

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

Ladislav Zchoval

Význam umělých družic pro některé základní fyzikální otázky

Pokroky matematiky, fyziky a astronomie, Vol. 3 (1958), No. 5, 536--541

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/139971>

Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1958

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>

FYSIKA

VÝZNAM UMĚLÝCH DRUŽIC PRO NĚKTERÉ ZÁKLADNÍ FYSIKÁLNÍ OTÁZKY

LADISLAV ZACHOVAL

Vyslání umělých družic znamená začátek nové epochy ve vývoji některých vědeckých oborů. Pro fyziku mohou přinést umělé družice neobyčejně cenné nové poznatky, které se vztahují k dílčím problémům fyzikálním. Mohou však přinést mnoho cenného i pro odpovědi na některé základní fyzikální otázky, které mají význam nejen pro fyziku samu a pro její aplikace, nýbrž i pro rozvíjení celkového světového názoru, který se pochopitelně o výsledky fyzikálního výzkumu opírá.

Vyslání umělých družic je možno chápat z těchto důvodů jako velký fyzikální pokus. Jeho zhodnocení bude možné teprve tehdy, až budou zpracovány číselné výsledky měření, které byly družicemi získány. Tento článek nechce předbíhat takové zpracování a zhodnocení; jeho úkolem je pouze upozornit na fyzikální otázky, k jejichž řešení mohou umělé družice přispět, a na význam poznatků získaných pomocí umělých družic pro řešení těchto otázek.

Fyzikálními metodami lze studovat děje, které probíhají ve vesmíru, a složení těles ve vesmíru na základě studia záření, které z vesmíru dopadá na Zemi. Je to jednak záření vlnové povahy, jako je viditelné světlo, infračervené a ultrafialové záření, roentgenové záření, elektromagnetické vlny větších délek, jaké odpovídají vlnám používaným např. v radiotelegrafii; dále tzv. kosmické záření, jehož podstatnou částí jsou různé elementární částice, např. částice α nebo elektrony, popř. jiné částice.

Záření se dostávají na povrch Země atmosférou, která je někdy velmi podstatně ovlivňuje. Studium záření, které z vesmíru přichází na Zemi, bude možno řešit otázky takové důležitosti, jako je např. otázka zdrojů energie Slunce a stálic, otázky o povaze procesů, které probíhají na Slunci a mohou jednak mít přímý vliv na Zemi, jednak rozšířit naše vědomosti a znalosti zákonů chování hmoty za mezních podmínek, tj. za velmi vysokých teplot a tlaků, což by velmi podstatně prohloubilo a obohatilo naše vědomosti o hmotě i za normálních podmínek. Dále jsou to otázky zdrojů elektromagnetických vln, které se šíří vesmírem k naší Zemi (tak zvané radiové hvězdy), a konečně otázky týkající se zdrojů kosmického záření. Všechno to jsou problémy, jejichž řešení je nutné k tomu, abychom si mohli vytvořit nejen správný obraz o vesmíru a dějích v něm, nýbrž i úplný obraz o hmotě, o jejích vlastnostech a vztazích k energii. Z těchto důvodů je tedy důležité znát jednak vlastnosti a složení záření, které dopadá na vnější hranici naší atmosféry a není ještě průchodem atmosférou změněno, jednak vlastnosti atmosféry samé.

Umělé družice mohou přispět k poznání vlastnosti atmosféry podstatně lépe než rakety proto, že se zdržují ve vysokých vrstvách atmosféry mnohem

déle než rakety a pozorování se může opakovat v různých časech a v různých místech rychle po sobě.

Prvním takovým úkolem, k jehož řešení mohou přispět umělé družice lépe než jiná zařízení, je studium zákonů, podle nichž jsou v našem ovzduší rozděleny barometrický tlak, teplota a chemické složení ovzduší.

Do výše asi 160 km jdou určité údaje získané raketami, tyto údaje však jsou nedostatečné. O vyšších vrstvách ovzduší údajů téměř není. Horní vrstvy atmosféry nejsou složeny pouze z elektricky neutrálních atomů nebo molekul, nýbrž z části také z iontů. Ionisování atmosféry, tj. štěpení elektricky neutrálních atomů a molekul na elektricky nabitě ionty, má různé příčiny. Buď je to způsobeno ultrafialovým zářením nebo jindy zase zářením korpuskulárním (tj. částicemi α nebo elektrony, popř. jinými elementárními částicemi). Taková vrstva ionisovaných plynů v atmosféře (tak zvaná ionosféra) má podstatný vliv na šíření elektromagnetických vln (např. i radiových vln zemských vysílacích stanic) v atmosféře a je v určité souvislosti i s polárními zářemi. Je proto třeba znát chemické složení i změny ionosféry a její rozložení, které patrně není zcela rovnoměrné. Dále je třeba znát ty vlastnosti iontů v ionosféře, které určují pravděpodobnost srážek elektronů s těmito ionty. Studium všech těchto vlastností ionosféry se provádí jednak přístroji, které jsou přímo na družicích, jednak tím, že se sleduje šíření radiových vln, které vysílá družice k Zemi. S tímto studiem souvisí i studium elektrostatických polí a objemových elektrických nábojů ve vysokých vrstvách zemské atmosféry. I tyto náboje ovlivňují záření, které do ovzduší přichází z vesmíru, zvláště kosmické záření. Ale zároveň je nutno znát rozdělení a velikost elektrostatických nábojů ve vysokých vrstvách atmosféry, aby bylo možno vysvětlit dokonale vznik a vlastnosti polárních září a tak zvaných magnetických bouří a aby bylo možno odpovědět na otázku, zda Země se svým ovzduším se jeví v prostoru jako útvar elektricky neutrální nebo zda nese jako celek nějaký náboj. Tato elektrostatická pole lze sotva studovat jinak než umělými družicemi, protože jsou odstíněna ionosférou.

Je pochopitelné, že odpovědi na všechny tyto otázky nemají význam jen pro studium záření, které atmosférou prochází, jak jsme si my tu otázku položili. Rozřešení těchto problémů má velmi značný význam i pro technické aplikace jako šíření radiových vln, pohyb letadel, raket a družic ve velmi vysokých vrstvách, působení horních vrstev atmosféry na povrch létacích zařízení. A vedle toho mají odpovědi na tyto otázky základní význam pro řešení některých otázek geofyzikálních a astronomických. To všechno se však vymyká programu tohoto článku.

Druhou část úlohy, kterou jsme zde sledovali, je určit povahu různých druhů záření, která přicházejí z vesmíru k vnější hranici atmosféry. Rakety umožnily poznat, že se k povrchu Země šíří ze Slunce také krátkovlnné záření od ultrafialového až po měkké roentgenové záření. Toto záření je atmosférou velmi silně pohlcováno, takže nedopadá na zem. Jeho studium je však naprosto nutné k pochopení procesů, které probíhají na Slunci, a může vést k poznání zdrojů sluneční energie. Kromě toho je toto krátkovlnné záření také jednou z příčin ionisace plynů v ovzduší a ovlivňuje tedy silně fyzikální vlastnosti zemské atmosféry. Rakety nestačí k dlouhodobému sledování tohoto záření, to je možné pouze pomocí umělých družic.

Dosavadní studium ukázalo, že kosmické záření, které přichází k Zemi, obsahuje protony, částice α a ve značně menší míře také jádra jiných prvků.

Pro poznání původu kosmického záření stejně jako pro poznání vzájemného působení atomů v atmosféře s částicemi, které se jako kosmické záření dostávají do atmosféry a mají velké energie, je velmi důležité znát vztah mezi tokem jader lehkých prvků (lithia, berylia, boru) a tokem jader těžších prvků (uhlíku, dusíku, kyslíku, fluoru) a zvláště pak tokem jader těžkých prvků. Tyto vztahy nelze studovat raketami, protože množství jader různých prvků v kosmickém záření (kromě protonů a částic α) je velmi malé. Je třeba delší pozorovací doby k tomu, aby jejich množství mohla být bezpečně zjištěna. Studium složení kosmického záření dopadajícího na vnější hranici ovzduší by dalo také podklad pro výklad dějů v mezihvězdném prostoru. Je totiž možné, že jádra lehkých prvků se dostávají do kosmického záření jako důsledek působení těžších jader na atomy v mezihvězdném prostoru. Další důležitou otázkou, která může být pomocí družic zodpověděna lépe než jinými metodami, je otázka zákonitostí ve změnách (variacích) kosmického záření. Některé z těchto variací jsou působeny změnami ve složení atmosféry, jiné souvisí se sluneční aktivitou a konečně některé souvisí s magnetickými poruchami. Sledování záření přístroji umístěnými na družicích může vnést jasno i do těchto otázek a usnadnit tak výklad původu kosmického záření.

Skupina problémů, o nichž jsme dosud mluvili, se týká tedy jednak našich znalostí vesmíru, jeho složení a dějů v něm, jednak — z hlediska čistě fyzikálního — dějů v atomech, to znamená různých přeměn hmoty a energie a vztahů mezi hmotou a energií. Tyto přeměny a vztahy lze do jisté míry studovat už i v laboratořích; přesto však má velký význam studium takových procesů ve hvězdách, na Slunci, popř. v mezihvězdném prostoru, kde jsou patrně tlaky a teploty, jakých nebude dlouho možno dosáhnout v laboratořích. Význam tohoto studia je dvojitý. Především studiem hmoty za tak mimořádných podmínek, jaké jsou v nebeských tělesech, můžeme získat nové cenné poznatky i pro znalost hmoty za podmínek normálních, jak už jsem se o tom zmínil. Ale kromě toho je velmi důležité vědět, zda k výkladu dějů ve vesmíru stačí naše poznatky získané v laboratořích a zda teorie na nich vybudované stačí k výkladu procesů v nebeských tělesech. Důsledky základních dosavadních teorií fyzikálních, kvantové teorie a teorie relativity i teorie gravitace, jsou při všech nových fyzikálních objevech potvrzovány jako správné a nemáme tedy důvodu o jejich správnosti pochybovat. Protože však tyto teorie se týkají samých základů našich představ o světě, nesmí fyzika opominout žádné možnosti k novému stále přesnějšímu ověřování jak teorie kvantové tak teorie relativity a teorie gravitace.

A to nás přivádí k další skupině problémů, které mohou být řešeny použitím umělých družic.

Umělá družice je poměrně malé těleso, pohybující se velmi rychle v tíhovém poli Země, které je jen málo rušeno vlivem ostatních těles planetární soustavy. Družici lze sledovat jednak vizuálně nebo fotograficky, jednak podle signálů, které radiotelegraficky vysílá. A tato pozorování mohou přinést cenné poznatky.

Dráhy planet kolem Slunce nebo dráhu Měsíce kolem Země lze vypočítat s velkou přesností podle Newtonových zákonů mechaniky. Avšak za určitých okolností, které jsou např. u planety Merkura, lze pozorovat bezpečně odchylky skutečné dráhy od vypočítaných hodnot. Odchylky spočívají v tom, že Merkurova dráha jako celek se otáčí kolem Slunce a zůstává ve své rovině. Tento pohyb lze popsati také tak, že perihelium dráhy planety, tj. bod dráhy nej-

bližší ke Slunci, se pohybuje po kružnici, v jejímž středu je Slunce. U Merkuru je tento pohyb největší ze všech planet a činí asi 42 obloukových sekund za 100 let. U ostatních planet je tento pohyb menší. Pohyb perihelia planetárních drah se nepodařilo vysvětlit z Newtonovy mechaniky; vysvětlení vyplynulo teprve z Einsteinovy teorie gravitace.

Experimentální ověření je velmi obtížné právě proto, že jde o nepatrný pohyb, který lze bezpečně sledovat právě jen u planety Merkur, protože u ostatních planet je tento pohyb překrýván jinými vlivy. Dosavadní pozorování potvrdila Einsteinovu teorii. Přesto však — protože jde o teorii základní důležitosti — je třeba opakovat a zpřesňovat toto potvrzení. A to lze činit pozorováním umělých družic.

Volí-li se totiž počáteční rychlost a ostatní počáteční podmínky pro umělou družici vhodným způsobem, lze docílit toho, že pohyb perigea dráhy umělé družice je mnohokrát větší než pohyb perihelu planety Merkur. A protože umělá družice obíhá Zemi velmi rychle, lze za krátkou dobu pozorovat mnoho oběhů a tím získat materiál, který by u planet odpovídal pozorováním prováděným po desetiletí nebo staletí. Při zpracování výsledků takových pozorování by se výrazně projevil odchylky od výsledků vyplývajících z Einsteinovy teorie.

Na umělých družicích bude možno pozorovat i další důsledek Einsteinovy teorie gravitace, který dosud nemohl být pozorován. K tomu je třeba nejprve říci několik slov o poměru Newtonovy a Einsteinovy teorie gravitace. Newtonova teorie gravitace stačila velmi dokonale k výkladu dějů pozorovaných na Zemi a v Sluneční soustavě. Jejímú výkladu se vymykalo jen málo zjevů; byla to např. na Zemi rovnost hmoty gravitační a setrvačné a v planetární soustavě pohyb perihelu planet, o němž jsme už mluvili. Pokud jde o prvý z uvedených zjevů, je mu rozumět takto: dvě tělesa mají stejné setrvační hmoty, kladou-li stejné veliký odpor změnám rychlosti, kterou se pohybují; dvě tělesa mají stejnou hmotu gravitační (tíhovou), působí-li na ně stejné zemská přitažlivost, tj. mají-li stejné váhy. Věta, že tíhová a setrvačná hmota jsou stejné, je jen jiná formulace obecné zkušenosti, že tíže udílí všem tělesům stejná zrychlení. A tato zkušenost nevyplývá z Newtonovy teorie.

Einsteinova teorie gravitace je obecnější a má se k Newtonové teorii gravitace asi tak jako elektrodynamika k elektrostatice. Za určitých zjednodušujících podmínek, např. pro tělesa pohybující se rychlostí malou ve srovnání s rychlostí světla, souhlasí výsledky Einsteinovy teorie velmi dobře s výsledky teorie Newtonovy. Teorii Einsteinovu nelze tedy chápat jako popření teorie Newtonovy, nýbrž jako teorii, mající širší a obecnější platnost než teorie Newtonova, která je v této obecnější teorii obsažena jako určitý mezní případ.

Z obecnější teorie Einsteinovy vyplývá např. to, že na gravitační pole nějakého tělesa, jako je např. Země, bude mít vliv také na jeho otáčení kolem osy. Tento vliv se pak projeví na tvaru dráhy a rychlosti tělesa obíhajícího takové otáčející se těleso, tedy např. na tvaru dráhy a rychlosti umělé družice. Vliv otáčení centrálního tělesa je ovšem malý, ale přesto bude možno u umělých družic sledovat i tento důsledek Einsteinovy gravitační teorie.

Konečně přichází v úvahu ještě další důsledek Einsteinovy teorie. Einstein ukázal, že z jeho teorie vyplývá vliv gravitace na barvu světla. Světlo je elektromagnetické vlnění, periodický děj, a jeho barva závisí na počtu period čili kmitů za sekundu. Gravitačním polem se spektrální čáry posunují k červenému konci spektra a to tím více, čím více hmot je v blízkosti světelného

zdroje. To znamená, že se barva světla mění ve směru od fialové k modré, od modré k zelené atd., až od oranžové k červené. Ovšem taková změna je neobyčejně malá, lze ji postřehnout jen velmi přesnými spektrálními přístroji a nikdy ne pouhým okem. Experimentálnímu ověřování tohoto důsledku bylo věnováno velmi mnoho práce a péče. Jde o úlohu neobyčejně těžkou, protože posun je velmi malý a kromě toho je částečně překrýván některými jinými zjevy (např. Dopplerovým posuvem). Dosavadní výsledky pozorování světla hvězd a Slunce ukazují, že důsledek Einsteinovy teorie je v souladu se skutečností. Ovšem v tomto případě výsledky měření nejsou tak přesné, aby mohly být bez námitek pokládány za kvantitativní ověření formulí, vyplývajících z Einsteinovy teorie. I když známe zásadně vlivy, které výsledky zkreslují (Dopplerův posuv, vliv tlaku) nemá fyzika zatím dosti spolehlivých údajů, aby tyto vlivy přesně mohla vyčíslit. Proto je významné, že k důkazům tohoto tak zvaného „rudého posuvu ve spektru“ bude možno použít také umělých družic a to tak, že se budou srovnávat signály vysílané radiotelegrafickou vysílačkou na umělé družici se signály, které bude vysílat identická vysílačka na Zemi. Je to zásadně možné proto, že světelné vlnění i radiové vlny jsou elektromagnetické vlny, lišící se pouze vlnovou délkou, a proto, že měření délky radiové vlny lze provádět velmi přesně. Tak jako v ostatních případech (pohyb perihelu, vliv otáčení Země) bude i v tomto případě možno použít pouze umělé družice, která bude vyslána za vhodně volených počátečních podmínek, neboť i při užití umělých družic zůstane pozorování rudého posuvu velmi těžkou experimentální úlohou. Pozorování pohybu perigea drah umělých družic, vliv zemské rotace na jejich dráhy i pozorování posuvu vysílané radiové vlnové délky přinese cenné nové poznatky, avšak ani v těchto případech není důvodu očekávat, že by nové výsledky vyvrátily nebo i jen podstatně pozměnily teorii relativnosti a teorii gravitace. Tyto teorie jsou totiž dokonale potvrzeny celým vývojem moderní fyziky, stejně jako jsou jím potvrzeny výsledky kvantové teorie. Potvrzení těchto teorií nespočívá pouze v tom, že nebyl zjištěn žádný experimentální fakt, který by byl v rozporu s těmito teoriemi. Potvrzení je založené — jak to odpovídá požadavkům dialektického materialismu — na důsledcích pro praxi. Na základech daných principem relativnosti a teorií gravitace na straně jedné a teorií kvantovou na druhé straně jsou totiž založeny přístroje a stroje, které by nebylo možno konstruovat, kdyby tyto teorie nebyly správné. Takovými přístroji a zařízeními jsou např. všechny urychlavače elementárních částic, atomová elektrárna a ostatní zařízení používající atomové energie, bohužel i atomová puma. A kromě nich ovšem i jiné, méně známé.

Může tedy vzniknout otázka, proč se přesnému dalšímu ověřování teorií kvantové a gravitační věnuje taková péče a přikládá se tak velký význam. Ve fyzice nevede kupředu a k novým objevům žádná jiná cesta, než stálé experimentální srovnávání dosavadních představ se skutečností. A teprve když je měření dostatečně přesné, ukáží se možnosti, jak zlepšit, to jest zpřesnit nebo zobecnit dosavadní teorii. Zároveň se takovou ověřovací prací jasně vymezí hranice, v nichž dosavadní teorie je platná. Žádná fyzikální teorie neplatí totiž zcela neomezeně pro libovolně dlouhé časy nebo libovolně veliké rychlosti nebo v libovolném rozpětí ostatních veličin. Tak také byl umožněn přechod od Newtonovy teorie k Einsteinově a od klasických představ o světle ke kvantové teorii. Teprve když nová velmi přesná měření astronomická, spektroskopická, optická, elektrická, ukázala, kde jsou rozpory mezi skuteč-

ností a dosavadními fyzikálními teoriemi, mohla věda pokračovat novými cestami k novým výsledkům.

U teorie kvantové, gravitační, a teorie relativity, je tím spíše potřeba stálého ověřování, že jsou tyto teorie velmi obecné a hluboce ovlivňují celý náš světový názor. Je možné, že při celkovém hodnocení těchto teorií dojde ke změnám v hodnocení a interpretaci dílčích vět a výsledků. Ale nelze pochybovat o tom, že základní výsledky jsou trvalé a schopné plného zobecnění. Podle nich jsou geometrické vlastnosti prostoru i vlastnosti času tak úzce spjaty s rozložením hmot a jejich pohyby, že jsou jimi určeny. Prostor i čas jsou také tak těsně spjaty navzájem, že nelze jejich vlastnosti vyšetřovat odděleně. A dalším důležitým výsledkem je i zjištění, vyplývající rovněž z principu relativnosti: Každé setrvačné hmotě nutno připisovat energii a naopak každé energii nutno připisovat setrvačnou hmotu. To bylo potvrzeno — a nejvýrazněji při dějích v atomech, při nichž se získává energie ze setrvačné hmoty atomových jader. Někdy bývala kvantová teorie uváděna jako důkaz, že princip příčinnosti platí ve fyzice jen s určitým omezením. Takový výklad už ovšem znamenal jistou filosofickou (nikoli fyzikální) interpretaci vztahů, které jsou správné a mají velkou důležitost. Mám na mysli tak zvanou relaci neurčitosti. Celý dosavadní vývoj fyziky ukazuje však naopak jednoznačně na to, že tato filosofická interpretace byla mylná. I v dějích uvnitř atomů při pohybech velmi rychlých příčinnost zůstává zachována. Konečně teorií gravitace byla vymýcena z fyziky představa okamžitého působení do dálky, tj. představa, že hmota může působit do dálky přímo a že není třeba, aby její účinek byl přenášen nějakým prostředím. Tato představa, která své doby vykonala fyzice dobré služby, bránila po čase dalšímu rozvoji vědy; proto byla odstraněna nejprve Faradayem z nauky o elektřině, mnohem později i z nauky o gravitaci Einsteinem.

Je patrné, že ty výsledky moderních fyzikálních teorií, které lze dostatečně obecně formulovat, se týkají přímo základního názoru na svět. Je snad také patrné — i když by si to vyžádalo samostatných dalších pojednání o teoriích kvantové, relativnosti a gravitace — že tyto výsledky jsou v souladu se základními myšlenkami dialektického materialismu. A je pochopitelné, že fyzikové nemohou opominout žádné příležitosti k ověření důsledků teorií, které mají tak velký dosah. Vždyť zdokonalení nebo zobecnění těchto teorií by mělo pro další rozvoj podstatný význam.

Sovětští fyzikové se velmi podstatně zasloužili o rozvoj moderní fyziky, zvláště teorie kvantové a teorie relativity a gravitace, i o správnou interpretaci obecných závěrů plynoucích z těchto teorií. Sovětští fyzikové a technické si získali nyní zcela mimořádné zásluhy o další rozvoj vědy a techniky tím, že uskutečnili vyslání umělých družic, vybavených přístroji, které mohou sloužit získávání nových vědeckých poznatků. Sovětské umělé družice neslouží agresivním účelům. Dokumentuje-li jejich vyslání vysokou úroveň sovětské vědy a techniky i jejich organizace, dokumentuje jejich vybavení a pracovní určení mírové úsilí sovětské vlády a je dokladem toho, že věda slouží v SSSR životu, nikoli válce, ničení a smrti.