

# ASTROBIOLOGIA A KOZMONAUTIKA I.

V tejto prvej prednáške cyklu sa sústredím len na dva kľúčové problémy – problém raketových pohonov, pretože len s pomocou novej generácie raketových pohonov budeme môcť osídliť Slnecnú sústavu, a problém prežitia, resp. dlhodobej existencie človeka mimo Zeme (v otvorenom vesmíre, resp. na iných telesách Slnecnej sústavy). Najprv sa budem venovať „neživej“ technike.

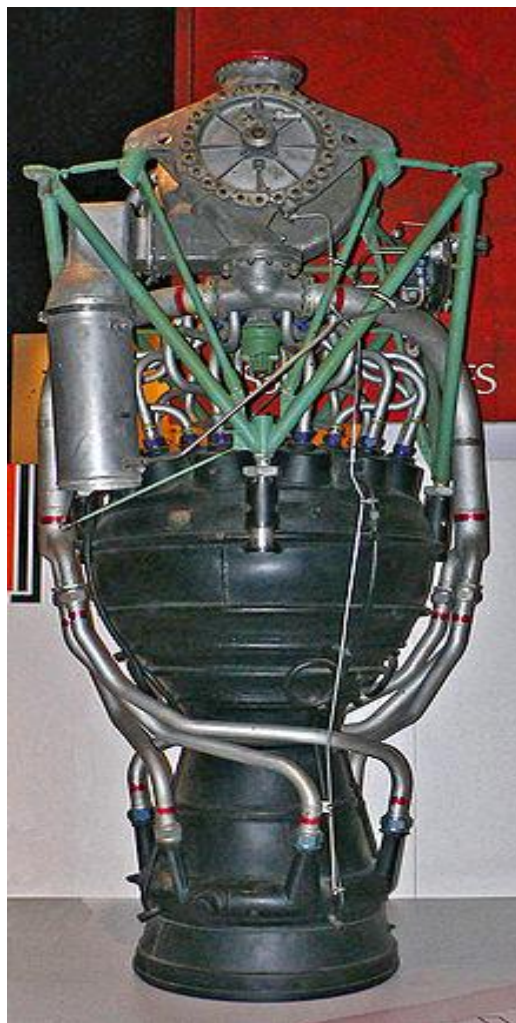
**1. Raketové pohony a kozmonautika v 20. a 21. storočí:** Začnime bežným raketovým motorom, aký sa dodnes používa v raketách s ľudskou posádkou. Podľa Wikipédie: **Raketový motor** je druh reaktívneho motora, ktorého činnosť **nezávisí od prostredia**. Palivo aj oxidačnú látku čerpá zo zásobníka, preto funguje aj vo vákuu (v kozmickom priestore). Pracuje na princípe akcie a reakcie. Spaľovaním paliva vznikajú spaliny, ktoré pri vysokej rýchlosti opúšťajú výtokovú dýzu motora. Ich reakčný účinok pôsobí silou v opačnom smere na motor a tým aj na dopravný prostriedok s motorom spojený. Účinok vytekajúcich spalín sa nazýva **ťah raketového motora** a je úmerný súčinu hmotnosti spalín a ich výtokovej rýchlosti. Na základe skupenstva paliva môžeme raketové motory rozdeliť na motory **s kvapalným palivom**, alebo motory **s tuhým palivom**. Raketový motor má špeciálne postavenie medzi spaľovacími motormi:

- pracovnú látku nečerpá počas činnosti z atmosféry, ale okrem paliva musí mať v zásobe aj dostatočnú zásobu oksyľičovadla;
- užitočným výstupom motora nie je mechanická práca, ale reakčný účinok spalín;
- okrem pomocných systémov (napr. čerpadlá, natáčanie dýz) neobsahuje v hlavnom systéme premeny energie pohyblivé súčasti.

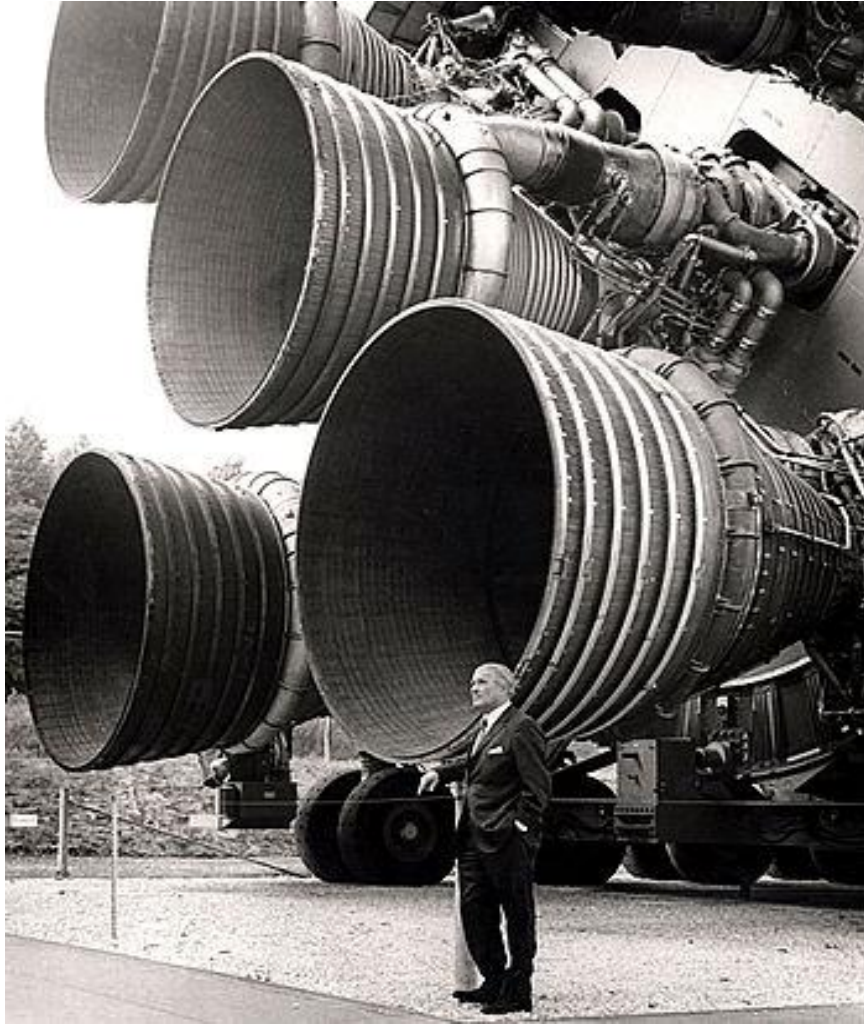
**Raketový motor s kvapalným palivom** je druh raketového motora, ktorý používa na pohon **palivo a oxidačné činidlo v kvapalnom skupenstve**. Tento typ motorov je často využívaný, pretože palivo v kvapalnom skupenstve poskytuje relatívne vyšší špecifický impulz. Používajú sa varianty na **jednozložkové** palivo (napr. hydrazín) a **binárne, klasické palivo** (kerozín, kvapalný vodík) a oxidačné činidlo (LOX). Motory na kvapalné pohonné látky **sú veľmi rozšírené**, využívajú ich okrem iného i hlavné motory raketoplánu Space Shuttle, prvý stupeň rakiet Delta, Atlas, Saturn, Proton, Sojuz, Ariane a veľa ďalších.

**Výhody motorov na kvapalné pohonné látky:** Dosahujú veľmi vysoké pomery ťahu a hmotnosti, sovietsky motor NK-33 dosahuje až 133:1. Hustota použí-

vaných kvapalných pohonných látok je podobná ako hustota vody, t. j. 700 – 1 400 kg/m<sup>3</sup> a pretlak potrebný k prevencii spontánneho odparenia je tiež relatívne nízky, to umožňuje použitie tenkých a ľahkých nádrží. Pre husté látky, ako napríklad kerozín, tvorí hmotnosť nádrže iba 1 % celkovej hmotnosti, u nádrží na kvapalný vodík je okolo 10 % (kvôli jeho nízkej hustote je potrebná solídna izolácia). Vstrekovanie paliva a okysličovacej látky do spaľovacej komory vyžaduje pretlak kvapalín oproti vnútrajšku komory. Potrebný pretlak je vytváraný pomocou turbočerpadla (v minulosti sa využívali aj piestové a membránové čerpadlá), ktoré dosahuje vysoké výkony a jeho hmotnosť je veľmi nízka. Oddelené čerpadlá pre palivo a oxidačné činidlo umožňujú presné riadenie zloženia palivovej zmesi v komore. Systém tiež umožňuje plynulé znižovanie a zvyšovanie výkonu a pri použití vhodného zážihového systému alebo hypergolických kvapalín (vznietia sa pri vzájomnom kontakte) úplné vypnutie a reštart motora.



**Raketový motor**



**Priekopník raketovej techniky Wernher von Braun, v pozadí päť motorov F-1**



**Hlavný motor raketoplánu Space Shuttle**

**Nevýhody motorov na kvapalné pohonné látky:** Kvapalné palivá môžu spôsobiť aj veľa problémov a nehôd:

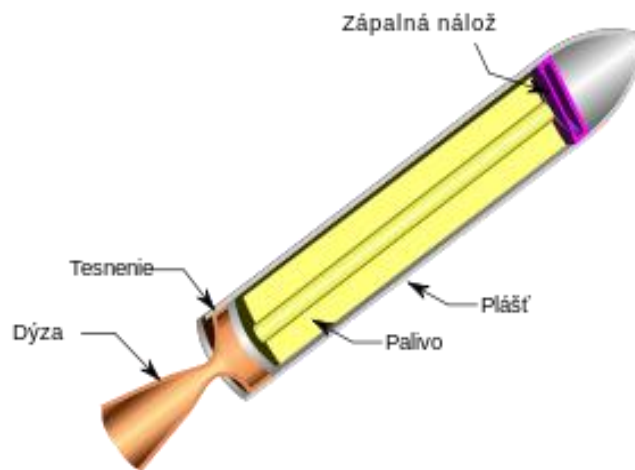
- Veľká hmotnosť a rozmery spôsobujú posun ťažiska vyššie od výstupu plynov (dýzy), čo zhoršuje ovládanie a môže viesť až k strate kontroly.
- Vibrácie a otrasy môžu spôsobiť „špliechanie“ paliva v nádrži, to môže spôsobiť stratu kontroly.
- V stave gravitácie môže kvapalné palivo „stratiť kontakt“ s hrdlom čerpadla. Preto sa využívajú rozbehové motory, ktoré udelia malé zrýchlenie, postačujúce k „naštartovaniu“ (analógia k roztláčaniu automobilu).
- Kvapaliny môžu vytečť a následne sa vznietiť alebo explodovať.
- Turbočerpadlá sú veľmi zložité a náchylné k poruchám, beh naprázdno alebo kovové nečistoty môžu spôsobiť zadrhnutie.
- Vírenie paliva môže spôsobiť odobranie plynu do čerpadla alebo motora
- Hlboko zmrazené palivo spôsobuje namrzanie okolitých plôch, to je veľmi nebezpečné pre tesnenie a ventily – netesnosti paliva.
- Zložitá konštrukcia ich robí náchylné k poruchám.
- Zložitá a dlhá doba prípravy pred štartom ich vylučuje z väčšiny moderných vojenských aplikácií.

**Raketový motor na tuhé pohonné látky:** Raketový motor na tuhé pohonné látky je druh raketového motora, ktorého palivo aj okysličovadlo sa nachádza v tuhom stave (nejde iba o pevné skupenstvo). Ide o najdlhšie známy druh raketového pohonu. Prvé zmienky sú z 13. storočia z Číny a Arábie, kde bývali rakety poháňané strelným prachom používané na tvorbu ohňostrojov a ako zbraň. Tuhé palivá boli jediným druhom raketového pohonu až do začiatku 20. storočia, kedy boli podniknuté prvé pokusy s tekutým palivom. V dnešnej dobe je hlavnou oblasťou využitia rakiet na tuhé palivá vojenstvo, ohňostroje a kozmický priemysel. Pre vesmírne aplikácie sa využívajú hlavne ako urýchľovacie a pomocné motory, ale niektoré rakety využívajú tuhé palivá aj ako hlavné palivo.



**Raketoplán Space Shuttle používa dva pomocné motory na tuhé palivo**

**Základná koncepcia raketového motoru na tuhé palivo:** Základnými súčasťami motora sú **plášť, dýza, palivová náplň a zapalovače**. Plášť slúži ako spaľovacia komora, je vyplnený palivom. Jednoduché rakety majú celý priemer vyplnený palivom a „odhorievajú“ odspodu, moderné a výkonné rakety majú rôznu geometriu výplne s rôzne tvarovaným kanálikom pre dosiahnutie požadovanej plochy horenia a palivo tak horí po celej dĺžke. Palivová náplň je kompozíciou okysličovadla, paliva a rôznych ďalších prímiesí, ktorá sa za bežných teplôt chová ako tuhé teleso. Po zapálení začne horiace palivo produkovať veľké množstvo plynov. Plyny vystupujú zo spaľovacej komory dýzou, ktorej tvar je prispôsobený pre udržanie tlaku v komore. Jednoduchý motor nemožno vypnúť a reštartovať, ani sa nedá regulovať jeho ťah, akonáhle je zapálený, má všetko potrebné k činnosti a horí, kým nedôjde palivo. Pokročilejšie konštrukcie dokážu regulovať ťah počas činnosti pomocou otvorov, ktoré vypúšťajú plyny mimo dýzy, alebo pomocou špeciálneho prispôsobenia geometrie paliva na dosiahnutie rôzneho ťahu v daných fázach letu. Niektoré moderné motory môžu byť zastavené a reštartované. Využíva sa buď systém pre uhasenie reakcie v spaľovacej komore, alebo sú motory zostavené z niekoľkých postupne zapalovaných segmentov (napr. Space Shuttle Solid Rocket Booster). Moderné motory môžu disponovať dodatočnými zariadeniami, ako napríklad systémom smerovania dýzy, navádzacím systémom, sebadeštrukčným systémom, padákom, menšími pomocnými motormi atď.



**Rez raketou na tuhé pohonné látky**

**Výkon a použitie týchto motorov:** Moderný motor s vysoko energetickým palivom dosahuje špecifický impulz ( $I_{sp}$ ) až 2600 N.s/kg (265 sekúnd), v porovnaní s motormi na kyslík a RP-1 s  $I_{sp}$  3500 N.s/kg a kvapalným vodíkom s  $I_{sp}$  4500 N.s/kg, **nie sú tieto motory tak palivovo účinné**, avšak ich cena je oveľa

**nižšia ako cena motorov na kvapalné palivá.** V kozme sa používajú hlavne ako pomocné štartovacie motory (napríklad Space Shuttle Solid Rocket Booster) kedy dokážu vyvinúť ťah v rádoch MN (mega newton). Často sa používajú **pre finálne navedenie družice na obežnú dráhu.** Vďaka možnosti dlhodobého skladovania a možnosti okamžitého odpálenia, **majú široké uplatnenie vo vojenských aplikáciách.** Po konci studenej vojny boli bývalé medzikontinentálne rakety prestavané na kozmické nosiče. Rakety Minuteman a Peacekeeper slúžia ako základ ľahkých nosných rakiet Minotaur.

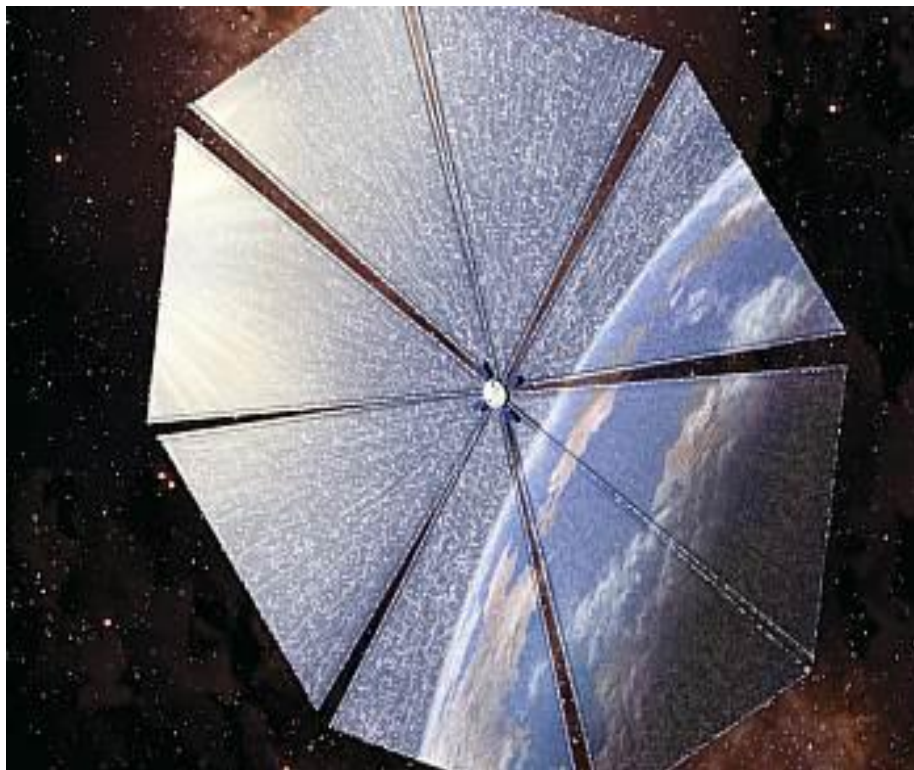


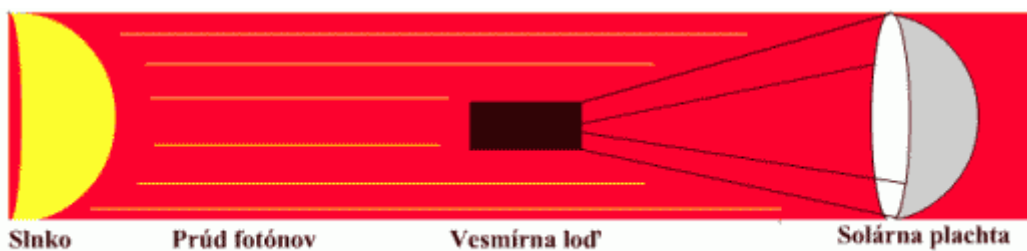
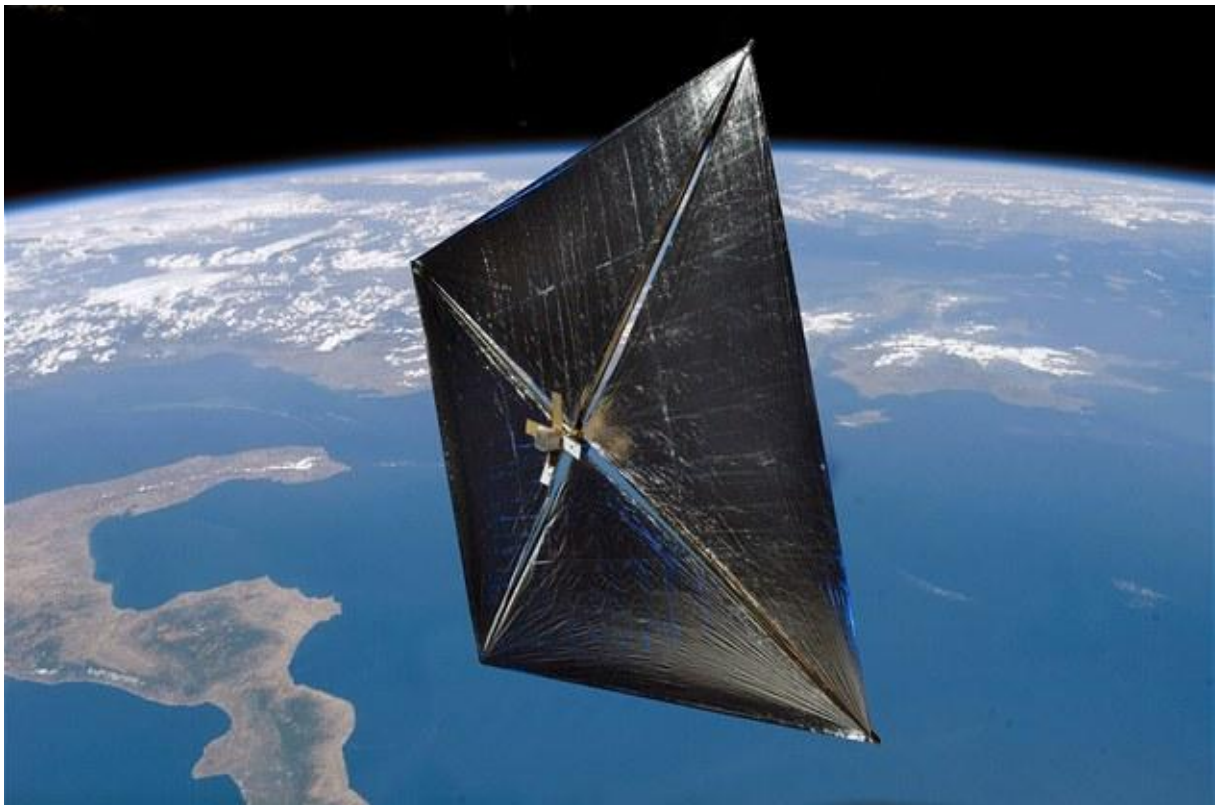
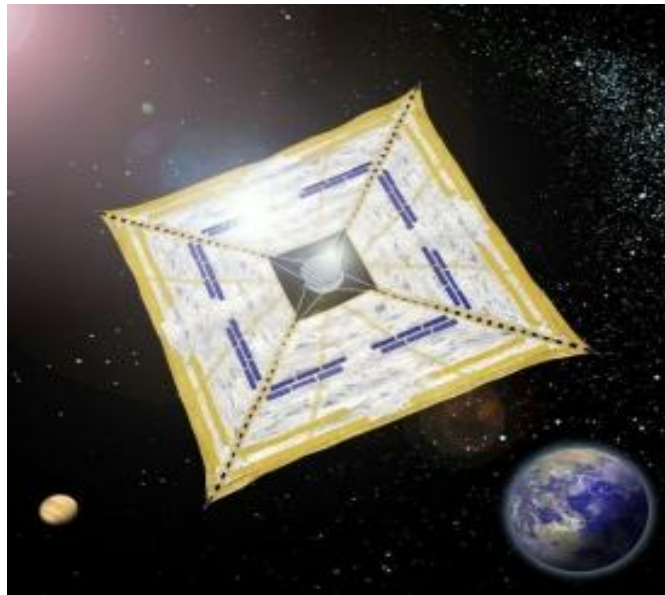
**Motor GEM-60 rakety Delta IV**

**Nové, netradičné pohony vesmírnych „plavidiel“:** Nápadov a projektov je tu naozaj veľa, ale k praktickej realizácii majú mnohé z nich veľmi ďaleko. Keďže cesty k hviezdám sú a zrejme aj dlho ešte budú prakticky nerealizovateľné, budem sa zaoberať najmä pohonmi, ktoré sa už používajú, alebo sa môžu začať používať pri našom pohybe Slnčnou sústavou v blízkej budúcnosti. Najprv informácie zo stránky „[ovesmire.webzdarma.cz](http://ovesmire.webzdarma.cz)“, kde sa okrem iného spomína **gravitačný prak**, resp. princíp gravitačného praku, ako jedna z najpoužívanejších metód, pri ktorej sa dajú „pomocou paliva dosiahnuť rýchlosti potrebné na odoslanie pozemných sond ku vzdialeným planétam, dokonca aj mimo Slnčnej sústavy (Voayger, Galileo...)“. V tomto prípade „umelé teleso (sonda) dosiahne pomocou raketového pohonu únikovú rýchlosť z gravitačného poľa Zeme a navedie sa na stretávací kurz s iným, hmotnejším telesom (Slnko, Venuša, v niektorých prípadoch aj Jupiter a Saturn). Ako sa sonda blíži k danému telesu, je priťahovaná jeho gravitáciou a zvyšuje sa jej rýchlosť. Zväčša pri oblete prvého telesa je navedená k ďalšiemu telesu, kde sa jej rýchlosť opäť zvýši. Takto sonda často krúži medzi telesami vnútorných planét a Slnkom aj niekoľko rokov, kým sa jej rýchlosť nezvýši natoľko, aby mohla **za kratší čas** doletieť (alebo iba dosiahla 2. kozmickú rýchlosť) ku vzdialeným telesám Slnčnej sústavy. Nevýhodou tejto techniky pohonu je včasné plánovanie misií, dokonalá

koordinácia a vzhľadom na dlhodobé zrýchľovanie aj nevhodnosť (pri súčasných technologických poznatoch) pre dlhodobé lety s ľudskou posádkou.“

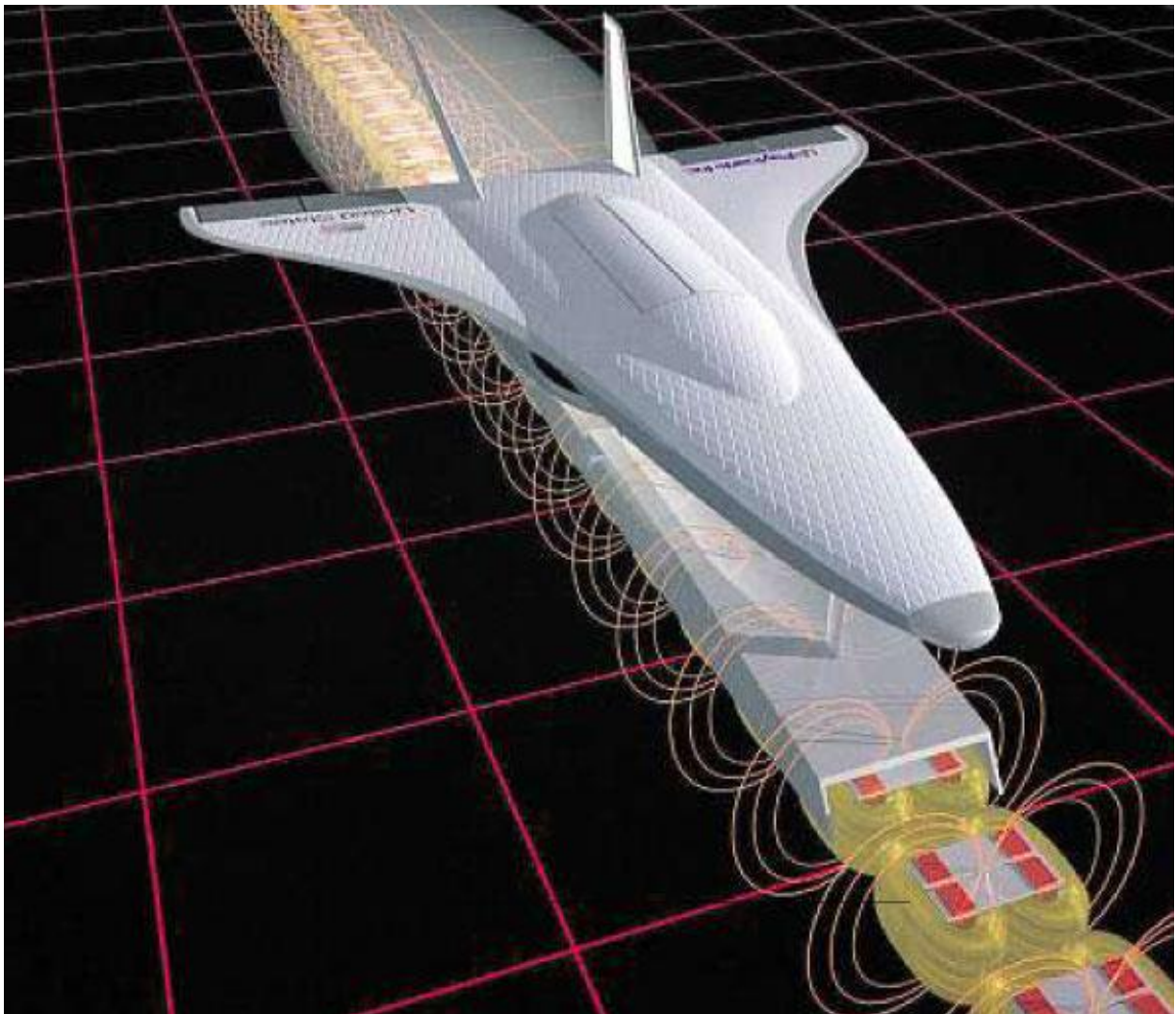
**Vesmírne alebo slnečné plachetnice:** Pri nich sa vlastne nedá hovoriť o pohone v plnom slova zmysle, pretože „raketa“ si so sebou nevezie žiadne palivo (ak ponecháme bokom palivo v pomocných motoroch či motorčekoch), ale je poháňaná svetlom, resp. žiarením zo Slnka, ktoré sa pritom správa ako normálna hmota (vyvíja silu alebo tlak). Ako uvádza spomínaná stránka: „Častice svetelného žiarenia dopadajú na obrovskú reflexnú ‚plachtu‘, ktorej predávajú svoju energiu a poháňajú ju vpred svojím tlakom.“ Uvedený pohon má však viaceré nedostatky: „Odovzdávaná energia zo slnečného žiarenia nie je veľká a teda aj zrýchlenie je veľmi malé.“ Okrem toho: „Aby mala vesmírna plachta dostatočnú účinnosť aspoň na toto malé zrýchlenie, musí byť jej priemer v porovnaní s veľkosťou samotnej sondy alebo lode obrovský, teda jej výroba je príliš nákladná.“ Rovnako je zřejmé, že so vzdialenosťou od Slnka bude efektívnosť tohto pohonu klesať a bude sa vyžadovať čoraz väčšia plocha pre záchytnú plachtu, čo zase bude zvyšovať riziko jej poškodenia drobnými vesmírnymi telesami a pod. Napriek tomuto všetkému je už tento pohon „odskúšaný a plne funkčný. Momentálne sa využíva hlavne pri sondách sledujúcich činnosť nášho Slnka a obiehajúcich na stabilných dráhach medzi Slnkom a Zemou. Solárne plachty sa tu využívajú ako korekcia voči príťažlivosti Slnka a na udržanie stabilnej polohy medzi Slnkom a Zemou“. Určite je teda pred nimi skvelá budúcnosť.





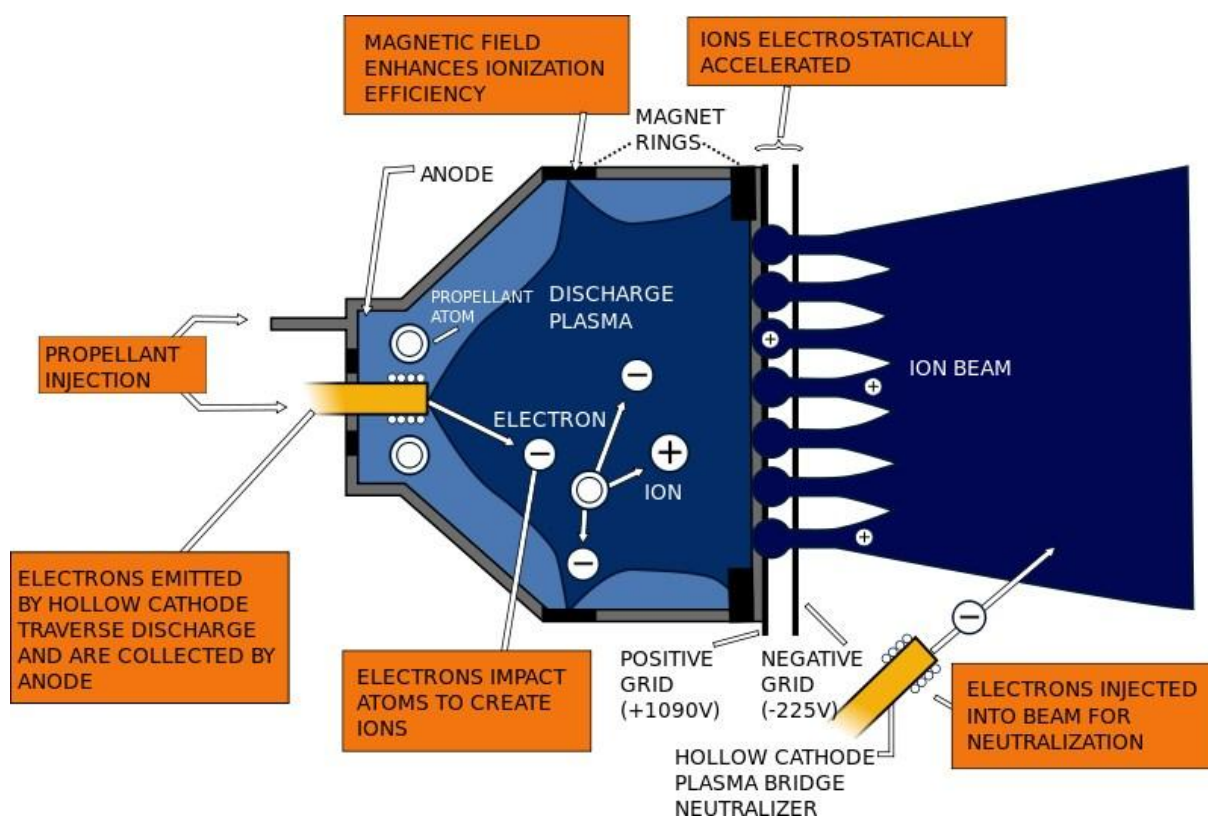


**Magnetické delo:** Ako uvádza vyššie spomínaná stránka: „Táto technológia sa momentálne nepoužíva a existuje iba v teoretickej (ovšem technologicky uskutočniteľnej) rovine. Princíp je podobný ako u magnetických vlakov. Teleso, ktoré chceme urýchliť na určitú rýchlosť je v trubici nadnášané na magnetickom vankúši a postupne urýchľované pohyblivým magnetickým poľom. Táto technológia (rovnako ako **pretlakové delo**) zrejme na Zemi nebude nikdy použitá. Hlavnou príčinou je nutná dĺžka trubice k dosiahnutiu únikovej rýchlosti, ktorá by navyše musela byť pravdepodobne vyplnená aj vákuom, kvôli zníženiu odporu vzduchu.“ Pre nás je ale dôležité hlavne toto: „Je však veľmi pravdepodobné, že táto technológia bude v budúcnosti úspešným a veľmi lacným spôsobom dopravy nákladného materiálu z nízko gravitačných vesmírnych objektov (ťažobné stanice na Mesiaci, asteroidoch...) na Zem, alebo k inému miestu dopravy. Pri tejto technológii sa dá totiž počiatočná rýchlosť vystreleného telesa veľmi ľahko, ale hlavne presne určiť, čím sa zabezpečí jeho vysoká úspešnosť pri zameraní cieľa.“ Pravdaže, jeden-dva obrázky sú lepšie ako všetky „silné“ slová:





**Iontový pohon:** Základné informácie o ňom podáva stránka s nepríliš lákavým názvom „[www.osel.cz](http://www.osel.cz)“: „Jedným z prvých moderných konceptov, ktoré sa dočkali realizácie a praktického využitia, je iontový pohon. Funguje na princípe ionizácie plynov, najčastejšie xenónu alebo argónu, a následnom urýchlení vzniknutých častíc elektrickým poľom. Výhodou sú pomerne veľké rýchlosti výtrysku hmoty (až 100 km/s) a s tým súvisiaci veľký špecifický impulz. Malá spotreba paliva a napájanie elektrickou energiou zo solárnych článkov alebo rádioizotopového generátora. Nevýhodou potom malý ťah, rádovo miliNewtóny, maximálne Newtóny. V reáli teda potrebuje loď vybavená takýmto motorom veľmi dlho zrýchľovať, kým dosiahne požadovanú rýchlosť. Ako primárny pohon sa teda iontový motor hodí skôr pre sondy ako pre pilotované lode.“ Pokiaľ ide o samotné praktické využitie, nedávno prebehla: „... veľmi úspešná misia sondy Dawn k planétkam Vesta a Ceres. Inžinieri už iontovému motoru natoľko veria, že mu zverujú čoraz zložitejšie úlohy. Konkrétne u sondy Dawn išlo o navedenie na obežnú dráhu Vesty, niekoľko zmien výšky, opustenie orbity a smerovanie k ďalšej planétke, kde má sonda opäť zakotviť na obežnej dráhe.“



**Schéma iontového pohonu – atómy plynu sú bombardované emitovanými elektrónmi. Vzniknuté ióny sú priťahované k mriežke, za ňou sú potom neutralizované späť na atómy pomocí ďalšej emisie elektrónov. Zdroj: <http://upload.wikimedia.org>**

Pravdaže, v predstavovaní ďalších vesmírnych plavidiel a ich pohonných jednotiek by som mohol pokračovať ešte veľmi dlho. Pre naše účely však postačí, ak namiesto toho čitateľovi odporučím, aby si sám vyhľadal základné informácie napríklad o pretlakovom dele, laserovom pohone, magnetoplazmovej rakete s premenným špecifickým impulzom, mikrovlnnom motore, jadrovom pulznom pohone, motore na antihmotu či fotónovej rakete, a ďalej sa budem venovať možno oveľa dôležitejšej problematike, a to problematike dlhodobého prežívania či existencie človeka mimo Zeme, t. j. v otvorenom vesmírnom priestore, resp. na ďalších planétach či (ich) satelitoch v rámci našej planetárnej sústavy.

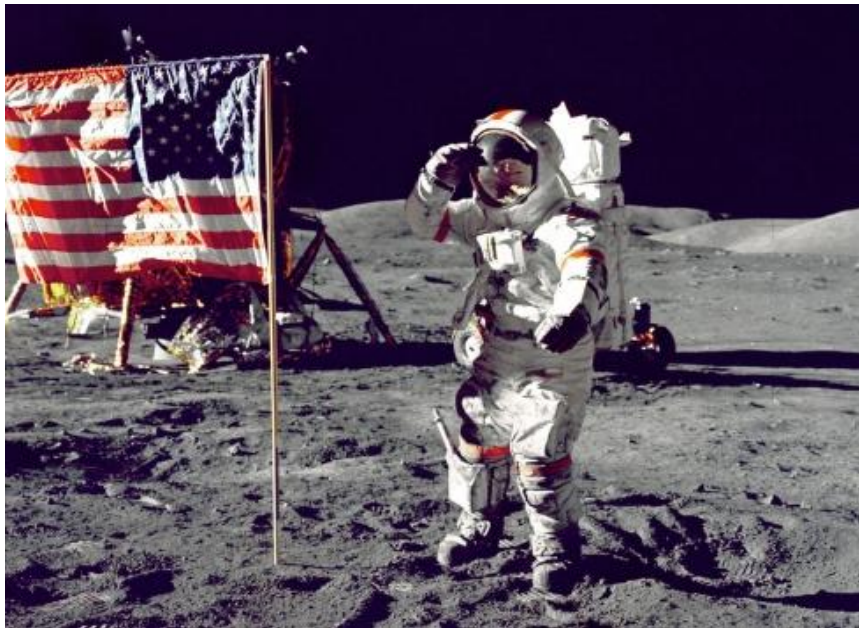
## **2. Môžu ľudské bytosti dlhodobo existovať mimo rodnej planéty?**

V tejto časti budem predkladať najmä informácie, ktoré ponúka Encyklopédia astronómie, ktorú zostavil kolektív astronómov pod vedením A. Hajduka a J. Štohla (1987, s. 311 a n.). Veľmi dôležité i zaujímavé napríklad je, že: „Prítomnosť človeka v kozmickom priestore vyžaduje prispôbenie konštrukcie koz-

mickej lode (hermetizácia, vnútorná atmosféra, teplota, ochrana pred žiarením, priestory na zásoby vody a potravín a na činnosť človeka) i všetkých etáp kozmického letu od štartu (s maximálnym preťažením do 6 G, aj to iba na niekoľko sekúnd), cez zvýšené nároky na stabilitu (vylúčenie dlhodobejšej rýchlej rotácie) až po etapu návratu (ochranný kryt zabezpečujúci znesiteľnú vnútornú teplotu, metóda brzdzenia zabezpečujúca malé preťaženie) s dostatočne mäkkým pristátím.“ Pokiaľ ide účinky kozmického žiarenia: „Zistilo sa, že pri pokojnom Slnku vo výške 200–400 km je celková dávka žiarenia, ktorú pohltí organizmus pri týždennom lete, menšia ako 1/10 R (smrteľná dávka je približne 400–600 R). Ale aj malé opakované dávky sú škodlivé, pretože zapríčiňujú rozpad štruktúry buniek. Veľké nebezpečenstvo pre kozmonautov je až vo výškach asi 5000 km (van Allenove pásy žiarenia), kde je koncentrácia častíc v porovnaní s výškou 500 km až 10 000-násobne väčšia. Rovnako nebezpečné je obdobie počas veľkých slnečných erupcií.“ Veľká pozornosť sa venovala aj výskumu účinkov gravitačného preťaženia na človeka: „Už pri preťažení 5 G, ktoré trvá 10 sekúnd, stráca človek vedomie pre nedokrvenie mozgu. Začiatkové ťažkosti vznikajú už skôr a prejavujú sa dočasnou stratou zraku. Experimentálne sa zistilo, že človek vydrží oveľa väčšie preťaženie, ak je pritlačený chrbtom k sedadlu, teda ak sedí v smere letu. Zistil sa aj optimálny sklon, podľa ktorého sa konštruujú sedadlá v kabínach kozmických lodí. Podobné preťaženie vzniká aj pri návrate kozmickej lode cez atmosféru na Zem. Poloha človeka sa zvolí opäť tak, aby bol pritlačený chrbtom k sedadlu (pri návrate sedí proti smeru letu).“ A obrázky:



**Prvý slovenský, ale určite nie posledný**



Aktuálnejšie a aj oveľa rozsiahlejšie i špecifickejšie informácie nájdeme napríklad v rozsiahlej publikácii G. Horneckovej a CH. Baumstarkovej-Khanovej: *Astrobiology. The Quest for the Conditions of Life* (2002). V spoločnej štúdií R. Bräuckera et al. (tamže, s. 287 a n.) sa napríklad uvádza, že už jednobunecné organizmy sú vo svojom správaní silne determinované zemskou gravitáciou, čo

v ešte väčšej miere platí pre oveľa ťažšie mnohobunčné organizmy. Ako sa okrem iného ukázalo počas experimentov, depresia imunitného systému v podmienkach mikrogravitácie môže mať veľmi vážne následky počas dlhotrvajúcich letov na Mars či do pásma asteroidov. Okrem toho už dávnejšie je známe, ako uvádza vo svojej prednáške napríklad J. Jakuš, že v stave beztláče, čiže v neprítomnosti gravitácie kozmonauti strácajú minerály (**dekalifikácia**), svalovú hmotu (**strata bielkovín**), a vodu (**dehydratácia**). Všeobecne známe je tiež, že počas dlhodobých letov vesmírom je stavom beztláče veľmi ohrozená aj ľudská kostra, pretože z kostí, najmä dolných končatín, sa neustále vylučuje do obličiek a čriev vápnik. Nielenže tak vzniká nebezpečenstvo tvorby obličkových kameňov, ale zväčšuje sa aj riziko, že dôjde ku prasknutiu či zlomeniu kostí. Aj preto sa neustále zdokonaľujú postupy, ako nežiadúcim účinkom beztláčového stavu na ľudský organizmus zabrániť, dozvedáme sa na stránke Trnavskej univerzity. Na tomto mieste by niekto mohol nakoniec namietnuť, že takými a im podobnými problémami určite nebudú trpieť roboti a im podobné bytosti. Možno nie, ale ani oni či ony nebudú uchránení pred nebezpečným pôsobením silného kozmického žiarenia či slnečných búrok na ich obvody alebo informačné zariadenia či siete. Vcelku sa teda zdá, že inteligentné spracovanie informácií sa vo vesmíre vždy bude môcť naplno realizovať len v určitých, veľmi úzko vymedzených podmienkach; tak ako tomu bolo, je a bude aj na Zemi.



**Britskí vedci sú len jedni z mnohých, ktorí sa pokúšajú vyvinúť veľmi tesne priliehajúci oblek, ktorý zabráni deformáciám kostí kozmonautov v beztláčovom stave a nahradí účinky gravitácie na ľudské telo. Tento oblek by však mohol pomôcť aj pacientom, ktorí sú dlhodobo pripútaní na lôžko a počas prvého týždňa na jednotke intenzívnej starostlivosti strácajú až 15 percent svojej svalovej hmoty. Naozaj platí – Zem je vo vesmíre a vesmír na Zemi.**