

Venuše a Mars

Letem Apolla 17 v prosinci 1972 byla zatím ukončena etapa průzkumu Měsíce, kosmický výzkum se však nezastavil. Od roku 2000 pracuje Mezinárodní vesmírná stanice (ISS), která je umístěna na nízké oběžné dráze Země ve výšce kolem 350 km s periodou oběhu 92 minut. Mezinárodní posádky se na ni střídají vždy po 6 měsících a provádějí experimenty využívající specifické prostředí stanice (vliv dlouhodobého pobytu člověka ve vesmíru, vliv kosmického záření a radiace, příprava technologií a postupů nutných pro dlouhodobé pilotované mise a pod). Po ukončení letů amerických raketoplánů létají k ní ruské kosmické lodě Sojuz (dopravní a záchranný prostředek) a zásobovací lodě Progress (doprava materiálu a zásob). Rovněž byly vysílány sondy k planetám sluneční soustavy i za její hranice, ale hlavní pozornost se soustředila na nejbližší planety – na Venuši a Mars.

Planeta Venuše

Planeta Venuše obíhá kolem Slunce na téměř kruhové dráze ve vzdálenosti asi 108 milionů km, jeden oběh trvá 225 pozemských dnů, kolem své osy se otočí jednou za 243 dní,. K Zemi se přibližuje nejbliže ze všech planet sluneční soustavy na vzdálenost 40,4 milionů km každých 584 dní.

Průzkum této planety je možný jen sondami bez lidské posádky zejména pro vysokou teplotu na povrchu (průměrně 464 ° C). Vlivem tepelné setrvačnosti a proudění atmosféry se teplota na denní a noční straně planety výrazně neliší přes to, že její rotace je velmi pomalá. Atmosféra sahá do výšky asi 1 000 km, je složena z 96,5 % z oxidu uhličitého, atmosférický tlak na povrchu planety se pohybuje okolo 8 MPa,. Venuše je svou velikostí a skladbou velmi podobná Zemi, má pevný kamenitý suchý povrch bez kapalné vody, na kterém panují extrémní podmínky způsobené silným skleníkovým efektem (vliv husté vrstvy atmosféry). Povrch Venuše je proto teplejší než na planetě Merkur. Vnitřek planety je pravděpodobně tvořen částečně tekutým železným jádrem, obklopeným roztaveným kamenným pláštěm, kůra planety je silná přibližně 35 km.

Průzkum planety

První automatická sonda k Venuši a současně **vůbec první meziplanetární sonda všech dob** byla **Veněra 1** (1961), se sondou byl ale po sedmi dnech ztracen rádiový kontakt. Úspěšná byla až americká sonda **Mariner 2**, (1962), která po 108 dnech letu proletěla ve vzdálenosti asi 35 tisíc km nad povrchem planety a stala se tak **první lidskou sondou u jiné planety**.

V říjnu 1967 úspěšně vstoupila do atmosféry planety sovětská **Veněra 4** (ta již odeslala značné množství vědeckých dat) a americká sonda **Mariner 5**, která proletěla ve vzdálenosti přibližně 4000 km nad vrcholky mračen. Její vědecké vybavení umožnilo získat další data o složení, tlaku a hustotě atmosféry planety. **Sondy Veněra 5 a Veněra 6** (květen 1970) již měly přistát na povrchu. Po vstupu do atmosféry planety vysílaly asi 50 minut údaje, ale ve výšce přibližně 20 km nad povrchem byly obě sondy vlivem extrémního tlaku zničeny. I sonda **Veněra 7** (prosinec 1970) byla při přistání poškozena, ale byl zachycen 23 minut trvající slabý signál který obsahoval první telemetrii a údaje o teplotě povrchu. **Veněra 8** (červenec 1972) již vysílala data z povrchu po dobu 50 minut a následující sondy **Veněra 9 a Veněra 10** (říjen 1975) zaslaly na Zem **první snímky povrchu Venuše**.

Program Veněra pokračoval i v následujících letech a byl ukončen sondami **Veněra 15 a 16** (červen 1984), které byly navedeny na polární orbitu k radarovému mapování severní třetiny planety. V rámci programu **Vega** doletěly v červnu 1985 k Venuši dvě sondy. Po dobu devíti měsíců prováděly průzkum planety a pak pokračovaly v letu k hlavnímu cíli programu tj k průzkumu Halleyovy komety, která prolétala v té době sluneční soustavou.

Americký průzkum planety pokračoval sondou **Mariner 10**, vyslanou k průzkumu planety Merkur, která pořídila v prosinci 1974 během průletu kolem Venuše ze vzdálenosti 5800 km přes 4000 fotografií planety v mnohem lepší kvalitě, než se do té doby podařilo získat. V roce 1978 poslala NASA k Venuši dvě kosmické lodě **Pioneer Venus - Orbiter** (oběžnice) a **Multiprobe** (multisonda). Ta nesla . jednu velkou a 3 malé atmosférické sondy, všechny čtyři vstoupily v prosinci 1978 do

atmosféry planety a jedna z nich pokračovala v činnosti ještě 45 minut po dosažení povrchu, zatímco Orbiter přešel na eliptickou oběžnou dráhu kolem Venuše a zajišťoval plánované úkoly až do srpna 1992.

Úkolem sondy **Magellan** (květen 1989) bylo provést podrobné zmapování povrchu planety pomocí radaru. Byly pořízeny snímky ve vysokém rozlišení a podařilo prozkoumat přes 98 % povrchu planety. Mise sondy byla ukončena v roce 1994, kdy byla sonda navedena do atmosféry Venuše s cílem získat poznatky o hustotě atmosféry.

Venuše byla následně pozorována ještě sondami **Cassini** (1997) a **Galileo** (2003), během průletů, ale u těchto sond se jednalo jen o vedlejší cíle vědeckých výzkumů na trase sond k dalším tělesům sluneční soustavy.



V dubnu 2006 byla navedena na polární orbitu planety evropská sonda **Venus Express**. Jejím úkolem je studium atmosféry, zkoumání prostředí planetární fyziky plazmatu, povrchové charakteristiky a měření teplot. Mise byla navržena na 500 pozemských dnů.

Planeta Mars

Planeta Mars obíhá kolem Slunce po eliptické dráze ve vzdálenosti 206,6 až 249,2 milionů km, jeden oběh trvá 686 dní.. Jeho rovníkový průměr je asi poloviční proti Zemi, gravitace je asi jen třetina zemské.

Mars je druhá nejmenší planeta soustavy, má pevný horninový povrch pokrytý krátery, vysokými sopkami a dalšími útvary. Jeho sluneční den (sol) je o 39 minut delší než na Zemi. Perioda rotace je 1, 026 dne.. Geologická stavba Marsu je podobná jako Země.

Na povrchu je pevná kůra, pod ní plášť a uprostřed žhavé, zčásti tekuté jádro, které má průměr asi 1300 až 1700 km a je složené převážně ze železa.

Povrchová teplota se pohybuje mezi 186 a 293 K, atmosférický tlak je 0,7 – 0,9 kPa, ovzduší je tvořeno z 95% z oxidu uhličitého. Mars má velmi řídkou atmosféru, která není schopná zadržovat tepelnou výměnu mezi povrchem a okolním prostorem, což má za následek velké teplotní rozdíly během dne a noci.

Vzhledem k nízkému tlaku nemůže na povrchu Marsu existovat voda v tekuté podobě – existuje buď ve formě ledu nebo jako vodní pára vzniklá sublimací při zvýšení teploty. Dle pozorování se zdá téměř jisté, že se na povrchu planety tekoucí voda v minulosti vyskytovala.

Povrch Marsu je velmi různorodý, jižní polokoule s hornatou krajinou je pokryta krátery, zatímco na severní polokouli jsou rozsáhlé rovné pláně zalité lávou. Obecně je povrch Marsu pokryt skalnatými a nebo kamenitými útvary, které jsou místy překryty prachem.

Nejvyšší hora byla nazvána Olympus Mons a její výška je asi 24 km nad okolní planinou. Okolo planety obíhají dvě přirozené družice – Phobos a Deimos. Obě dvě tělesa ukazují Marsu stále stejnou stranu.

Vzdálenost od Země se v průběhu oběžné doby mění v rozmezí mezi 55 milióny až 400 milióny kilometrů v pravidelném cyklu 16 let, kdy nastává nejpříznivější opozice planety pro pozorování a pro vysílání kosmických sond.

Průzkum planety

První úspěšnou misí byla americká **Mariner 4**, která proletěla kolem Marsu v září 1965 ve výšce necelých 10 tisíc km. Následovaly sovětské sondy **Mars 2 a Mars 3** (listopad resp. prosinec 1971), které přistály na jeho povrchu, ale kontakt s nimi byl ztracen několik sekund po dosednutí. První kvalitní fotografie povrchu planety, které umožnily rozpoznat základní morfologické jednotky, pořídila sonda **Mariner 9** (listopad 1971) Ta byla navedena na nižší oběžnou dráhu (ve výšce asi 1500 km) a zmapovala až 80% povrchu planety.

Průzkum planety pokračoval programem **Viking**, Ten se skládal ze dvou orbitálních sond (Viking 1 a Viking 2), každá obsahovala i povrchový modul. Oba povrchové moduly úspěšně přistály na povrchu v červenci resp. v září 1976 a odvysílaly na Zemi také první barevnou fotografii povrchu Marsu. Orbitální sekce pořídily detailní fotografie povrchu ve vynikajícím rozlišení, V roce 1988 byly vyslány k Marsu a k jeho dvěma měsícům dvě sovětské sondy. S prvním z nich, **Fobos 1** (start v červenci 1988), bylo ztraceno spojení již po cestě k Marsu, **Fobos 2** byl v lednu 1989 naveden na oběžnou dráhu, pořídil úspěšně fotografie Marsu i jeho satelitu Phobos, ale před vysláním dvou přistávacích modulů na povrch měsíce se porouchal.

Neúspěšná byla i americká mise Mars **Observer** (srpen 1993), se kterou byl ztracen kontakt tři dny před plánovaným vstupem na oběžnou dráhu. Další sonda **Mars Global Surveyor** dosáhla své oběžné dráhy v září 1997 a úspěšně mapovala povrch planety až do roku 2006, kdy bylo po třetím prodloužení mise se sondou ztraceno spojení. Předpokládá se, že sonda pravděpodobně nedokázala udržovat správné nastavení ke Slunci a její slunečními panely tedy nedodávaly dost energie.

Velký pokrok v průzkumu planety přinesla další sonda **Mars Pathfinder** (červenec 1997, která vysadila na povrchu malé vozítko schopné pohybovat se po okolí povrchového modulu.. Hlavní úkolem mise bylo zjistit složení půdy a kamenů na povrchu planety. Šestikolové vozítko **Sojourner** bylo dlouhé 65 cm, a vážilo 10,6 kg. Pohybovalo se rychlostí 1 cm/s, urazilo téměř 80 m do vzdálenosti 8 m okolo povrchového modulu. Sojourner pracoval 83 dní a poslal 550 snímků a 16 chemických analýz vzorků.

Sonda **Mars Odyssey** byla na orbitu Marsu navedena v říjnu 2001. Jejím hlavním úkolem bylo zjišťování podrobného složení povrchu, zkoumání výskytu vody a průzkum polárních čepiček pomocí spektrometru. Svůj úkol během let 2001 – 2004 splnila, v misi pokračuje na kruhové dráze ve výšce asi 400 km nad povrchem planety.

Evropská sonda **Mars Express**, vypuštěn z kosmodromu Bajkonur v červnu 2003 byla navedena v prosinci 2003 na oběžnou dráhu kolem planety. Její orbitální modul pracoval v nominální misi až do listopadu 2005, přistávací modul Beagle 2 z nezjištěných příčin selhal během přistávacího manévru a v únoru 2004 byl prohlášen za ztracený.

Další velký přínos vědeckých poznatků představovala dvě vozítka NASA v rámci projektu **Mars Exploration Rovers - Spirit (MER-A) a Opportunity (MER-B)**. Hlavním cílem mise bylo hledat důkaz výskytu vody v minulosti planety. Obě sondy přistály v lednu 2004 na opačných stranách planety v místech, o kterých se předpokládalo, že mohla v minulosti být vystavena působení vody.

Vozítka po přistání na povrchu začala zkoumat kameny a půdu v místech dopadu pomocí mechanického ramena, očišťovat vzorky a analyzovat je. Ze získaných informací lze vyvodit, že na Marsu kdysi skutečně v obou oblastech, kde sondy přistály, tekutá voda byla.

Při letu byla sonda MER umístěna pod ochranný kryt nosné rakety Delta 2, jejími hlavními částmi bylo vozítko Rover, plošina pro měkké přistání, padák a kryt, tepelný štít a přeletový meziplanetární stupeň..

Vozítko Rover je mobilní robotická geologická laboratoř, která se pohybuje k vybraným povrchovým útvarům a detailně je zkoumá. Váží 185 kg a je 160 cm dlouhé, je vybaveno šestikolovým podvozkem, každé kolo je poháněno samostatným elektromotorem.. Dvě přední a dvě zadní kola jsou řiditelná pomocí servomotorů, takže se může otočit na místě. Nejvyšší dosažitelná rychlost je 5 cm/s, průměrná jen 1 cm/s, protože autonomní řídicí software po 10sekundové jízdě mapuje 20 sekund okolní terén a volí optimální cestu k cílovému bodu.

Napájení elektronického vybavení vozítka zabezpečuje panel solárních panelů o výkonu až 140 W, doplněný o dvojici Li- ion akumulátorů pro napájení v noci. Řízení vozítka je zajišťováno pomocí operačního systému na počítači, komunikace se Zemí je zajišťována pomocí dvou antén - pevné všesměrové a otočné vysokoziskové. Je možná i komunikaci se sondami obíhajícími planetu, které pak slouží jako retranslační stanice pro spojení se Zemí.

Činnost roveru řídí počítač s procesorem Rad 6000, který je odolný proti radiaci. Počítač zpracovává data z vědeckých přístrojů a samostatně řídí pohyb vozítka.



Předpokládalo se , že vozítka budou pracovat 90 dní, ale fungovala déle (Spirit do března ujel téměř 8 km místo plánovaných 600 m, Opportunity je stále pojízdné, ujelo již přes 34 km a přináší vědecká data).

Začátkem roku 2009 již byly roboty Spirit a Opportunity na Zemi odeslány asi čtvrt milionu snímků a víc než 36 gigabajtů dat. Velkým vědeckým přínosem bylo i pozorování přechodu měsíce Marsu přes sluneční disk, které pomohlo upřesnit elementy drah těchto těles.

Hlavním úkolem plánované dvouleté vědecké mise další americká sondy **Mars Reconnaissance Orbiter**, která byla v březnu 2006 navedena na velmi excentrickou oběžnou dráhu kolem planety je snímkování povrchu s vysokým rozlišením pro zmapování povrchu planety a studium počasí, aby se mohlo vybrat vhodné místo pro přistání další sondy.

Sonda obsahuje telekomunikační zařízení s vyšší přenosovou rychlostí než měly dohromady všechny předchozí. V letech 2009 – 2010 byla využívána jako retranslační družice pro zajišťování spojení s jinými sondami a automatickými laboratořemi pracujícími na povrchu Marsu.

Přistávací modul nepohyblivé americké sondy **Phoenix** (květen 2008), která přistála poblíž severní polární čepičky. byl vybaven robotickou rukou, která byla schopna odebrat vzorky až do vzdálenosti 2,5 metru a dostat se až metr pod marsovský povrch. Sonda objevila v místě přistání vodní led nehluboko pod povrchem.

Neúspěšná byla rusko-čínská mise **Fobos - Grunt** (listopad 2011), která měla dopravit na Zem vzorky z měsíce Phobos. Po oddělení druhého stupně však nedošlo ke spuštění motoru, který měl sondu navést na dráhu k Marsu, sonda zůstala na oběžné dráze Země a nakonec zanikla v zemské atmosféře.

Mars Science Laboratory (MSL)

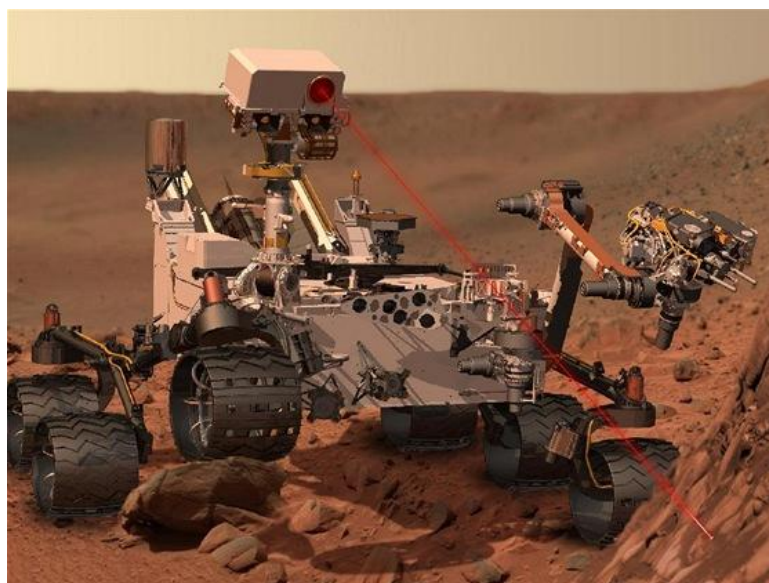
Dne 26. listopadu 2011 proběhl start nosné rakety Atlas V 541 se sondou **Mars Science Laboratory**. Za osm měsíců urazila vzdálenost 567 milionů km a úspěšně s robotickým vozítkem **Curiosity** přistála na Marsu 6. srpna 201. v 7:17 (± 2 minuty našeho času), na Zemi bylo přistání potvrzeno v 7:31 našeho času, cesta signálu z Marsu trvala 14 minut. Jedná se o dosud největší a nejsložitější těleso, úspěšně dopravené na jinou planetu.

Hlavním cílem této pojízdné vědecké laboratoře, je zjistit, zda v minulosti existovaly (případně zda dosud přetrvávají) na Marsu podmínky pro mikrobiální život, dále pak analýza atmosféry, výzkum geologie a průzkum podmínek pro případný budoucí let na Mars s lidskou posádkou.

Očekávaná životnost laboratoře Curiosity je jeden marsovský rok (685 pozemských dní) a to umožní prozkoumat území o větší rozloze, než byly možnosti předchozích vozítek.

Šestikolové robotické vozidlo **MSL Curiosity** je dlouhé 2,7 m, jeho hmotnost je 900 kg, (z toho 80 kg váží vědecké přístroje). Každé kolo má vlastní pohon, který umožňuje vozidlu otočit se na místě o 360 stupňů nebo překonávat překážky o výšce až 65 centimetrů. Denně může ujet až 200 m, maximální rychlost v terénu je 90 m/hod. průměrná bude kolem 30 m/hod.

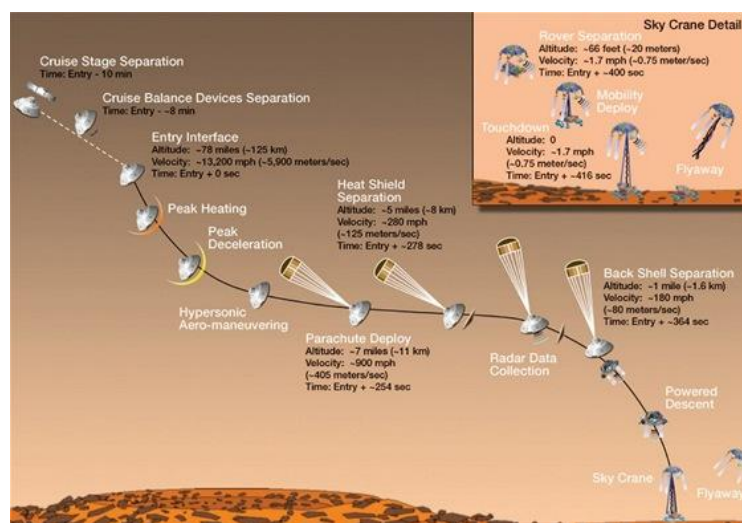
MSL Curiosity je poháněno radioizotopovým termoelektrickým generátorem, který poskytuje spolehlivý, stálý výkon (zpočátku 2000 W tepelného výkonu a 120 W elektrické energie). Jeho odpadní teplo se použije k udržování provozní teploty systémů a přístrojů, tím se ušetří elektrická energie potřebná pro pohon vozidla a napájení přístrojů. Měl by fungovat aspoň 14 let. Dva identické počítače na palubě (*Rover Electronics Module* - REM), obsahují paměti schopné vydržet extrémní prostředí a záření. Inerciální měřicí jednotka (IMU) poskytuje tříosé informace o své poloze, které jsou nezbytné při navigaci vozidla. Počítače roveru neustále sledují své vlastní systémy k udržení provozu (například regulací teploty). Aktivita jako fotografování, řízení a provoz nástrojů jsou prováděny sekvencemi příkazů, které jsou odesílány ze Země. V případě problémů s hlavním počítačem má vozidlo identický záložní počítač, který může převzít kontrolu a pokračovat v misi.



V plnění mise je pojízdna robotické laboratoři vybavena nejmodernější technikou, je v ní zabudováno deset vědeckých přístrojů, dvoumetrové robotické rameno umožňuje vrtat do kamenů otvory a odebírat vzorky půdy a následně provádět jejich vědeckou analýzu pomocí plynového chromatografu nebo spektrometru.

Kamery s vysokým rozlišením mohou pořizovat barevné HD záběry okolí a fotografie schopné zachytit i velmi malé detaily. Laserem lze zkoumat předměty do vzdálenosti 9 m i tavit horniny, malá meteorologická stanice může měřit radioaktivní záření nebo sledovat počasí.

Obtížným úkolem bylo vyřešit přistání velké sondy na Marsu, protože jeho atmosféra je příliš hustá na použití brzdících raket, ale příliš řídká na použití padáků. Velmi složitý sedmiminutový přistávací manévr začal tím, že MSL Curiosity vstoupil do atmosféry Marsu v ochranném modulu ve výšce 125 kilometrů rychlostí přes 21 000 km/h. Pro sestup SL byla v přesném pořadí použita kombinace několika systémů.



Jednotlivé fáze přistání vozítka Curiosity.

- navigovaný vstup do atmosféry a přiblížení pomocí systému pro „přiblížení, průlet a přistání“ (EDL), který nasměřoval sondu ke zvolenému cílovému bodu s přesností do 10 km, přitom ke korekci dráhy se využíval vztakový efekt při průletu atmosférou. Při průletu meziplanetárním prostorem i následném sestupu atmosférou Marsu byl Curiosity chráněna tepelným štítem.

- po řízeném vstupu do atmosféry následovala fáze sestupu padákem, který se asi 11 km nad povrchem při rychlosti 400 m/s otevřel. Ve výšce 8 km byl odhozen tepelný štít, padák zpomalil sondu až na rychlost 80 m/s. a ve výšce 1,6 km nad povrchem se z ochranného krytu oddělil přistávací modul s vozidlem a byl odhozen i padák i s horním krytem sondy.
- další brzdění zajišťovaly hydrazinové trysky na koncích ramen jeřábu, na který byl Rover zatím pevně připojen. Sestup se tak zpomalilo až na 0,75 m/s.
- vlastní měkké přistání : ve výšce 20 m nad povrchem bylo vozidlo spuštěno z jeřábu na lanách dlouhých 7,5 m a pomalu se snášelo, až se koly dotklo povrchu Marsu 416 sekund po vstupu do atmosféry. Přistávací území má tvar elipsy o rozměrech 20 x 7 kilometrů a nachází se na planině Aeolis Palus v kráteru Gale.



Následovala samokontrola, při které se přístroje ujistily, že vozidlo spočívá na pevné zemi a pak byly náložemi odpáleno spojení s jeřábem, který odletěl stranou. Pojízdňá laboratoř se byla tak připravena na průzkum Marsu a již minutu po přistání pořídila první fotografie povrchu a bylo navázáno spojení s řídicím centrem.

Podle současných zpráv pracuje zatím laboratoř Curiosity podle plánu.

Co bude dál ?

Již v roce 2004 vyhlásil americký prezident G.W. Bush dlouhodobý plán **Vision for Space Exploration**, dle kterého se USA připravují vyslat na povrch Marsu pilotovanou loď a na jeho povrch vysadit člověka. Podobné plány má i Evropská vesmírná agentura a Rusko. Předpokládá se, že k první misi by se mohla uskutečnit mezi roky 2025 až 2030.

Je to reálné ?

Od prvního přistání sondy na Měsíci (Luna 2, 1959) k letu Apolla 11 (1969) a výstupu N. Armstronga na povrch Měsíce uplynulo jen 10 let. Měsíc je ale vzdálen od Země jen asi 380 tis. km a jedná se o lety dlouhé několik dní.

Při letu k Marsu je ale nutno překonat vzdálenost stovek milionů kilometrů a let tam i zpět bude trvat déle než rok. Lze vůbec připravit lidskou posádku na takový let ? Zatím nejdelší pobyt v kosmu představují půlroční pobyty posádek ISS, kde existuje možnost určité pomoci ze Země v případě potřeby. Problémů k řešení je mnoho a nejedná se tedy jen o problémy technické.

Od prvního signálu o průletu nad jinou planetou v roce 1962 (Mariner2 – Venuše) přes první snímky v roce 1975 (Veněra 9 a 10 – Venuše) jsme se dostali k robotům – průzkumníkům. Sojourner sondy Pathfinder (1997) vážil 10,6 kg a ujel 80 m, robotická laboratoř Opportunity sondy MER 2 (2004) vážila již 185 kg, ujela 34 km a pracuje dodnes. Poslední průzkumník – laboratoř Curiosity (2012) váží 900 kg a je schopna dodávat dlouhou dobu řadu údajů. Cesta od Sojournera ke Curiosity trvala tedy 15 let, bude stačit dalších 15 let na přípravu letu s lidskou posádkou ?

Vypracoval: ing. Jiří Valenta