny od výpočtem stanoveného okamžiku.

Velmi důležitá byla otázka vybudování měřicí a výpočtové služby, složitěho to komplexu, který je nezbytný pro operativní určení charakteristik pohybu kosmické rakety. Specifický je požadavek co nejrychlejšího získání údajů o pohybu rakety. Tyto údaje jsou nutné pro výpočet ukazatelů pozorovacím a měřicím službám pro předpovědi pohybu rakety a jejího dopadu na Měsíc. Požadavky na přesnost tu odpovídají přesnosti astronomických výpočtů.

Astronomických metod tu však nelze použít. Optická měření, která jsou základem pozorovací astronomie, jsou totiž nevhodná pro malé rozměry rakety, pro malou přesnost úhlových měření při omezené pozorovací době a konečně pro malou spolehlivost takových měření. Taková měření značně závisí na podmínkách viditelnosti a na stavu zemské atmosféry. Proto se měřicí služba kosmických raket opírá o radiotechnické prostředky.

Aby bylo získáno co nejvíce údajů o pohybu kosmické rakety, měřila se nepřetržitě vzdálenost rakety od Země, radiální rychlost a úhlové souřadnice. Měření byla prováděna na frekvenci 183,6 MHz.

Pozemní telemetrické stanice zachycovaly a registrovaly údaje vědeckých pozorování, prováděných z paluby kosmické rakety, a informace o podmínkách práce měřicí a radiotechnické aparatury (teplota, tlak). Vědecké údaje vysílaly

rádiové vysílací stanice, pracující na frekvencích 183,6 MHz, 39,986 MHz a 19,993 MHz. Všechny radiotechnické prostředky byly umístěny v přístrojové kabině. Rádiová pozorování letu posledního stupně rakety prováděly vysílací stanice, pracující na dvou frekvencích: 19,997 MHz a 20,003 MHz. Tímtež radiokanálem byly vysílány také dodatečné vědecké informace o intenzitě kosmického záření. Měření byla prováděna přístrojem, umístěným v posledním stupni rakety.

Sít pozorovacích stanic byla rozestřena po celém území SSSR. Všechny měřicí stanice byly vzájemně spojeny speciálním systémem, který zabezpečoval rychlé převádění údajů měření do výpočtářského centra.

Aby byla práce měřicích prostředků koordinována časově a aby byly výsledky měření udávány současně, bylo využito služby jednotného času, vybudované pro tento účel.

Údaje měření byly během 20—30 minut ze všech měřicích stanic SSSR předávány automatickými linkami do výpočtářského střediska, kde byly předběžně zpracovávány. To umožnilo propočítávat během letu rakety trajektorie jejího dalšího letu a přesvědčit se, že start byl proveden přesně. Dále bylo možno navádět další měření a pozorování sovětských i zahraničních pozorovacích stanic. Bylo tak zjištěno, že předpokládaný bod dopadu rakety na měsíční povrch je v severní části viditelného kotouče Měsíce³⁾.

Dne 4. října 1959 byla vypuštěna třetí sovětská kosmická raketa. Tato raketa se stala umělou planetou a vzhledem k svému přístrojovému vybavení první meziplanetární stanicí naší sluneční soustavy.

*Volně a zkráceně přeložila
Irena Merglová*

³⁾ Viz také článek *O některých problémech kosmických letů*, v tomto časopise, V (1960), č. 1. Pozn. překl.