

Univerzita Karlova v Praze

Filozofická fakulta
Ústav světových dějin

Diplomová práce
Bc. Marek Švancara
Apollo – člověk na Měsíci
Apollo – the man on the Moon

Poděkování:

„Děkuji za cenné rady, připomínky i za vyčerpávající korektury v textu této práce vedoucímu mé diplomové práce PhDr. Stanislavu Tumisovi, M.A., Ph.D. Rovněž tak děkuji nejen za trpělivost, ale i pomoc s překladem své ženě Mgr. Evě Švancarové.“

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů, literatury a dalších odborných zdrojů.“

V Praze dne

.....

Anotace

Studie analyzuje okolnosti a důvody, které byly příčinou vzniku ambiciózního plánu, jenž umožnil Spojeným státům dopravit člověka na Měsíc a zase jej bezpečně navrátit zpět na Zemi. Tato práce rovněž klade důraz na jednotlivé pilotované expedice, a to i očima přímých účastníků. Součástí studie je kapitola věnovaná výcviku a přípravě astronautů. Práce připomíná i málo známou skutečnost, že mezi lidmi, kteří stanuli na Měsíci, byl také astronaut s československými kořeny Eugene A. Cernan. V samotném závěru studie je i kapitola věnovaná technice, díky níž se program Apollo zařadil mezi největší události 20. století.

Klíčová slova: Armstrong, lety na Měsíc, astronaut, kosmická loď, Cernan, Apollo 11, Saturn 5, NASA

Annotation

The aim of this study is to outline circumstances and reasons which caused a birth of an ambitious plan which enabled the USA to land a man on the Moon and return him safely to the Earth. The impact of this thesis is to chart individual pilot expeditions also from the eyes of real participants. One part of this study is a chapter dealing with astronauts' preparation and training. The thesis also reminds the fact that among people who landed on the Moon was also the astronaut of the Czech origin, Eugene A. Cernan. In the end the study deal with technology that helped to include program Apollo among the greatest events of the 20th century.

Key words: Armstrong, moon flights, astronaut, spacecraft, Cernan, Apollo 11, Saturn V, NASA

Obsah

Seznam zkratk	
Úvod.....	9
1. Vznik a vývoj lunárního programu Apollo	11
1.1 Úvahy a plány	11
1.2 Věc národní hrdosti.....	17
1.3 Letové zkoušky ve stínu tragédie.....	22
1.4 Apollo 1	24
1.5 Apollo 4	27
1.6 Apollo 5	27
1.7 Apollo 6	28
2. Pilotované lety	30
2.1 Apollo 7	30
2.2 Apollo 8	32
2.3 Apollo 9	35
2.4 Apollo 10	38
3. Měsíční expedice	40
3.1 Apollo 11	40
3.2 Apollo 12	43
3.3 Apollo 13	45
3.4 Apollo 14	49
3.5 Apollo 15	52
3.6 Apollo 16	56
3.7 Apollo 17	62
4. Navazující programy nebo-li „Apollo Applications“	67
4.1 Projekt Skylab.....	67
4.2 Projekt Apollo-Sojuz	70
5. Astronaut v programu Apollo.....	73
5.1 Problémy astronautů	73
5.2 Astronaut s českými kořeny na Měsíci	75
6. Technické parametry	78
6.1 Nosná raketa Saturn V	78
6.1.1 Konstrukce	78
6.1.2 Předstartovní příprava rakety Saturn V	79
6.1.3 Startovní procedura rakety Saturn 5	80
6.2 Kosmická loď Apollo	82
6.2.1 Velitelská sekce	82
6.2.2 Servisní sekce	84
6.3 Měsíční modul	85
6.4 Rover.....	87
Závěr	90
Seznam použité literatury:	92

Seznam zkratek

ABMA	Armádní agentura pro balistické rakety (<i>Army Ballistic Missile Agency</i>)
Ah	ampérhodina
ALSEP	měsíční vědecká laboratoř (<i>Apollo Lunar Surface Experiment Package</i>)
AMU	autonomní manévrovací jednotka (<i>Astronaut Maneuvering Unit</i>)
AS	startovací stupeň (<i>Ascent Stage</i>)
ASTP	Projekt Apollo-Sojuz (<i>Apollo-Sojuz Test Project</i>)
ATM	soubor dalekohledů na družicové stanici Skylab (<i>Apollo Telescope Mount</i>)
CDU	systém v palubním počítači (<i>Coupling Data Unit</i>)
CM	velitelský modul (<i>Command Module</i>)
CM-RCS	reaktivní stabilizační systém (<i>Command Module – Reaction Control System</i>)
DM	přechodový adaptér (<i>Docking Module</i>)
DS	přistávací stupeň (<i>Descent Stage</i>)
GET	doba od startu (<i>Ground Elapsed Time</i>)
JPL	Laboratoř tryskového pohonu (<i>Jet Propulsion Laboratory</i>)
kN	kilonewton
LCC	středisko řídicí start (<i>Launch Control Center</i>)
LEM	Lunární exkurzní modul (<i>Lunar Excursion Module</i>)
LLTV	létající lunární trenažér (<i>Lunar Landing Training Vehicle</i>)
LM	Lunární modul (<i>Lunar Module</i>)
LRL	Lunární návratová laboratoř (<i>Lunar Receiving Laboratory</i>)
LRV	Lunární vozidlo (<i>Lunar Roving Vehicle</i>)
LES	záchranný systém (<i>Launch Escape System</i>)
MCC	drobná korekce dráhy (<i>Midcourse Correction</i>)
MSC	Centrum pro kosmické lety člověka (<i>Manned Spacecraft Center</i>)
MSFC	Centrum kosmických letů George C. Marshalla (<i>Marshall Space Flight Center</i>)
NACA	Národní poradní výbor pro letectví (<i>National Advisory Committee for Aeronautics</i>)
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmický prostor (<i>National Aeronautics and Space Administration</i>)
OMU	optický zaměřovací systém (<i>Optical Measuring Unit</i>)
OWS	družicová laboratoř (<i>Orbital Workshop</i>)
PLSS	přenosný systém zajišťující životní podmínky (<i>Portable Life Support System</i>)
SIM	vědecký přístrojový modul (<i>Scientific Instrument Module</i>)

SM	servisní modul (<i>Service Module</i>)
SPS	hlavní korekční motor kosmické lodi Apollo (<i>Service Propulsion System</i>)
STG	Pracovní skupina pro vesmír (<i>Space Task Group</i>)
TLI	translunární manévr (<i>Trans Lunar Injection</i>)
USS	válečná loď Spojených států (<i>United States Ship</i>)
VAB	montážní budova raket Saturn 5 (<i>Vertical Assembly Building</i>)
VKV	velmi krátké vlny

Úvod

Uběhla již čtyři desetiletí, kdy se v rozmezí tří let dvanáct amerických astronautů procházelo po měsíčním povrchu. Těchto dvanáct mužů se stalo hlavními aktéry jednoho z největších dobrodružství poznávání ve 20. století. Byl to právě program Apollo, který umožnil posunout hranice lidských schopností o notný kus dál. Tento epochální vědeckotechnický úspěch prokázal, že člověk umí létat i na jiná nebeská tělesa. Projekt rovněž představoval významné vítězství nad Sovětským svazem v oficiálně nevyhlášeném závodě o Měsíc a napravil pošramocenou pověst Spojených států z úvodních nezdarů při dobývání kosmického prostoru. Nesmíme však zapomenout, že na projekt Apollo byly vynaloženy nemalé prostředky a rovněž tak nelze opomenout nezměrné úsilí přibližně 400.000 lidí, kteří se v menší či větší míře přímo podíleli na jeho realizaci.

Záměrem diplomové práce nazvané Apollo – člověk na Měsíci, je zmapovat úsilí Spojených států, jejichž cílem bylo přistání člověka na Měsíci a jeho bezpečný návrat zpět na Zemi. Vzhledem k omezenému rozsahu této práce kladu důraz pouze na tři základní otázky, jejichž zodpovězení pomůže pochopit důvody Spojených států, proč se rozhodly uskutečnit tento velice nákladný program, který dosud neměl obdoby, dále způsob, jakým se jim to podařilo, ale uvědomit si i vlastní vědecký význam měsíčních expedic. Pro zodpovězení výše uvedených otázek byla zvolena metoda „Desk research“, jejímž cílem je analýza již existujících dat umožňující získání základních znalostí o zkoumané problematice.

V rámci přehlednosti je práce rozdělena do šesti hlavních částí s největším důrazem kladeným na první dvě. Počáteční kapitola začíná obdobím prvních vážných úvah v druhé polovině padesátých let 20. století, jež si kladly za cíl dopravit člověka na Měsíc a je chronologicky dovedena přes zlomový okamžik oficiálního vyhlášení lunárního programu prezidentem Kennedym až do roku 1967, kdy vyvrcholily americké přípravy v podobě nepilotovaných testů mohutných nosných raket a nové kosmické lodi Apollo. Navazující kapitola dává příležitost znovu oživit všechny podstatné okamžiky historie, od startu první pilotované kosmické lodi Apollo 7 přes klíčový Armstrongův úspěch v rámci mise Apollo 11 až po závěrečnou lunární expedici Apollo 17. Kapitola také stručně zmiňuje projekty Skylab a ASTP, jež z velké části využívaly technologii vyvinutou pro lunární program Apollo. Třetí kapitola věnovaná přípravě astronautů obsahuje rovněž stručný životopis posledního muže na Měsíci, Eugene A. Cernana, jehož význam podtrhuje skutečnost, že má československé kořeny. Závěrečná část této studie věnuje prostor technickým prostředkům nezbytným pro zdárné naplnění cílů programu Apollo. Zařazení této kapitoly vyvolala snaha autora zajistit

čtenáři přehledný obrázek o možnostech techniky na přelomu šedesátých a sedmdesátých let 20. století.

Na téma lunárního programu Apollo byla především ve Spojených státech vydána celá řada prací různé kvality i zaměření. Připomeňme alespoň odbornou monografii bývalého (v letech 1965-68) prvního náměstka ředitele Národního úřadu pro letectví a kosmický prostor Roberta C. Seamansa, *Project Apollo, The Tough Decisions*, jež byla vydána ve Washingtonu v roce 2005, či zdařilé memoáry *The Last Man on the Moon: Astronaut Eugene Cernan and America's Race in Space*, sepsané samotným Cernanem ve spolupráci Dona Davise, které vyšly v New Yorku v roce 2000. Největší skupinu pramenů pak tvoří materiály, jež zpřístupnil na svých webových stránkách americký Národní úřad pro letectví a kosmický prostor. V této souvislosti je třeba zdůraznit, že otevřenost při uvolňování informací byla hlavním krédem tohoto úřadu již v době samotných letů na Měsíc. Jedná se především o odborné technické manuály, závěrečné zprávy z kosmických letů či nehod, ale i různé přehledy. Pro studium počátečního období programu Apollo je nejvhodnější dílo *NASA Historical Data Book, Programs and Projects 1958-1968*, díl II., vydané v rámci historické série NASA SP-4012 ve Washingtonu v roce 1988, jež napsal L. N. Ezell.

V českém potažmo československém prostředí se americkému lunárnímu programu v řadě svých knih a článků věnoval novinář a publicista Ing. Karel Pacner (narozen 1936), který byl dokonce jakožto dopisovatel Mladé fronty přítomen startu rakety Saturn 5 s Apollem 11 na mysu Canaveral. Hlavním zdrojem informací se však stal dlouholetý pracovník akademie věd Mgr. Antonín Víték, CSc. (narozen 1940), jenž ve spolupráci s neoficiálním spolkem zájemců o kosmonautiku SPACE ještě v období před nástupem normalizace po obsazení Československa armádami států Varšavské smlouvy zpřístupnil domácím čtenářům v časopise *Letectví a kosmonautika* řadu odborných prací k danému tématu. Skutečný rozmach ale nastal teprve v období po tzv. sametové revoluci v roce 1989, kdy se Antonín Víték společně s Josefem Krupičkou k danému tématu opakovaně vrátil formou řady studií v časopise *Letectví a kosmonautika*. O patnáct let později lze tyto články nalézt v ucelené formě ve Vítkově knize *Stopy na Měsíci*, vydané v roce 2009 v Praze. V porevolučním období se také do rukou českého čtenáře dostala série memoárů, jejichž autory byli astronauti Alan Shepard, Deke Slayton, Jim Lovell a Eugene Cernan, a jež nám mimo jiné napomohly nahlédnout do pozadí programu Apollo očima jeho přímých účastníků.

1. Vznik a vývoj lunárního programu Apollo

1.1 Úvahy a plány

Většina historiků kosmonautiky spojuje začátek projektu Apollo s proslulou výzvou 35. prezidenta Spojených států Johna Fitzgeralda Kennedyho (1917-1963) oběma komorám amerického kongresu. Dne 25. května 1961 byla snaze o dosažení Měsíce pilotovanou výpravou udělena prezidentem se souhlasem kongresu národní prioritou, bez níž by uskutečnění tohoto dávného snu lidstva nebylo možné. Na druhé straně se Kennedyho výzva, diktovaná především politickými důvody po mnoha nezdarech v kosmu i přímo na rodné planetě,¹ nevznikla jen tak z ničeho v hlavě jediného politika či v hlavách jeho nejbližších poradců.

Projekt Apollo, dosud největší úspěch člověka ve vesmíru, se pozvolna rodil na úrovni chladných technických úvah již asi dva roky před Kennedyho prohlášením. Ponechme stranou utopické sny minulých století o letech na Měsíc i technické vize prvních raketových průkopníků v první polovině 20. století. Vážné úvahy o možnosti planetárních expedic se objevily prakticky ihned po startu první sovětské družice Sputnik uskutečněného 4. října 1957. Tato událost ovlivnila vznik americké organizace pro civilní výzkum vesmíru, Národního úřadu pro letectví a kosmický prostor (*National Aeronautics and Space Administration - NASA*), přičemž základem nové instituce byl existující Národní poradní výbor pro letectví (*National Advisory Committee for Aeronautics NACA*) se sídlem v Langley ve Virginii. V polovině července 1958 schválil Kongres tzv. vesmírný zákon, na jehož základě mohl tento úřad vzniknout a týž měsíc jej prezident Eisenhower svým podpisem stvrdil. Prvním šéfem NASA byl jmenován Thomas Keith Glennan (1905-1995).² V prvním období se však na přípravě výzkumu Měsíce podílela podstatnou měrou i americká armáda. Ozbrojené síly měly na starosti vývoj raket, jež byly pro budoucí lety do kosmu nepostradatelné. Středisko armádního výzkumu se nacházelo v huntsvillském arsenálu, kde mj. pracoval i Wernher von Braun, jehož tým zachránil americkou prestiž vypuštěním družice Explorer 1 pomocí rakety Jupiter C (alias Juno 1).³

¹ Počátek vlády Kennedyho administrativy byl nepříznivě poznamenán klesající popularitou, na níž měly vliv dopady nevyrovnaného národního hospodářství, neúspěšná invaze kubánských emigrantů v Zátocě svini s cílem svrhnout režim Fidela Castra na Kubě a v neposlední řadě ztráta očekávaného amerického prvenství při letu člověka do kosmu.

² Ward, B.: *Doktor Vesmír, život Wernhera Von Brauna*. Praha 2008, s. 182.

³ Wernher von Braun (1912-1977) byl německým raketovým technikem. Od roku 1930 vyvíjel raketové motory na kapalné pohonné hmoty. V letech 1937 až 1945 byl technickým ředitelem německého vojenského raketového střediska v Peenemünde, kde se vyvíjely například balistické rakety A4/V2. Po roce 1945 pracoval na vývoji

Americká pozemní armáda zahájila 20. března 1959 práci na návrhu vytvoření základny na Měsíci, která by měla lidskou posádku. Plán dostal krycí jméno *Project Horizon* a pracovní skupina vedená generálmajorem Johnem B. Medarisem měla za úkol zjistit, zda je takový návrh vůbec uskutečnitelný. První verze projektu Horizon, na níž se podílel i tým Wernhera von Brauna a NASA, byla dokončena již 8. června 1959.⁴ Předpokládalo se v ní s přistáním Američanů na Měsíci v roce 1965.⁵ Vlastní lunární základna s posádkou dvanácti mužů měla být zřízena o rok později. V interní diskusi na ministerské úrovni odpovědní činitelé konstatovali, že předložený projekt představuje reálný způsob dosažení Měsíce v nejkratší možné době. Zdůraznili, že je třeba maximálně zužitkovat zkušeností armády, ale zároveň doporučovali eliminovat ze studie veškeré zmínky o možnosti využití plánované měsíční základny pro vojenské účely. Přepracovaný dokument dostal na podzim roku 1959 k vyjádření ministr obrany USA Neil H. McElroy (1904-1972), ale v souvislosti s přechodem von Braunova týmu do NASA putoval nakonec *Project Horizon* na stůl tehdejšího generálního ředitele NASA Glennana.⁶

NASA ovšem uvažoval o měsíčním programu sám. V dubnu 1959 zde byl ustaven výbor pro řízení výzkumu, jemuž předsedal Harry J. Goett; jeho členy byli, mimo jiné konstruktér amerických pilotovaných lodí Maxime A. Faget, či dr. George M. Low za ústředí NASA. Mezi prioritní cíle výboru patřilo, po ukončení programu Mercury,⁷ vytvoření kosmické lodi schopné manévrování, orbitální družicové laboratoře, průzkum Měsíce automatickými prostředky a výzkum nejbližších planet Venuše a Marsu. Na bezpilotní expedice k Měsíci a planetám měl navazovat let uskutečněný člověkem. Jednalo se o projekt více než bohatý, takže se nelze divit, že zpráva výboru z 25. a 26. května 1959 doporučovala, aby se NASA prozatím soustředil pouze na studium prostředků, potřebných k letu astronautů na Měsíc a zpět. Výbor pracoval jen do konce roku 1959, ale i tak vykonal velký kus práce.

raket v USA, nejprve jako válečný zajatec, později jako americký občan. V letech 1960 až 1970 působil jako ředitel výzkumného střediska NASA. Poté se stal do roku 1972 náměstkem ředitele NASA pro dlouhodobé plánování. Podrobněji; Ward, B.: *Doktor Vesmír, život Wernhera Von Brauna*, Praha 2008.

⁴ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D. C., 1969, s. 18.

⁵ Ezell, L., N.: *NASA Historical Data Book, Programs and Projects 1958-1968*, díl II. (NASA SP-4012), Washington, D. C., 1988, s. 180.

⁶ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 17, s. 24/664.

⁷ Program Mercury byl prvním americkým pilotovaným kosmickým projektem, který měl za cíl dopravit člověka na oběžnou dráhu Země a bezpečně ho navrátit zpět. Program probíhal v letech 1958 až 1963. Kosmická loď Mercury, jež umožňovala maximálně jednodenní let jednoho astronauta s omezenou možností manévrování na oběžné dráze kolem Země, měla kónický tvar o největším průměru 1,89 m, délku 3,5 m a počáteční hmotnost 1,9 tuny. U balistických letů start probíhal pomocí nosné rakety Redstone, při následujících orbitálních letech kabínu vynášela nosná raketa Atlas. Celkem bylo v období let 1961-63 vypuštěno šest pilotovaných expedic z toho dvě na balistickou dráhu letu.

Uvažovalo se například o vypuštění celkem čtrnácti raket Saturn Centaur během dvou až tří týdnů, aby po jejich spojení na oběžné dráze kolem Země vznikl kolos, schopný dopravit na Měsíc a zpět na Zemi osádku několika lidí.⁸ Důvodem tak velkého počtu raket byla jejich omezená nosnost, což se vztahovalo i na v té době projektovanou verzi rakety Juno V, vzápětí přejmenované na Saturn.

Von Braunův tým sice navrhoval stavbu rakety Nova, která by umožnila přímý let k Měsíci, ale její vzletová hmotnost 5000 až 5500 tun se při použití kapalného vodíku a kyslíku jakožto pohonných látek nezdála být reálná. Smlouvy na vývoj motorů F-1, jež přitom měly pohánět první stupeň této rakety, již byly uzavřeny.⁹ NASA také zadal kontrakt v hodnotě 150 000 dolarů armádnímu výzkumnému středisku (*Army Ordnance Missile Command - AOMC*) na vypracování návrhu měsíční expedice, založené na raketách třídy Saturn. Z počátku se však tato studie měla omezit jen na měsíční družice, vysazení stacionárních přístrojů nebo pohyblivých laboratoří na povrchu Měsíce, tedy bezpilotní průzkum.¹⁰

O velké rakety však armáda nakonec neprojevila zájem. Jelikož se ale huntsvillský tým Wernhera von Brauna stále více zabýval jejich vývojem, došlo na konci roku 1959 k převedení této pracovní skupiny do NASA. Z původní „von Braunovy“ Armádní agentury pro balistické rakety (*Army Ballistic Missile Agency - ABMA*) vzniklo 1. července 1960 nové pracoviště mající na starosti především pohonné systémy. Dostalo název Centrum kosmických letů George C. Marshalla (*Marshall Space Flight Center - MSFC*) v městě Huntsville (Alabama).¹¹

Wernher von Braun také zasedl v nově vytvořeném výboru pro kosmický výzkum vedeném Richardem E. Hornerem. NASA na základě požadavku prezidenta Eisenhowera vypracoval desetiletý plán kosmického rozvoje, který počítal s vysláním automatických stanic na Měsíc v letech 1963 až 1964, avšak s přistáním člověka až po roce 1970. Plán byl mnohem reálnější než všechny předchozí, předpokládal však také podstatně vyšší náklady, které se

⁸ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 18-22.

⁹ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*, in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 17, s. 25/665.

¹⁰ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 24.

¹¹ Jméno nového pracoviště navrhl Glennan a promptně je podpořil Eisenhower. Byl to hold Georgi C. Marshallovi (1880-1959) pětihvězdičkovému generálovi, ministru zahraničí a laureátovi Nobelovy ceny míru, kterou získal za tzv. Marshallův plán. Ward, B., *Doktor Vesmír, život Wernhera Von Brauna*. Praha 2008, s. 189-190.

v průběhu let měly vyšplhat z jedné miliardy dolarů na celkovou sumu 12 až 15 miliard na konci desetiletí.¹²

Počátkem roku 1960 měl za sebou tým Wernhera von Brauna sérii úspěšných statických zkoušek raketových motorů typu H-1, vyvinutých společností Rocketdyne. Osmičlenný svazek motorů H-1 měl sloužit jako pohon prvního stupně rakety Saturn C-1 (pozdější Saturn 1). V polovině téhož roku již úspěšně staticky vyzkoušeli kompletní první stupeň této rakety.¹³

K situaci kolem lunárního programu měl však řadu výhrad Výbor pro vědu a kosmonautiku Sněmovny reprezentantů. Právě v té době vydal prohlášení, jež doporučovalo vysazení lidské osádky na Měsíci již před rokem 1970, plán k dosažení tohoto cíle bylo ale třeba integrovat s ostatními cíli, aby se celkové náklady na jeho realizaci snížily. Byla to charakteristická reakce politiků, chránící kapsu daňových poplatníků. Následující připomínka Výboru se ale s myšlenkou úsporných opatření poněkud přičila: „Desetiletý plán NASA je sice dobrý k dosažení cílů, které si klade, avšak tyto cíle nejsou dostatečně velké a kosmický program není prosazován s dostatečnou energií.“¹⁴

NASA na prohlášení Výboru pro vědu a kosmonautiku Sněmovny reprezentantů odpověděl takřka okamžitě, když na konferenci jeho představitelů se zástupci letecko-kosmického průmyslu 28. června 1960 oficiálně vyhlásil nový pilotovaný program Apollo. Jeho cílem měly být lety lidských posádek v blízkosti Země a oblety Měsíce před rokem 1970. Nevylučovala se ani možnost rozšíření programu o přistání na Měsíci, ba dokonce vytvoření stálé pilotované kosmické stanice někdy ve vzdálenější budoucnosti. V tom okamžiku se vlastně přesunula otázka vývoje kosmické lodi pro projekt Apollo z pravomoci Výboru pro kosmický výzkum, který řešil koncepční otázky, do sféry působnosti Pracovní skupiny pro vesmír STG (*Space Task Group*), jež byla jakožto realizační tým ustavena v říjnu 1958, aby řídila projekt Mercury. V srpnu 1960 byli s plánem zadání smlouvy na předběžnou studii kosmické lodi Apollo seznámeni zástupci průmyslu a 1. září téhož roku vznikla kancelář projektu Apollo při STG. Vedl ji Robert O. Piland.¹⁵

V této době vznikaly první představy o vzhledu velitelské sekce pozdější kosmické lodi Apollo a o jejím vybavení. Tvarem se měla podobat kabině Mercury. Počítalo se však

¹² Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 17, s. 25/665.

¹³ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 46.

¹⁴ U.S. Congress, House, Committee on Science and Astronautics, *Space, Missiles, and the Nation*, 86th Congress, 2nd Session (1960), s. 55-56.

¹⁵ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 47-54.

s pokrytím celého povrchu žáruvzdorným materiálem sloužícím jako tepelná ochrana. Začalo se také uvažovat o modulárním charakteru kosmické lodi, umožňujícím odhození nepotřebných systémů před vstupem do atmosféry. Řízení sestupu atmosférou mělo zajistit natáčení kosmické lodi kolem podélné osy, myšlenka, která se dočkala svého uplatnění. Pro závěrečnou fázi přistání připadaly v úvahu padáky nebo rotory. Pohon během letu ve vesmíru měly zajišťovat motory na tuhé pohonné látky, přičemž se počítalo s jejich konstantním impulzem při případné korekci dráhy. Toto řešení nebylo ale příliš praktické, a proto nakonec konstruktéři od této myšlenky upustili. Ujala se však myšlenka řízení orientace během motorických manévřů změnou směru vektoru tahu korekčního motoru, zatímco při bezmotorovém letu měly drobné změny polohy lodi a její stabilizaci obstarávat malé trysky. Pro řízení Apolla se jevil nezbytným počítač. Jako základní prostředek navigace měl sloužit inerciální systém s ručně nastavovaným zaměřením hvězd, s možností později přejít na automatiku, což se také nakonec uskutečnilo. O složení atmosféry v kabině nebylo prozatím rozhodnuto. Tak v kostce vypadaly první představy o hlavní části budoucí kosmické lodi. Půlroční smlouvy na předběžnou studii lodi Apollo byly zadány 15. listopadu 1960 firmám General Electric Co., Martin Co. a Convair/Astronautics divizi koncernu General Dynamics Corp.¹⁶

Ještě předtím, v druhé polovině roku 1960, se začalo uvažovat o nové variantě cesty na Měsíc, když ke stávajícímu přímému letu, či sestavování komplexu na zemském orbitu, přibyla aplikace výsadkového člunu, který by se oddělil na oběžné dráze kolem Měsíce od mateřské lodi, přistál na jeho povrchu a při návratu se opět spojil s mateřskou lodí. U zrodu této myšlenky stáli John C. Houbolt (nar. 1919), Clinton E. Brown a Ralph W. Stone. Nezávisle na nich zahájila koncem prosince 1960 společnost Grumman Aircraft Engineering z vlastní iniciativy studii, jež se zabývala problémem setkávání kosmických lodí na dráze okolo Měsíce.¹⁷

Tyto tři shora uvedené varianty měsíčních expedic se střetly v bouřlivé diskusi na lednovém zasedání Výboru pro kosmický výzkum. Setkání a montáž na dráze kolem Země měly vehementního zastávce ve Wernherovi von Braunovi, tehdy již řediteli MSFC. Metodu přímého letu, sice nejméně složitou, zato vyžadující stavbu obří rakety Nova (nikdy se neuskutečnila), zastávali na zasedání představitelé vedení NASA ve Washingtonu. Po vášnivé debatě došlo k šalamounskému rozhodnutí, že se NASA nezaměří na žádný z předložených návrhů, ale že se bude postupovat na široké frontě, aby se v budoucnosti zachovala možnost

¹⁶ Víték, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 17, s. 26/666.

¹⁷ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 65.

rozhodování mezi alternativami. Významným výsledkem diskuse bylo poznání, že tak či onak je třeba rozpracovat program návratu setkávání kosmických lodí. Vedle toho došlo k ustavení zvláštní pracovní skupiny, nazvané podle svého předsedy Lowův výbor, která se měla zabývat výhradně problémem přistání na Měsíci.¹⁸

Při lednovém jednání Houbolt, zastánce setkání na dráze kolem Měsíce, dokázal výpočty, že použití výsadkového modulu povede ke snížení počáteční hmotnosti kosmické lodi o 20 až 40 procent.¹⁹ Navzdory tomu předložil Výbor pro kosmický výzkum ředitelství NASA jakožto podklad k finančnímu rozpočtu na rok 1962 dobrozdání, že let na Měsíc v nejbližších deseti letech lze realizovat buď přímo s pomocí rakety Nova, nebo po montáži na dráze kolem Země, podmíněné mnohonásobným startem raket Saturn C-2. Zpráva Výboru také poukázala na nutnost předchozího průzkumu Měsíce pomocí bezpilotních sond pozdějšího typu Ranger a Surveyor. Celkové náklady do roku 1968 se odhadovaly na sedm miliard dolarů. Přes tuto horentní sumu nově zvolený prezident USA J. F. Kennedy úsilí NASA podpořil. Na jeho popud byla dokonce předložena Kongresu o deset procent zvýšená finanční dotace NASA ve výši 1 235 300 000 dolarů. Tato částka zahrnovala i náklady na další vývoj raket třídy Saturn a jedenáct milionů dolarů bylo určeno i na rozšíření kosmodromu na mysu Canaveral.²⁰

V Marshallově centru se v té době uvažovalo o třech verzích Saturnu: varianta C-1 měla být třístupňová, dvě alternativy typu C-2 počítaly s třístupňovou nebo čtyřstupňovou raketou. V březnu 1961 doporučili technici MSFC změnit Saturn C-1 na dvoustupňovou raketu se zvětšeným počtem motorů ve druhém stupni. První stupeň měl být zdokonalen po stránce spolehlivosti a bezpečnosti s ohledem na jeho využití pro vynášení lodí s lidskou posádkou. Bylo však též doporučeno urychlit vývoj typu C-2 se zvláštním zřetelem na stupeň S-II. Ředitelství NASA schválilo 31. března 1961 projekt rakety Saturn C-2, o níž se v té době stále předpokládalo, že bude hlavním tažným koněm v programu letů na Měsíc.²¹

Do úvah o budoucím kosmickém programu Spojených států se nyní zapojila i Rada pro kosmické vědy při Národní akademii věd USA. Doporučila prezidentu Kennedymu, aby byl vědecký výzkum Měsíce a planet zřetelně formulován jako „konečný cíl amerického kosmického programu pro nejbližší budoucnost“. I když Rada ve svém doporučení kladla

¹⁸ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 66.

¹⁹ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 68.

²⁰ Víték, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 17, s. 24/664.

²¹ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 77.

důraz na vědecké cíle tohoto plánu, poukazovala rovněž na „pocit národní hrdosti, vyplývající z odvážné a nápadité aktivity USA ve vesmíru“.²²

1.2 Věc národní hrdosti

Situace se rázem změnila 12. dubna 1961, když se ve vesmíru ocitl první člověk, nikoliv však světovou veřejností očekávaný Američan, ale sovětský kosmonaut Jurij Alexejevič Gagarin (1934-1968), jenž strávil 108 minut na oběžné dráze kolem Země v kosmické lodi Vostok 1.

Psychologický dopad této převratné události vyjádřil prezident Kennedy na tiskové konferenci takto: „Nikdo není více otráven než já... Rusové mají velké nosné rakety, které jim umožnily dosáhnout prvenství při vypuštění Sputniku a nyní též při vyslání prvního člověka do vesmíru. My, alespoň v to doufám, budeme schopni uskutečnit takový čin ještě letošního roku, aniž bychom ohrozili něčí život. Ale jsme pozadu... a situace bude stále horší. Potrvá ještě nějaký čas, nežli se začneme zlepšovat a než Rusy dohoníme...“²³

Prezident Kennedy převzal iniciativu ještě dřív, než bývalý testovací pilot námořnictva Alan Shepard uskutečnil první dětský krůček do vesmíru.²⁴ Krátce po Gagarinově letu do vesmíru požádal 20. dubna 1961 viceprezidenta Lyndona Johnsona, aby doporučil konkrétní národní vesmírný projekt, který by přinesl „dramatické výsledky“ v soupeření se Sověty, v němž by Spojené státy „mohly vyhrát“.²⁵

Johnson okamžitě napsal von Braunovi, generálu Benniemu Schrieverovi z vojenského letectva a několika dalším, které požádal o radu v této záležitosti. Von Braun v odpovědi z 29. dubna 1961 uvedl, že Američané mají v nejbližších letech „celkem slušnou šanci“ dosáhnout několika menších „prvenství“, a poté psal, že národ má „skvělou příležitost“

²² Cit. podle: Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 77.

²³ Cit. podle: Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 17, s. 26/666.

²⁴ Alan Bartlett Shepard (1923-1998) pocházel z New Hampshire. Od roku 1959 člen prvního astronautického týmu NASA. Dne 5. května 1961 pilotoval jednomístný modul, přezdívaný Freedom 7 (Svoboda 7) po původních sedmi astronautech projektu Mercury. Shepard ve svém modulu vystoupal během patnáctiminutového letu do výšky 187 km a následně přistál v Atlantiku, kde jej vyzvedla letadlová loď USS Lake Champlain. Tento let nebyl plnohodnotnou orbitální misí, ale pro Američany měl velký význam. Shepard se poté, co kvůli problémům s vnitřním uchem přišel o možnost velet prvnímu letu programu Gemini, stal od roku 1963 vedoucím týmu astronautů NASA. Po operaci v roce 1969 se zařadil do programu Apollo a roku 1971 velet Apollu 14. O tři roky později odešel z NASA do výslužby a působil ve vedení několika firem.

²⁵ NASA Historical Archives: Memorandum prezidenta Kennedyho viceprezidentu Lyndonu Johnsonovi, 20. dubna 1961.

do roku 1970 přistát na Měsíci dříve než Rusové. Následně vyjmenoval důvody a zdůraznil, jakou spoustu výhod by takový podnik přinesl.²⁶

Ještě týž den, kdy obdržel von Braunovu odpověď, napsal Johnson prezidentu Kennedymu, že nejlepší volbou je pilotovaný let na Měsíc. Pod oficiální zprávu pro prezidenta se podepsali také nový ředitel NASA James E. Webb (1906-1992) a ministr obrany Robert McNamara (1916-2009). Stejné doporučení jako von Braun vyjádřili i další dotázaní, ale Johnsonův dopis Kennedymu se z velké části opíral o argumenty nadnesené ředitelem Marshallova centra.²⁷

Následující měsíc se prezident Kennedy rozhodl a 25. května 1961 pronesl před oběma komorami Kongresu projev na téma dobývání vesmíru. Spojené státy měly v té době patnáct minut zkušeností s pilotovaným letem v kosmu a žádnou minutu s letem člověka na oběžné dráze. Přesto prezident Kennedy vyslovil památnou výzvu k národu: „*I believe that this nation should commit itself to achieving the goal, before this decade is out, of landing a man on the moon and returning him safely to the Earth.*“ (Věřím, že tento národ si může vytyčit za cíl přistání člověka na Měsíci a jeho bezpečný návrat na Zemi před koncem tohoto desetiletí.)²⁸

V NASA však mezitím práce pokračovaly. Houbolt se svým týmem v Langley Research Center studoval různé způsoby použití výsadkového modulu při letu na Měsíc. Komise, vedená Houboltem, doporučila zařadit do plánů NASA tři programy: MORAD (*Manned Orbital Rendezvous and Docking*), ARP (*Apollo Rendezvous Phases*) a MALLIR (*Manned Lunar Landing Involving Rendezvous*). Program MORAD předpokládal využití upravené lodi Mercury a cílového tělesa, vneseného na oběžnou dráhu nosnou raketou Scout. Jednalo se především o nácvik setkávání v kosmickém prostoru.²⁹ Později se z tohoto návrhu zrodil program Gemini; kosmická loď Gemini byla proti Mercury podstatně větší, dvoumístná a lépe vybavená pro manévrování.³⁰

²⁶ NASA Historical Archives: Dopis Wernhera von Brauna viceprezidentu Lyndonu Johnsonovi, 29. dubna 1961.

²⁷ Ward, B.: *Doktor Vesmír, život Wernhera Von Brauna*. Praha 2008, s. 194.

²⁸ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 60. Koncept prezidentova projevu přeložil: Tomek, P., *Ztracený Měsíc*. Praha 2008, s.78-80. Ve skutečnosti koncept neobsahuje celý přednesený proslov. Prezident Kennedy na závěr přidal bez přípravy další tři odstavce. A právě v nich řekl známé věty, které se považují za vyhlášení počátku projektu Apollo.

²⁹ Hansen, J. R.: *Enchanted Rendezvous: John C. Houbolt and the Genesis of the Lunar-Orbit Rendezvous Concept*. Washington, D.C., 1995, s. 16.

³⁰ Kosmická loď programu Gemini umožňovala až čtrnácti denní let dvou astronautů, manévrování a spojování na oběžné dráze kolem Země. Kosmická loď měla kuželový tvar, maximální průměr tři metry, délku 5,6 metru a hmotnost 3,6 tun. Byla složena ze tří úseků: kabiny pro astronauty (prostor 1,6 m³), úseku se zásobami pohonných hmot a manévrovacími tryskami a z úseku s brzdícími raketovými motory. Kosmické lodi byly vynášeny raketou Titan II z kosmodromu na mysu Canaveral. Celkem bylo v období let 1965-66 vypuštěno deset pilotovaných expedic (Gemini 3 až 12).

K vynášení cílového tělesa byla místo Scoutu použita výkonnější raketa Atlas Agena. Plán ARP představoval nácvik setkávání lodi Apollo s cílovým tělesem vynášeným Atlas Agenou. Námět byl částečně přenesen do programu Gemini a zčásti využit programem Apollo s tím rozdílem, že nácvik setkávání kosmické lodi probíhal přímo s měsíčním výsadkovým modulem. A konečně program MALLIR předpokládal ověření jednotlivých složek lodi Apollo. Jeho vyvrcholením mělo být přistání lidí na Měsíci v roce 1967.³¹ Představy se v zásadě nakonec podařilo naplnit, ovšem se zpožděním dvou let.

Kamenem úrazu tohoto komplexu tří programů byla nosná raketa. Detailní výpočty požadovaly, aby velitelská sekce i měsíční modul měly přibližnou hmotnost po 5,5 tunách, dohromady jedenáct tun. Pro urychlení potřebné k letu na Měsíc, k zabrzdění při přechodu na oběžnou dráhu kolem Měsíce a k opětovnému startu zpět směrem k Zemi bylo úhrnem zapotřebí asi pětadvacet tun pohonných látek. V daném okamžiku však neexistovala nosná raketa, která by dokázala vynést na dráhu směrem k Měsíci náklad o hmotnosti 46 tun. Nabízely se dvě varianty řešení tohoto problému, buď použít deset Saturnů C-1, které by se komplikovaně pospojovaly na oběžné dráze Země v jeden komplex, nebo nerealizované rakety Saturn C-2, jež by vyžadovala pouze dva starty s jedním spojením na oběžné dráze. I když ani jedna z variant nebyla zcela vyhovující, začínal program Apollo dostávat konkrétnější podobu. V polovině května 1961 předložily firmy General Electric, Martin a Convair Astronautics zadané studie o podobě lodi Apollo, tehdy ovšem jen její velitelské části. Studie obsahovaly nejrůznější varianty tvarů, počínaje ryze balistickými návratovými tělesy přes kuželovité typy připomínající kosmickou loď programu Mercury až po různá vztlaková tělesa.³²

Květnové rozhodnutí vlády a Kongresu USA o rozvoji projektu Apollo umožnilo NASA ještě v červenci 1961 vypsát pro dvanáct průmyslových podniků soutěž na vývoj vlastní kosmické lodi Apollo. V propozicích se počítalo celkem s třemi fázemi kosmických letů, označených po řadě písmeny A, B a C. V první etapě (A) se měly ověřovat systémy kosmické lodi při bezpilotních letech na oběžné dráze kolem Země i při návratu do zemské atmosféry za podmínek blízkých druhé kosmické rychlosti. Tato fáze letových zkoušek měla být završena až čtrnáctidenními pilotovanými expedicemi v blízkosti Země při použití Saturnu C-1 jakožto nosné rakety. Etapa B měla zahrnovat expedice sahající od prostého pasivního obletu Měsíce až po vyzkoušení kosmické lodi na selenocentrické dráze s použitím

³¹ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 81-82.

³² Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 17, s. 27/667.

silnějšího Saturnu C-3. Konečně poslední etapa (C) počítala s nosnou raketou Saturn C-3 nebo Nova a měla vyvrcholit vlastním přistáním na Měsíci.³³

Zakázka zahrnovala stavbu velitelské sekce pro tři kosmonauty a služební sekce s pohonným systémem. Tehdy se ještě počítalo s použitím svazku většího počtu identických raketových motorů na tuhé pohonné látky, u nichž se předpokládala vyšší provozní spolehlivost. Motory služební sekce měly sloužit k navedení na dráhu kolem Měsíce, pro start z povrchu tohoto nebeského tělesa a k navedení na dráhu zpět k Zemi. Pro vlastní přistání na rodné planetě se počítalo se třemi velkými padáky. Kromě uvedených dvou částí kosmické lodi byly v propozicích soutěže specifikovány v hrubých rysech i další dva stavební prvky kosmické lodi. V první řadě se jednalo o měsíční přistávací modul (nezaměňovat s výsadkovým měsíčním modulem) s kyslíkovodíkovým raketovým motorem, jímž se měla kromě vlastního přistávacího manévru na povrch Měsíce korigovat translunární dráha. A celkově čtvrtým dílem měl být laboratorní modul, který by se využíval jen při dlouhodobých letech na nízké oběžné dráze kolem Země při uskutečňování vědeckých experimentů.³⁴ Z formulace zakázky je zřejmé, že v té době se stále počítalo buď s přímým letem na Měsíc, nebo s montáží translunární lodi na oběžné dráze kolem naší planety.

Zastánci metody použití výsadkového člunu a jeho setkání s mateřskou lodí u Měsíce, především John Houbolt, však vytrvale pracovali na své verzi; proto bylo zadání kontraktu na měsíční přistávací stupeň zatím pozastaveno.³⁵ Do hry vstoupila ještě další varianta, kterou rozpracovávala Laboratoř tryskového pohonu (*Jet Propulsion Laboratory - JPL*) v kalifornské Pasadeně, setkání na měsíčním povrchu.³⁶

V říjnu 1961 předložilo svůj návrh na konstrukci a stavbu velitelské a služební sekce Apolla devět průmyslových firem a uskupení: General Dynamics/Astronautics-Avro Corp., General Electric Co., Douglas Aircraft Co., Grumman Aircraft Engineering Corp., Space Technology Laboratories, McDonnell Aircraft Corp., Lockheed Aircraft Corp., Hughes Aircraft Co., Chance Vought Corp., Martin Co., North American Aviation Inc. Jedenáct vyhodnocovacích komisí NASA začalo s analýzou návrhů. Hned z počátku bylo jasné, že na základě doporučení jednotlivých firem dozná celý projekt značných změn. V listopadu 1961 bylo mimo jiné rozhodnuto, že jako hlavní pohonný systém služební sekce se místo původně

³³ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 101.

³⁴ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 101-104.

³⁵ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 18, s. 25/705.

³⁶ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 107-108.

plánovaných motorů na tuhé pohonné látky použije kapalinový raketový motor (nebo více motorů) s možností restartu. Blíže bylo specifikováno také použití palivových článků jako zdrojů elektrické energie.³⁷

Rostoucí aktivita na poli pilotovaných kosmických letů v USA vedla nakonec k tomu, že se 1. listopadu 1961 pracovní skupina STG reorganizovala. Vzniklo z ní nové středisko NASA, Centrum pro kosmické lety člověka MSC (*Manned Spacecraft Center*), v současnosti známé pod názvem *Lyndon B. Johnson Space Center*. Prvním ředitelem MSC se stal Robert Rowe Gilruth (1913-2000). Původně bylo situováno na mysu Canaveral, ale viceprezident L. Johnson, Texasan, který v Kennedyho vládě odpovídal za problematiku kosmického výzkumu, nakonec prosadil jeho výstavbu ve svém domovském státě v Houstonu. MSC, pod nějž spadal vývoj kosmických lodí, ihned navázalo úzkou spoluprací s MSFC, jež vedlo vývoj těžkých nosných raket řady Saturn.³⁸

Důležitým mezníkem měsíčního programu se stal 28. listopad 1961, kdy NASA oznámil, že za dodavatele velitelské a služební sekce kosmické lodi Apollo byla vybrána firma North American Aviation Inc. (pozdější Rockwell International). Jednání s vedením firmy probíhalo rychle a již 12. prosince téhož roku podepsal ředitel NASA James E. Webb historický kontrakt číslo NAS-9-150 na vývoj velitelské a služební sekce, adaptéru pro připojení lodi k nosné raketě a pomocného pozemního zařízení.³⁹ Od tohoto okamžiku však trvalo ještě více než tři roky, než NASA získal první letuschopnou kosmickou loď Apollo.

Zatímco probíhaly konstrukční práce na velitelské a služební sekci, pokračovaly v NASA diskuse o způsobu letu na Měsíc. Již 15. ledna 1962 byla v MSC ustavena kancelář projektu Apollo s úkolem koordinovat veškerou činnost v samotném NASA i u dodavatelů. Přestože se práce na projektu rozbíhaly v dobrém tempu, vydal prezident Kennedy 11. dubna 1962 memorandum č. 144, v němž udělil programu Apollo nejvyšší státní prioritu v oblasti výzkumu a vývoje, tzv. kategorii DX.⁴⁰ To umožnilo podstatně zvýšit financování projektu.

Přes původní odpor zejména ze strany Wernhera von Brauna se stále více prosazovala idea měsíčního výsadkového člunu. I když v dubnu 1962 odstartoval úspěšně již druhý Saturn C-1, ukazovalo se stále zřetelněji, že konstrukce obřího nosiče Nova by vedla k neúměrnému časovému skluzu. Proto se i von Braun počátkem června o myšlence výsadkového modulu již

³⁷ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 18, s. 25/705.

³⁸ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 18, s. 25/705-26/706.

³⁹ Ezell, L., N.: *NASA Historical Data Book, Programs and Projects 1958-1968*, díl II. (NASA SP-4012), Washington, DC, 1988, s.182.

⁴⁰ Ezell, L., N.: *NASA Historical Data Book, Programs and Projects 1958-1968*, díl II. (NASA SP-4012), Washington, DC, 1988, s.182.

vyjádřil příznivě. Nakonec řídicí výbor pro pilotované lety (*Manned Space Flight Management Council*) na svém zasedání 22. června 1962 vypracoval doporučení, z něhož vyplývalo, že pro výzkum Měsíce má být využita metoda setkání na dráze kolem Měsíce. Nosičem lunárního komplexu se měla stát raketa Saturn C-5. V další části textu se konkretizovala v jednotlivých bodech vlastní doporučení, kdy například: „je žádoucí okamžitě zahájit vývoj měsíčního dopravního prostředku využívajícího Saturnu C-1B nebo C-5, a to předběžnou studií, vypracovanou během šesti měsíců... je příliš málo času i finančních prostředků na souběžné rozpracování alternativních metod... studie Novy by však měly pokračovat i nadále s výhledem na její realizaci dva až tři roky po C-5... okamžitě musí být zahájen vývoj nosiče C-1B s termínem jeho prvního startu v polovině roku 1965... okamžitě je nutno zahájit vývoj měsíčního exkursního modulu.“ Toto doporučení bylo předáno nejvyšším místům NASA.⁴¹

Ředitel NASA James E. Webb s definitivní platností rozhodl ve prospěch Houboltovy myšlenky 11. července 1962. O dva týdny později 25. července vypsala NASA soutěž na vývoj výsadečného člunu, který dostal předběžné označení LEM (*Lunar Excursion Module*), později zjednodušené na LM (*Lunar Module*). Do konkursu bylo přizváno celkem devět firem. Dne 4. září 1962 se do NASA vrátilo devět nabídek na stavbu měsíčního modulu. Přihlásily se renomované firmy Boeing Co., Douglas Aircraft Co., General Dynamics Corp., Grumman Aircraft Engineering Corp., Martin-Marietta Corp., Northrop Corp. a Republic Aviation Corp.⁴² Po důkladné analýze všech nabídek, možná i díky předchozí studii o setkávacích manévrech na dráze kolem Měsíce, zvítězil návrh firmy Grumman. Jednání o kontraktu byla zahájena 7. listopadu 1962.⁴³

1.3 Letové zkoušky ve stínu tragédie

Uplynuly čtyři roky, než byl dokončen vývoj a výroba velitelské a služební sekce kosmické lodi Apollo. V té době paralelně probíhaly zkoušky nosných raket, určených pro realizaci projektu Apollo. Z původních pěti variant, nepočítáme-li odvolaný projekt Nova, označených po řadě C-1 až C-5, byly realizovány jen první a poslední, všeobecně známé pod označením Saturn 1 a Saturn 5.

⁴¹ Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969, s. 165-166.

⁴² Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 18, s. 27/707-28/708.

⁴³ Seamans, R. C., Jr.: *Project Apollo, The Tough Decisions*. (NASA SP-2005-4537), Washington, D.C., 2005, s. 43.

Saturn 1, jenž prošel první statickou zkouškou na stavu již v dubnu 1960, představoval pouze vývojový mezičlánek. Než došlo k prvním pilotovaným letům projektu Apollo, byl zvětšen a zesílen jeho první stupeň a zcela změněn druhý stupeň, u nějž původních šest slabších motorů RL-10A-3 na kyslík a vodík nahradil jediný, silnější, rovněž kyslíkovodíkový motor J-2. K zahájení letových zkoušek Saturnu 1 došlo 27. října 1961.⁴⁴ U prvních čtyř letových pokusů, které proběhly v rozpětí tří let, byl funkční pouze první stupeň, takže šlo pouze o krátké balistické lety v trvání sedm až osm minut. Počínaje pátým pokusem byla raketa provozována v dvoustupňové verzi. Během pokusu označeného SA-5 raketa vynášela 9470 kilogramů zvlhčeného písku. Další dvě zkoušky SA-6 a SA-7 operovaly již s nefunkční maketou Apolla, která se ovšem na oběžné dráze ani neoddělovala. V případě letu SA-7 bylo při startu vyzkoušeno odhození záchranné rakety, umístěné na přídi kosmické lodi. Při startech SA-8 až SA-10 v roce 1965 byly již na oběžnou dráhu vyneseny tři desetitunové družice Pegasus A až C, určené k registraci mikrometeoroidů.⁴⁵ Maximální náklad, který dokázal dvoustupňový Saturn 1 vynést na nízkou oběžnou dráhu, mohl dosahovat 10,5 tuny. Navrhovaná varianta s třetím stupněm Centaur se dvěma motory RL-10A-3 se nikdy nerealizovala.⁴⁶

Přednost dostala výkonnější raketa Saturn 1B (C-1B, zvaná též Uprated Saturn 1), která díky konstrukčním vylepšením měla nosnost více jak šestnáct tun. Její letové zkoušky byly zahájeny 26. února 1966 startem, jež nesl kódové označení SA-201. Dvoustupňová raketa vynesla na balistickou dráhu kompletní kosmickou loď Apollo, tedy velitelskou a služební sekci dosud bez posádky. Po oddělení od rakety urychlil motor služební sekce při vstupu do atmosféry návratovou kabinu kosmické lodi na rychlost blízkou druhé kosmické rychlosti. Velitelská sekce Apolla pak přistála na hladině Atlantiku poblíž čekající letadlové lodi USS Boxer po čtyřiceti minutách letu ve vzdálenosti 8530 kilometrů od místa startu. Při dalším pokusu SA-203, u něhož došlo vzhledem ke zpoždění dodávky lunárního modulu ke změně pořadí startu, se ověřovalo chování kapalného vodíku ve stavu beztíže. Pro let k Měsíci

⁴⁴ Veškeré vzlety nosných raket programu Apollo se uskutečnily z největší americké kosmické základny, která se rozkládá na východním pobřeží Floridy poblíž městečka Titusville. I když oficiální název celého kosmodromu je Eastern Test Range (Východní zkušební střelnice), je běžněji znám pod názvem Mys Canaveral (v letech 1963 až 1972) se nazýval Mys Kennedy). Provoz byl zahájen 24. července 1950. Základna má dvě části. Jižní polovina kosmodromu, Cape Canaveral Air Force Station, patří vojenskému letectvu. Kromě zařízení pro zkušební starty vojenských raket středního i dalekého doletu jsou zde rampy pro komerční nosné rakety. Z významných již zrušených ramp stojí za zmínku rampa č. 14, odkud startovaly kosmické lodi programu Mercury, č. 19 pro nosné rakety Titan II (program Gemini) a rampy č. 34 a 37B pro nosné rakety Saturn 1 a 1B. Severněji se nachází Kennedy Space Center (Kennedyho kosmické středisko), patřící NASA. Této části kosmodromu dominuje montážní budova VAB (*Vertical Assembly Building*), ve které se montovaly rakety Saturn 5. Od 80. let 20. století do současnosti je VAB využíván pro předletové přípravy raketoplánů.

⁴⁵ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-1/2-11.

⁴⁶ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Je tu ošklivý oheň!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 19, s. 24/744.

se totiž počítalo s restartem třetího stupně tehdy ještě neexistující rakety Saturn 5 po jednom až třech obězích kolem Země, takže informace o zkapalněném palivu v nezvyklých podmínkách byly více než žádoucí. Následující pokus SA-202 vynesl kosmickou loď na vysokou balistickou dráhu. Let trval 93 minut a jeho cílem bylo opět vyzkoušet tepelnou ochranu Apolla.⁴⁷ Čtvrtý exemplář rakety Saturn 1B měl již vynést do kosmu první pilotovanou expedici, tehdy označovanou Apollo 1. Později, když došlo k přečíslování, obdržela tato kosmická loď pořadové číslo tři.⁴⁸

1.4 Apollo 1

Oficiální výcvik astronautů pro nastávající úkol začal 1. května 1966. Hlavní posádku tvořili velitel Virgil I. „Gus“ Grissom, pilot Edward H. White, pilot, a palubní inženýr Roger B. Chaffee. Astronauti zahájili intenzivní výcvik, při němž si museli osvojit ovládání kosmické lodi do nejmenších podrobností a naprosto reflexivně. Zpestření náročného výcvikového programu přišlo teprve poté, co pozemní personál na Kennedyho mysu instaloval na startovací rampě nosnou raketu Saturn 1B výrobního čísla SA-204, nesoucí na špici velitelskou a služební sekci Apolla. Začaly závěrečné přípravy na první pilotovaný let v programu Apollo, stanovený na 21. února 1967,⁴⁹ během nichž si měla hlavní i záložní posádka lodi přímo na palubě odzkoušet veškeré předstartovní i startovní operace.

V pátek 27. ledna 1967 po poledni místního východoamerického času zaujala trojice astronautů svá místa ve velitelské sekci. Roger Chaffee na sedadle vpravo, Virgil Grissom při levé straně a jako poslední uprostřed Edward White. Sotva dosedl, utěsnili technici průlez umístěný nad jeho hlavou. Simulovaný start totiž předpokládal i výměnu běžné atmosféry za čistý kyslík. Odpočítávání začalo přesně ve třináct hodin místního času. Trojlístek měl poté na palubě Apolla plné ruce práce, ale dosud všechno probíhalo v normě; jenom spojení nepřestávalo zlobit, takže občas bylo astronauty špatně slyšet. V okamžiku kdy do simulovaného startu zbývalo jedenáct minut, nechal vedoucí zkoušky přerušit odpočítávání. Spojáři se pokusili slyšitelnost zlepšit a astronauti uvítali pár minut oddechu. Chaffee se protahoval v křesle, ale najednou ztuhl s tváří obrácenou ke Grissomovi. Nedíval se však na něj, ale hleděl upřeně někam pod velitelovo sedadlo. V následujícím okamžiku přidrušeně

⁴⁷ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-17/2-21.

⁴⁸ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Je tu ošklivý oheň!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 19, s. 24/744.

⁴⁹ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 64.

vyhrkl: „Požár v kabině!“⁵⁰ Venku od Chaffeeho výkřiku uplynulo jedenáct sekund. Žádný přístroj do té chvíle nezaznamenal nebezpečí, kovová konstrukce lodi postačila na začátku požáru odvádět teplo a posádka ve skafandrech také nic nepocítila. Zato poté zaznamenaly přístroje prudký vzrůst pulsu posádky, zvyšování teploty a ořesy v kabině. Na obrazovkách se objevilo prudké světlo, spojení zachytilo útržky zmatených vět.⁵¹

Protipožární družstva nebyla na oheň vůbec připravena. Počítalo se s ním jen tehdy, když nádrže obsahovaly palivo a když již byla namontována pyrotechnická zařízení. O možnosti požáru v kabině se směrnice poplachových čet vůbec nezmiňovaly. První zachránci ještě zahlédli, jak přetlakem praskl vnitřní plášť kabiny. Z její pravé strany vyšlehly plameny a vzápětí se celá kosmická loď zahalila do hustého dýmu. Se záchranou posádky již v tomto okamžiku nikdo nepočítal. Spíš bylo třeba se postarat o zachránce z prvního sledu. Většina z nich se přiotrávila spalnými produkty unikajícími z kabiny. Zuhelnatělá těla první posádky Apolla byla vyproštěna až po sedmi hodinách. Pitva provedená hned v nemocnici na Kennedyho mysu udala jako bezprostřední příčinu smrti zadušení dýmem. Grissom, Chaffee a White netrpěli déle než deset vteřin.⁵²

Následující den po tragédii, 28. ledna 1967, jmenoval náměstek ředitele NASA Robert R. Seamans (1918-2008) komisi, nejprve devíti, později dvanáctičlennou, která se měla zabývat příčinou neštěstí. Výsledky šetření byly předloženy řediteli NASA Jamesovi E. Webbovi 5. dubna 1967. Za pravděpodobnou příčinu požáru označila komise elektrický oblouk, který vznikl po zkratu napájecího kabelu v levé části kabiny. Zkrat zavinila buď vadná, nebo nedostatečná izolace. Zpráva komise blíže stanovila hlavní okolnosti, které způsobily tak velký rozsah katastrofy, jimiž byly:

- a) kyslíková atmosféra v utěsněné kabině,
- b) velké množství hořlavých materiálů v obytném prostoru posádky,
- c) nedostatečná ochrana elektrických rozvodů,
- d) nevyhovující zajištění evakuace a lékařské pomoci zvenčí.⁵³

Dále byla odhalena řada nedostatků v návrhu a konstrukci Apolla, ve výrobě i v kontrole kvality práce. Komise doporučila celkem dvacet jedna konkrétních opatření k nápravě: mj. hloubkovou revizi systémů zabezpečení životních podmínek v kabině, vypracování směrnic pro hašení požáru v kosmické lodi, zredukování množství hořlavého

⁵⁰ Cit. podle: Víték, A., Krupička, J.: *Apollo, Je tu ošklivý oheň!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 19, s. 25/745.

⁵¹ Víték, A., Krupička, J.: *Apollo, Je tu ošklivý oheň!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 19, s. 25/745.

⁵² Víték, A., Krupička, J.: *Apollo, Je tu ošklivý oheň!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 19, s. 26/746.

⁵³ Ertel, I. D., Newkirk, R. W.: *The Apollo Spacecraft*, díl. IV. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1978, s. 110-114.

materiálu použitého k vybavení kabiny, dostatečné zajištění bezpečnostních a nouzových opatření během všech zkoušek, zdokonalení hlasového spojení s posádkou během těchto zkoušek, obnovení pokusů směřujících k využití dvousložkové atmosféry místo čistého kyslíku a dokonce prověrku požární bezpečnosti i na modelu kabiny ve skutečné velikosti.⁵⁴

Důsledkem požáru na palubě Apolla 1 bylo odvolání pilotovaných letů až do doby, kdy se uskuteční všechna zlepšení a změny doporučené vyšetřovací komisí. Program Apollo se tím však nezastavil. Bylo třeba sledovat chování kabiny při návratu do zemské atmosféry za vysokých rychlostí, ověřit činnost měsíčního modulu při bezpilotních letech a v neposlední řadě vyzkoušet raketu Saturn 5, v té době největší raketu na světě.

Náměstek ředitele NASA pro pilotované lety dr. George R. Mueller (nar. 1918) 3. února 1967 oznámil, že program bude pokračovat třemi bezpilotními lety, AS-206, AS-501 a AS-502, plánovanými na tento rok. Jedinou nepodstatnou změnou se stalo využití nosné rakety Saturn 1B výrobního čísla (SA-204), která měla původně vynést na oběžnou dráhu nešťastnou posádku Apolla 1. Raketa nebyla požárem na rampě číslo 34 poškozena, a proto mohla posloužit při zkoušce měsíčního modulu místo původně plánované SA-206.⁵⁵

Času k bezpilotním zkouškám bylo nyní dostatek, protože kritickým bodem celého postupu práce se stala příprava letu s lidskou posádkou. Teprve když se úpravy velitelské kabiny chýlily ke konci, došlo k upřesnění plánu pro další období. Dne 26. října 1967 oznámil generál Samuel C. Phillips první start rakety Saturn 5 s kódovým označením AS-501. Krátce poté, 4. listopadu 1967, uveřejnil dr. Mueller časový rozvrh programu Apollo pro nejbližší dva roky. Pro rok 1968 se počítalo s lety: AS-502 měl ověřit vlastnosti velitelské sekce při návratu do atmosféry vysokou rychlostí, AS-503 v pořadí třetí bezpilotní let velitelské a služební sekce, AS-206 bezpilotní zkouška lunárního modulu na dráze kolem Země, AS-205 první pilotovaný let velitelské a služební sekce na dráze kolem Země a konečně AS-504 měl být pilotovaný let kompletní sestavy velitelské a služební sekce společně s lunárním modulem, spojený s nácvikem setkání na dráze kolem Země. O rok později (1969) se mělo uskutečnit dalších pět letů (AS-505 až AS-509) s předpokládanou náplní nácviku dosažení Měsíce a s eventuálním přistáním lunárního modulu na měsíčním povrchu při poslední zkoušce. Plán nevyklučoval v případě obtíží, vyvrcholení programu až v roce 1970.⁵⁶ Realita byla ale poněkud jiná.

⁵⁴ Seamans, R. C., Jr.: *Project Apollo, The Tough Decisions*. (NASA SP-2005-4537), Washington D.C., 2005, s. 77.

⁵⁵ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 20, s. 24/784.

⁵⁶ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 20, s. 24/784.

1.5 Apollo 4

Ve čtvrtek 9. listopadu 1967 se uskutečnil, z rampy 39A na ostrově Merritt na sever od mysu Kennedy, první start Saturnu 5 (AS-501) v kompletní třístupňové verzi. Raketa nesla letový model velitelské a služební sekce, dále nefunkční maketu měsíčního modulu, která pouze imitovala příslušnou hmotnost. Start Saturnu 5 probíhal bezchybně, takže třetí stupeň nosné rakety vynesl celou sestavu kosmické lodi Apollo 4 na parkovací dráhu kolem Země do výše 183-191 kilometrů se sklonem 32.6° k rovníku. Po dvou obězích byl třetí stupeň nosné rakety (S-IVB) povellem ze Země znovu nastartován, načež změnil dosavadní téměř kruhovou dráhu kosmické lodi na protáhlou elipsu s apogeem 17 329 kilometrů. Na této dráze došlo k oddělení kosmické lodi od zbytku nosné rakety, u níž zůstala i maketa lunárního modulu. Šestnáctisekundové hoření hlavního motoru na služební sekci ještě zvýšilo apogeum na 18 198 km.⁵⁷ Orientace kosmické lodi vzhledem ke Slunci byla nyní čtyři a půl hodiny udržována konstantní, aby se prověřila účinnost tepelné ochrany před přehřátím slunečními paprsky. Výsledek této zkoušky byl uspokojivý. Také s chováním hlavního motoru služební sekce byli technici až dosud spokojeni. Tato pohonná jednotka měla v budoucnu sehrát klíčovou roli, jelikož jejím úkolem bylo navést Apollo na dráhu kolem Měsíce a naopak udělit kosmické lodi potřebný impuls při návratu z této dráhy zpět k Zemi. Druhý zážeh tohoto motoru, trvající 271 sekund, dopadl opět na výbornou. Hoření motoru dokázalo urychlit velitelskou sekci natolik, aby vzlétla do zemské atmosféry pod úhlem sedmi stupňů vzhledem k horizontu rychlostí 11 144 m/s právě tak, jako by se kosmická loď vracela od Měsíce. Již samotná služební sekce přistála na vodní hladinu poblíž Havajských ostrovů po letu trvajícím osm hodin a sedmatřicet minut. Následně byla vylovena letadlovou lodí USS Bennington.⁵⁸

1.6 Apollo 5

Plánovaný první bezpilotní let lunárního modulu se uskutečnil 22. ledna 1968 za pomoci nosné rakety Saturn 1B (AS-204), určené původně pro nešťastné Apollo 1. Lunární modul oficiálně nazvaný Apollo 5 byl vynesl na oběžnou dráhu Země ve výši 163-222 kilometrů a se sklonem $31,6^\circ$ k rovníku. Po navedení na dráhu a odhození aerodynamického

⁵⁷ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-22.

⁵⁸ Astronautics and Aeronautics, 1967: *Chronology of Science, Technology, and Policy*. (NASA SP-4008), Washington DC, 1968, s. 339-341.

krytu trvalo téměř čtyřicet čtyři minut, než došlo k plánovanému oddělení modulu od nosné rakety. Následujícím pokusem měla být simulace brzdícího manévru při zahájení sestupu k povrchu Měsíce. Motor přistávací sekce měl hořet třicet devět sekund, ale nevhodně nastavený program v palubním počítači jej vypnul již po čtyřech sekundách.⁵⁹

Technikům řídicího střediska v Houstonu nezbylo než přejít na jednodušší plán. Druhý zážeh na dvacet šest sekund při deseti procentech výkonu a na sedm sekund při maximálním výkonu již proběhl bez problémů. Třetí pokus, uskutečněný pouhých třicet dva sekund po předcházejícím manévru, uvedl motor přistávací sekce v činnost nejprve opět na dvacet šest sekund s deseti procenty výkonu a pak na dvě sekundy při maximu. V tomto okamžiku byl simulován manévr, který by astronauti použili v případě havarijní situace v závěrečné fázi sestupu na Měsíc. Následoval zážeh motoru vzestupné části lunárního modulu po dobu šedesáti sekund po předchozím pyrotechnickém přetnutí spojek, kdy se obě části modulu od sebe oddělily. Motor vzestupné sekce byl pak znovu aktivován na dobu šesti minut a dvaceti tří sekund až do úplného vyčerpání pohonných látek, aby se ověřila spolehlivost jeho dlouhodobé funkce. Celý pokus skončil jedenáct hodin a deset minut po startu k všeobecné spokojenosti. Což také potvrzoval i fakt, že došlo ke zrušení dalšího plánovaného bezpilotního pokusu. Zbývá jen dodat, že obě části lunárního modulu byly ponechány svému osudu na oběžné dráze.⁶⁰

1.7 Apollo 6

Další z bezpilotních letů Apolla proběhl 4. srpna 1968 méně úspěšně než předchozí dva testy. Poprvé a naposledy, za celou dobu užívání nosné rakety Saturn 5 nebyl průběh startu bez problémů. První stupeň sice odvedl požadovanou práci, avšak na druhém stupni S-II selhaly dva z pěti motorů J-2. Za cenu delšího chodu zbývajících tří motorů tohoto stupně a také na úkor zvýšené spotřeby pohonných látek na třetím stupni se podařilo kosmickou loď Apollo 6 dopravit na parkovací dráhu, její parametry (172-395 km) se však značně lišily od původně plánované kruhové ve výši 175 kilometrů. Navíc selhal i třetí stupeň nosné rakety (S-IVB), který odmítl restartovat. Proto nebylo možno dopravit Apollo 6 na protáhlou dráhu jako v případě Apolla 4 a řídicí středisko muselo přejít na záložní plán. Kosmická loď se oddělila od stávkujícího třetího stupně a pomocí vlastního motoru dosáhla eliptické dráhy

⁵⁹ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-24.

⁶⁰ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 20, s. 24/784-25/785.

s apogeeem 22 225 kilometrů ovšem za cenu spotřeby téměř veškerých pohonných látek. Druhý zážeh motoru služební sekce se proto neuskutečnil, k plánovanému urychlení při sestupu nedošlo a velitelská sekce vstoupila do atmosféry rychlostí pouhých 9997 m/s namísto plánovaných 11 170 m/s. Prostor přistání minula přibližně o 80 kilometrů, byla však nalezena a v pořádku vylovena vrtulníkovou letadlovou lodí USS Okinawa. Délka tohoto málo úspěšného testu činila devět hodin a padesát minut.⁶¹

⁶¹ Akens, D. S.: *Saturn illustrated chronology*. Houston, Texas 1971, s. 221.

2. Pilotované lety

2.1 Apollo 7

Program Apollo za sebou ještě neměl ani jeden pilotovaný let a již se objevil daleko vážnější problém, jímž nebylo nic jiného než slábnoucí příliv finančních prostředků. NASA požadoval pro fiskální rok 1968 rozpočet 4,3 miliardy dolarů, ale Kongres mu přidělil pouze 3,9 miliardy, což bylo nejméně za posledních pět let. V náznamech se začaly ozývat zvěsti, že finance nebudou stačit na krytí všech plánovaných letů až po Apollo 20.⁶²

Další zásah do dlouhodobých plánů s nečekaným vyvrcholením znamenalo prohlášení tehdejšího náměstka ředitele NASA dr. Thomase O. Paina (1921-1992), který 19. srpna 1968 uvedl, že z letu Apolla 8, chystaného na konec roku 1968, bude vypuštěn měsíční modul. Dodávka lunárního modulu výrobního čísla (LM-3) se totiž opožďovala a jeho pozemní testy představovaly další retardační faktor.⁶³

V průběhu roku 1968 se téměř celý program soustředil na jediný cíl, aby posádka ve složení Walter Marty Schirra (1923-2007), Donn Fulton Eisele (1930-1987) a Ronnie Walter Cunningham (narozený 1932) zvládla v plánovaném termínu bezpečně svůj úkol. Výrobce velitelského modulu firma North American, musel aplikovat značný počet změn, které stály půl miliardy dolarů. Změnil se celý interiér, a to až po nové barvy a tkaniny, jež teď zůstávaly nehořlavé i v podmínkách atmosféry čistého kyslíku. Také průlez, který posádce Apolla 1 zamezil únik, byl nyní konstruován jinak a mohl se nyní otevřít během tří sekund. Namísto čistého kyslíku měli nyní astronauti až do chvíle startu pracovat v mnohem bezpečnější směsi dusíku a kyslíku. Mnoho změn iniciovala i samotná posádka Apolla 7, především Walter Schirra.⁶⁴

Dlouho očekávaný den nadešel 11. října 1968, kdy z rampy 34 na Kennedyho mysu odstartovala nosná raketa Saturn 1B. Po jejím bezchybném startu vynesla na počáteční oběžnou dráhu (222-286 km) loď Apollo 7. Poté následovala kontrola stále ještě neodděleného druhého stupně rakety, který měl posloužit jako cíl pro setkávání. K odpojení došlo teprve po téměř třech hodinách letu. Načež posádka uskutečnila nácvik opětného přiblížení k samostatně letícímu stupni S-IVB. Chvilí se obě tělesa pohybovala v těsné formaci, pak následovalo odpoutání do bezpečné vzdálenosti. Druhý den nácvik setkávání

⁶² Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 187.

⁶³ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*, in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 20, s. 25/785.

⁶⁴ Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 185.

pokračoval, když posádka Apolla 7 stíhala stupeň S-IVB ze vzdálenosti 150 kilometrů až na konečných 25 metrů. Tímto byl jeden z hlavních úkolů letu splněn a Apollo 7 se definitivně odloučilo od stupně S-IVB.⁶⁵

Zatímco na Zemi v řídicím středisku panovala s dosavadním průběhem letu spokojenost, na palubě kosmické lodi tomu tak nebylo. V noci zamrzl jeden z radiátorů klimatizačního systému, v kabině proto bylo chladno a velitel Schirra dostal rýmu. Po něm začal kýchat i Cunningham. Oba museli brát každé čtyři hodiny dva aspiriny a prášky proti tlaku v hlavě. Také se spacími pytli nebyla posádka spokojena. V beztížném stavu z nich astronauti vyplouvali, takže raději nadále spali připoutáni v křeslech. Služba byla rozdělena do tří osmihodinových směn. V první pracovali všichni společně, poté měl osm hodin spát pilot velitelského modulu Eisele, aby v noci vystřídal svoje dva kolegy. Večer 13. října během ukládání ke spánku oznámil i Eisele, že se rýma nevyhnula ani jemu. V následujících dnech však plynul život v kosmu v poměrném klidu. Astronauti podle plánu testovali hlavní motor služební sekce v různých režimech. Na 18. října 1968 byla naplánována další velká zkouška, simulované navedení Apolla na dráhu kolem Měsíce. Motor měl pracovat celkem jednašedesát sekund a spotřebovat asi dvě tuny pohonných látek. Během manévru však došlo ke ztrátě spojení se Zemí a Schirra vypočil motor opožděně, takže hořel o pět sekund déle, než bylo v plánu. Následkem toho proběhla ostrá diskuse s řídicím střediskem. V následujících dnech snížili astronauti dvěma zážehy hlavního motoru výšku apogea své dráhy. Byla to příprava na návrat do atmosféry.⁶⁶

K samotnému přistání došlo po více dvě stě šedesáti hodinách letu, na předem stanoveném místě v Atlantickém oceánu jihovýchodně od Bermud. Astronauty i velitelskou sekci Apolla 7 vyzvedla posádka letadlové lodi USS Essex.⁶⁷

Let Apolla 7 byl natolik úspěšný, že dovolil změnit plán pro následující misi. Pro posádku to ale znamenalo Pyrrhovo vítězství, časté neshody s řídicím střediskem, které poznamenaly velkou část letu, byly pravděpodobně příčinou toho, že již nikdo z nich do vesmíru neletěl.

⁶⁵ Manned Spacecraft Center: *Apollo 7 Mission report*. (NASA MSC-PA-R-68-15), Houston, Texas 1968, s. 2-1.

⁶⁶ Krupička, J., Vitek, A.: ...a velký skok pro lidstvo. in: *Letectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 15, s. 56/1174-57/1175.

⁶⁷ Manned Spacecraft Center: *Apollo 7 Mission report*. (NASA, MSC-PA-R-68-15), Houston, Texas 1968, s. 1-1.

2.2 Apollo 8

V době, kdy Američané konali pozemní testy a letové zkoušky programu Apollo, probíhaly v Sovětském svazu pod označením Zond pokusy s kosmickou lodí typu Sojuz, upravenou tak, aby byla schopna pasivně obletět Měsíc a vrátit se k Zemi; Zond 4, vypuštěný 2. března 1968, se dostal jen na protáhlou elipsu, sahající za dráhu Měsíc, ale nikoli do jeho bezprostřední blízkosti. Zato Zond 5, který odstartoval 15. září 1968 s pokusnými zvířaty na palubě, již Měsíc obletěl. Totéž později opakoval i Zond 6, vypuštěný 10. listopadu 1968. Vše nasvědčovalo tomu, že se sovětsí technici pokoušejí získat prvenství v pilotovaném obletu Měsíce. Ve Spojených státech, již tolikrát Rusy předstižených, si sovětských snah byli dobře vědomi, a proto Thomas O. Paine, úřadující ředitel NASA, na tiskové konferenci 28. října 1968 prohlásil: „Uskutečnime tu nejkomplikovanější možnou expedici, kterou si můžeme dovolit, aniž bychom překročili únosné riziko pro posádku lodí. Konečné rozhodnutí o tom, zda Apollo 8 poletí okolo Měsíce, bude učiněno po zvážení dosavadních úspěchů i možného nebezpečí, které by tento další krok, směřující k pilotovanému přistání na Měsíci, s sebou přinesl.“⁶⁸ Značně odvážné prohlášení reagovalo v podstatě na náladu veřejnosti, vyvolanou sdělovacími prostředky pod dojmem úspěšného letu Apolla 7. Nahrávala mu také skutečnost, že se termín dodání druhého letového exempláře lunárního modulu neustále odsouval. Původním cílem letu lodí Apollo 8 měl být totiž právě nácvik setkávání s měsíčním modulem na nízké oběžné dráze kolem Země.⁶⁹

Bez lunárního modulu stálo za to letět přinejmenším na protáhlé dráze okolo Země (jako Zond 4), nebo pasivně obletět Měsíc (jako Zond 5), ale také navést kosmickou loď na oběžnou dráhu kolem Měsíce a tím vyvážit dosavadní sovětské úspěchy. Na druhé straně nebyly dosud k dispozici výsledky analýzy letu Apolla 7 a také nebylo zesíleno přírodní potrubí pohonných látek ve stupni S-II a S-IVB, které způsobilo potíže u rakety SA-502 během letu Apolla 6. Další přípravy, například pozemní zkoušky velitelské i služební sekce pro let k Měsíci, měly daleko k dokonalosti. Stejně tak nebylo dokončeno ani programové vybavení pro pozemní počítače v řídicím středisku v Houstonu. Neexistovaly také matematické modely pro simulace při nácviku posádek pro dálkovou expedici. Výčet problémů byl dlouhý, přes to vše padlo konečné rozhodnutí již 12. listopadu 1968. Thomas O. Paine na tiskové konferenci na ředitelství NASA ve Washingtonu potvrdil, že Apollo 8

⁶⁸ Cit. podle: Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 20, s. 26/786.

⁶⁹ Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 185-186.

k Měsíci poletí. Generál S. C. Phillips, ředitel programu Apollo, přitom upozornil na dvě zcela nové kategorie nebezpečí, které mohou při tomto podniku na kosmonauty čekat: „Pohonný systém kosmické lodi,“ řekl, „musí fungovat naprosto bez chyby, má-li se Apollo 8 dostat nazpátek domů!“⁷⁰ Narážel tím na impuls, nezbytný k urychlení kosmické lodi při změně lunární oběžné dráhy na návratovou dráhu k Zemi. „Druhé nebezpečí,“ pokračoval Phillips, „je obecnějšího rázu. Spočívá v prostém faktu, že jste vzdáleni od Země tři dny letu, namísto obvyklých maximálně tří hodin.“⁷¹ Měl pravdu, ovšem Američané neměli na vybranou. Dva dny před uvedenou konferencí totiž odstartoval již zmíněný Zond 6.

Po zkušenostech s letem AS-502 (Apollo 6) byl v podstatě riskantní jenom start Saturnu 5. Astronautům by však i při jeho havárii velké nebezpečí nehrozilo, protože záchranný systém (*Launch Escape System* - LES), malá věžička se silným raketovým motorem na tuhé pohonné látky, umístěná na přídi lodi, byl úspěšně prověřen při mnoha simulovaných haváriích na malé raketě Little Joe II. Větší problém představovala případná blamáž.⁷²

Změna programu letu postihla rovněž i složení posádky. Původní sestava jmenovaná pro let Apolla 8 ve složení James Alton McDivitt (narozeny 1929), David Randolph Scott (narozeny 1932) a Russell Louis Schweickart (narozeny 1935) se usilovně připravovala na plánované testy lunárního modulu na oběžné dráze Země. Poté, co byl zveřejněn pozměněný plán, zůstal McDivittův tým věrný svému původnímu programu a odmítl se zúčastnit tohoto improvizovaného letu. Dalším osloveným v pořadí byli astronauti určení pro plánovaný let Apolla 9 na vysoké oběžné dráze, kde by jen opakovali program předchozí expedice, ve složení Frank Frederick Borman (narozeny 1928), Michael Collins (narozeny 1930) a William Alison Anders (narozeny 1933). Tato posádka neodmítla a tak došlo k vzájemnému prohození s jednou změnou. Michael Collins trpěl již od dob jedné katapultáže, k níž došlo několik let nazpět, potížemi se zády a nyní měl za sebou plánovanou operaci páteře. Krk měl stále dosud v korzetu a velmi litoval, že nebude moci být v tomto brzkém termínu připraven na let. Jeho místo v posádce zaujal James Arthur Lovell, (nar. 1928), který patřil do záložního týmu.⁷³

⁷⁰ Cit. podle: Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 20, s. 26/786.

⁷¹ Cit. podle: Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 20, s. 26/786.

⁷² Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-14/2-15.

⁷³ Záložní tým tvořil již zmíněný Lovell, dále Neil Armstrong a Buzz Aldrin. Michael Collins se posléze přesunul na původní pozici Lovella a se svou novou posádkou později letěl v rámci mise Apollo 11, jako pilot velitelské sekce, k Měsíci.

Hned první start nosné rakety Saturn 5 (SA-503) s lidskou posádkou, uskutečněný 21. prosince 1968, dal zapomenout na trable bezpilotního Apolla 6. Vše proběhlo bezchybně a tak mohl restart třetího stupně (S-IVB) po třech hodinách letu na zemské oběžné dráze vyslat kosmickou loď Apollo 8 na translunární dráhu. Ta byla propočtena tak, že kosmická loď by bez velkých manévřů, pouze s nezbytnými korekcemi, mohla pasivně obletět Měsíc a jako bumerang se vrátit bezpečně zpět k Zemi. Této metody tzv. dráhy volného návratu (*free return trajectory*) se používalo z bezpečnostních důvodů až do letu Apolla 12. Po odhození již zcela vyhořelého třetího stupně astronauti provedli tak přesnou korekci dráhy, že další, plánovanou na druhý den, bylo možno vypustit. Posádka ale začala trpět kinetózou a Borman dokonce ohlásil střevní chřipku. Na Štědrý den zmizelo Apollo 8 za Měsícem. Rádiové spojení bylo přerušeno a osamělost trojice astronautů ve velitelské sekci se ještě více prohloubila. Asi deset minut po ztrátě spojení posádka Apolla 8, odkázaná na vlastní síly, korigovala dráhu hlavním motorem služební sekce. Stačilo 265 sekund jeho hoření, aby kosmická loď snížila rychlost o 913 m/s a přešla na selenocentrickou dráhu ve výši 311-111 kilometrů nad měsíčním povrchem. Po druhém oběhu lodi kolem Měsíce posádka Apolla 8 snížila rychlost své lodi o 41 m/s a dostala se tak na kruhovou dráhu ve výši 112-112,6 kilometrů.⁷⁴ Lovell potvrdil, že perspektivní přistávací plochy, vybrané na základě snímků pořízených automatickými sondami Lunar Orbiter, vypadají velmi nadějně.⁷⁵

Během pobytu na lunární oběžné dráze uskutečnili astronauti z Apolla 8 přímý televizní přenos, při kterém divákům na Zemi poskytli jedinečné záběry měsíčního povrchu či vzdálené Země. Závěrem svého pořadu přečetli jako vánoční poselství všem lidem dobré vůle úvodní verše první knihy Mojžíšovy: „Na počátku stvořil Bůh nebe a zemi...“⁷⁶

Pátého dne letu dostoupil zájem o expedici a spolu s ním i napětí svého vrcholu. Apollo 8 se na konci svého desátého oběhu připravovalo za odvrácenou stranou Měsíce ke zpáteční cestě. K tomu bylo zapotřebí zvýšit rychlost lodi o více než jeden kilometr za sekundu. Znamenalo to, že motor služební sekce musí pracovat nepřetržitě skoro tři a půl minuty. Napětí v řídicím středisku stoupalo každou minutu. Bez rádiového spojení nikdo nemohl předem říci, jak manévr dopadne. Teprve po půlhodině nuceného odmlčení se ozval Lovellův hlas: „Račte vědět, že jsme si něco nadělili pod stromeček.“⁷⁷ I když věta zněla poněkud pythicky, každý pochopil, co měl pilot velitelské sekce na mysli. Opravdu.

⁷⁴ Manned Spacecraft Center: *Apollo 8 Mission report*. (NASA, MSC-PA-R-69-1), Houston, Texas 1969, s. 3-1/3-2.

⁷⁵ Víték, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 20, s. 27/787.

⁷⁶ Cit. podle: Lovell, J., Kluger, J.: *Apollo 13*. Praha 1996, s. 52.

⁷⁷ Cit. podle: Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 196.

Návratová dráha kosmické lodi byla takřka ideální a následující nepatrná korekce ji zlepšila natolik, že na další opravy již nedošlo. Šestý den letu se velitelská a služební sekce od sebe oddělily. Velitelský modul prolétl atmosférou a přistál necelých pět kilometrů od čekající letadlové lodi USS Yorktown po letu, který trval 147 hodin a jednu minutu.⁷⁸

Úspěšný let Apolla 8 vyvolal ve Spojených státech vlnu bouřlivého nadšení a jeho podrobnosti se na nějakou dobu staly předmětem zájmu denního tisku a řady rozhlasových i televizních pořadů. Posádce Apolla 8 i jiným zaměstnancům NASA udělil vyznamenání sám prezident Johnson, který ostatně kdysi, ještě jako zástupce Kennedyho, měl na starosti kosmonautiku. Pro Johnsona to bylo poslední oficiální setkání s jeho dřívějším oborem, protože 21. ledna 1969 měl převzít Bílý dům demokrat Nixon. S Nixonovým nástupem došlo i k ochabnutí zájmu vládnoucích kruhů ke kosmickému programu, které se později projevilo zkrácením programu Apollo.⁷⁹

2.3 Apollo 9

Dosavadní úspěchy programu Apollo měly přirozeně ohlas po celém světě. Také soupeřící sovětsí vědci, například profesor Petrov, se netajili uznáním, ale zároveň neopomněli dodat, že Sovětský svaz klade důraz na výzkum Měsíce i jiných těles Sluneční soustavy především pomocí automatických sond. To bylo další železko, které měl Sovětský svaz v ohni. V rámci řady sond Luna připravoval automat, který by dokázal bez lidského přispění odebrat asi 100 gramů měsíční půdy z hloubky až několika desítek centimetrů a dopravit tuto horninu zpět na Zemi. Šlo tedy o to, zda horninu z Měsíce získají jako první sovětské automaty, nebo americká pilotovaná expedice. V době letu Apolla 8 koncem roku 1968 měl již sovětský program za sebou řadu úspěchů, včetně měkkého přistání na Měsíci. Američanům naproti tomu stále chybělo to hlavní: pilotované zkoušky lunárního modulu.

Dne 4. ledna 1969 byla konečně na rampu 39A vyvezena sestava AS-504 a zahájeny prověrky všech systémů nosiče i kosmické lodi v kompletním uspořádání. Posádku tvořila již zmíněná sestava tří astronautů pod vedením Jamese A. McDivitta. Jejich úkolem bylo prověřit manévrování lunárního modulu a lodi Apollo na dráze kolem Země. Pro tento účel si posádka zvolila, z důvodu jednodušší komunikace, volací znaky. Velitelská sekce byla pojmenována „Gumdrop“ (Karamela), lunární modul dostal charakteristický název „Spider“ (Pavouk) a

⁷⁸ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D.C., 2000, s. 40.

⁷⁹ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Pavouk se učí létat*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 21, s. 24/824.

Schweickart pro plánovaný výstup do kosmu obdržel přezdívku „Red Rider“ (Rudý jezdec), zřejmě s přihlédnutím k jeho zrzavé kšticí.⁸⁰

Po bezchybném startu nosné rakety Saturn 5, uskutečněného 3. března 1969, byla během jedenácti minut dopravena kosmická loď na oběžnou dráhu ve výši 190 až 193 km. Pouze drobné potíže posádce připravil palubní počítač, jehož hodiny se za startem opozdily o 0,4 sekundy. Po nápravě této závady pomocí opětovného spuštění počítače se elektronický mozek umoudřil a kosmická loď mohla přistoupit k nácvičku manévřů. Především šlo o přeskupení jednotlivých částí komplexu. V první části se služební a velitelská sekce oddělily od posledního stupně nosné rakety, k němuž zůstal prozatím připojen lunární modul v transportní poloze se složenýma nohama. Ve vzdálenosti několika desítek metrů se Apollo 9 pomocí manévrovacích motorů otočilo o 180° a opačnou stranou se vracelo zpět k S-IVB. Přibližování řídila posádka lodi ručně, aby případné přetrvávající závady na počítači manévř nekomplikovaly. Po pevném spojení, byl lunární modul vytažen z lůžka ve stupni S-IVB a přestavěná loď zahájila prověrku pevnosti spojení jak pomocí hlavního motoru služební sekce, tak natáčením celého soulodí manévrovacími motorky. Již nepotřebný třetí stupeň byl šesti minutovým zážehem svého motoru uveden na sluneční oběžnou dráhu s periodou 325 dní.⁸¹

Druhý den letu byl opět věnován manévřům, které nejprve vedly ke zvýšení apogea až na 503,7 kilometrů a posléze upravily rovinu dráhy tak, aby osvětlení v době plánovaného setkání s lunárním modulem bylo co nejlepší. K vlastní návštěvě lunárního modulu se McDivitt a Schweickart dostali teprve třetí den letu. Oblečení do těžkých skafandrů, určených pro pobyt mimo kabinu, otevřeli průlez a prošli do kabiny lunárního modulu. Zde odzkoušeli chod přistávacího motoru a po hodinovém pobytu se vrátili zpět do velitelské sekce. Práci posádky silně komplikovalo virové onemocnění, které nejvíce postihlo Schweickarta. Po desetihodinovém spánku se celá posádka včetně Schweickarta cítila lépe. Vycházka pilota lunárního modulu do volného prostoru, která byla původně ze zdravotních důvodů odvolána, se znovu dostala na pořad dne, byť ve zkrácené verzi. Byl zrušen plánovaný přestup z lunárního modulu do velitelské sekce vnějškem. Místo toho stál Schweickart na plošince před východem z měsíční sekce, kde fotografoval a odebíral vzorky folie z povrchu měsíčního modulu.⁸²

⁸⁰ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Pavouk se učí létat*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 21, s. 24/824.

⁸¹ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 54.

⁸² Krupička, J., Vítek, A.: *...a velký skok pro lidstvo*. in: *Letectví + kosmonautika* 1994, LXX, č. 15, s. 58/1176.

K vyvrcholení letu došlo 7. března 1969 samostatnou zkouškou měsíční sekce. Po tříhodinové prověrce systémů stiskli McDivitt a Schweickart tlačítko, které mělo uvolnit dvanáct západek, spojujících obě lodi. To se však nepodařilo a nepomohlo ani trhnutí manévrovacími motory, které uvedl v činnost Scott z kabiny velitelské sekce. Problém nakonec vyřešilo několik ran pěstí, jimiž Scott v průlezu uvolnil zapříčené západky. Došlo k odpoutání a lunární modul se vzdaloval od Apolla rychlostí osmnáct metrů za minutu. Následně Scott pomocí manévrovacích motorů odlétl s velitelskou lodí na vzdálenost pěti kilometrů. Také lunární modul zvýšil pomocí přistávacího motoru svou rychlost o 29,5 m/s a postupně se vzdálil od mateřské lodi až na devadesát kilometrů. Po jednom oběhu se obě lodi opět k sobě přiblížily na pět kilometrů. To už ale posádka lunárního modulu dostala povolení z řídicího střediska v Houstonu k dalšímu manévru, tzv. „simulovanému navedení na sestupovou dráhu“. V apogeu zapálila posádka měsíční sekce znovu přistávací motor, což zapříčinilo přechod z eliptické dráhy na kruhovou a v průběhu času i vzdálení od své mateřské lodi až na 130 kilometrů. Někde zde odhodili McDivitt a Schweickart přistávací část lunárního modulu a s pomocí manévrovacích motorků a později i startovacího motoru přešli na dráhu ve výši 209 kilometrů, na níž mohli opět dohánět mateřskou loď. Vzájemné spojení nastalo okamžitě po setkání, protože hrozilo nebezpečí, že kontaktní uzel byl poškozen během odpojování a že nebude možno obě lodi opět bezpečně sloučit. V tom případě by bylo nutno přestoupit z lunárního modulu do velitelské sekce vnějškem. Obavy se ale rychle rozplynuly poté, co došlo k zachycení vodící tyče v kuželu průlezu lunárního modulu. Po pevném spojení připravila dvojice astronautů lunární modul pro jeho poslední manévr a pak přešla zpět ke Scottovi do velitelské sekce. Lunární modul, řízený vlastním počítačem, byl odhozen a Apollo 9 po zdržení zaviněném špatným počasím perfektně přistálo 13. března 1969 nedaleko ostrova Grand Turk v dohledu vrtulníkové letadlové lodi USS Guadalcanal.⁸³

Tento úspěšný let, který znamenal další krok na cestě k Měsíci, přinesl i důležité odhalení vlivu beztlížného stavu na člověka. Russell Schweickart byl totiž první, který porušil nepsané pravidlo mlčení o kosmické nevolnosti. Nevolnost ve vesmíru ve skutečnosti působila již při dřívějších letech významné problémy. Frank Borman později přiznal, že mu bylo po celou dobu letu k Měsíci pěkně mizerně, ale věděli o tom pouze kolegové z posádky Apolla 8 a ti si to taktně nechali jen pro sebe. Jenže Schweickartovi bylo tak strašně zle, že byl chvílemi téměř úplně bezmocný, a musel s pravdou ven. Vzhledem k jeho potížím se

⁸³ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-32.

musel upravovat letový plán, což vedlo k tomu, že se tento jev začal zkoumat podrobněji.⁸⁴ Russell Schweickart ale zaplatil cenu za všechny ostatní, i když proti němu veřejně nepadlo ani slovo, nikdy již znovu nevzlétl.

2.4 Apollo 10

Na základě rozboru letu Apolla 9 se 18. března 1969 definitivně rozhodlo, že následující expedice poletí k Měsíci, aby opětovně vyzkoušela manévry s přistávacím modulem, tentokrát ovšem ve vzdálenosti 380 tisíc kilometrů od Země. Dráha kosmické lodi byla stanovena tak, aby oddělený lunární modul prolétl nad přistávacím místem Apolla 11, takže „desítka“ v podstatě prověřovala celou měsíční expedici s výjimkou závěrečného přistání. Po zkušenostech s posledními lety se rovněž rozhodlo, že posádky budou v třítydenní předstartovní izolaci, aby se neopakovala častá virová onemocnění během pobytu v kosmu.⁸⁵

Let Apolla 10 byl zahájen 18. května 1969 startem nosné rakety Saturn 5 (AS-505), v jedenáct hodin a devětačtyřicet minut místního času z rampy 39B. Posádka Apolla 10 se skládala z velitele Thomase P. Stafforda (narozený 1930), pilota velitelské sekce Johna W. Younga (narozený 1930) a pilota lunárního modulu Eugena A. Cernana (narozený 1934). Po navedení na parkovací dráhu ve výši (183-184 km) celá zbývající sestava vykonala jeden a půl oběhu kolem Země. Poté byl celý komplex naveden na přechodovou dráhu k Měsíci. Následovala tradiční přestavba lodi a oddělení od posledního stupně. Během sedmdesáti tří hodin letu k Měsíci astronauti provedli pouze jednu korekci dráhy. Dne 21. května 1969 v patnáct hodin pětáctýřicet minut amerického východního času byla ve výši 162 kilometrů nad odvrácenou stranou Měsíce snížena motorem služební sekce rychlost lodi a tím dosažena oběžná dráha ve výši (111-315 km).⁸⁶ Po úpravě dráhy na kruhovou ve výši 111 kilometrů Stafford spolu s Cernanem zevrubně zkontrolovali systémy lunárního modulu včetně zkoušky rádiového spojení s velitelskou částí. Young se podobně postaral o velitelskou sekci. Až dosud se zdálo, že je vše v pořádku, jenže dosavadní pohodu zkalilo zjištění, že vypouštěcí ventil v přechodovém prostoru se ucpal pravděpodobně skelnými vlákny. Astronauti museli odvdušnit i lunární modul, aby se tunel vyprázdnil. Během dvanáctého oběhu Stafford a Cernan oddělili lunární modul (volací znak „Snoopy“) od velitelské sekce (volací znak „Charlie Brown“), ve kterém zůstal Young. Zapálením přistávacího motoru astronauti zahájili

⁸⁴ Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 205-206.

⁸⁵ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Pavouk se učí létat*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 21, s. 24/824.

⁸⁶ Lála, P., Vitek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982, s. 324-325.

sestup do výšky 16 km nad měsíční povrch. Během této operace zároveň testovali radiolokační zařízení a snímkovali přistávací oblast. „Houstone,“ volá Young z velitelské sekce, jakmile je v rádiovém dosahu Země. „Jsou dočista dole! Proplétají se mezi balvany!“ „Jo, jsme opravdu hezky nízko,“ potvrzuje Stafford. „Vypadá to, že stačí jen vysunout podvozek a sednout si!“⁸⁷ Ve skutečnosti dosáhl Snoopy nejnižšího bodu dráhy ve výši 15 196 metrů nad povrchem, asi patnáct kilometrů stranou od přistávací oblasti číslo dvě vybrané pro Apollo 11. Pro lunární modul poté zahájil tzv. fázovací manévr, jímž se rozumělo třiačtyřicet sekund hoření přistávacího motoru. Snoopy se pak vzdálil od Měsíce až na 352 kilometrů, aby se za dvě hodiny opět přiblížil k pericyntiu, kde jeho posádka odhodila přistávací stupeň. Stafford a Cernan netušili, že v pořadí operací vynechali jeden řádek příkazující přepnout záložní počítač do režimu „Drž okamžitou polohu“. Následkem toho se lunární modul začal otáčet nejprve kolem podélné a pak i kolem své příčné osy. Tragédii zabránilo vypojení počítačů a přechod na ruční řízení. Krize prudké rotace trvala pouhých osm sekund. Následným zážehem startovacího motoru se dramatické chvíle letu vyčerpaly.⁸⁸ K opětovnému spojení obou lodí došlo 22. května 1969, po téměř devítihodinovém samostatném letu, ve dvaadvacet hodin a dvacet minut východního amerického času. Po přestupu astronautů na palubu mateřské lodi se zbytek lunárního modulu oddělil a byl naveden na heliocentrickou dráhu. Na zpáteční cestu z oběžné dráhy Měsíce se Apollo 10 vydalo 24. května 1969 v pět hodin a pětadvacet minut amerického východního času. K závěrečnému přistání došlo v Tichém oceánu nedaleko čekající letadlové lodi USS Princeton po celkových osmi dnech a třech minutách letu.⁸⁹

⁸⁷ Cit. podle: Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Pavouk se učí létat*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 21, s. 26/826.

⁸⁸ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Pavouk se učí létat*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 21, s. 26/826-27/827.

⁸⁹ Lála, P., Vítek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982, s. 324-325.

3. Měsíční expedice

3.1 Apollo 11

Dva týdny po návratu Apolla 10 od Měsíce, kdy již proběhly základní analýzy záznamů z letu, NASA vyhlásil, že Apollo 11 odstartuje 16. července 1969. V té době však již probíhaly v plném proudu předstartovní přípravy nosné rakety Saturn 5 (AS-506) na rampě 39A, včetně kompletu kosmické lodi Apollo 11, která tam byla přesunuta již 21. května 1969. Posádku Apolla 11, již tvořili velitel lodi Neil Alden Armstrong (narozený 1930), pilot velitelského modulu Michael Collins a pilot lunárního modulu Edwin Eugene „Buzz“ Aldrin (narozený 1930), prezentoval poprvé novinářům počátkem ledna 1969 představitel NASA Thomas Paine. Oficiálně byla mise Apola 11 považována za expedici s otevřeným koncem. Astronauti v ní měli pokračovat jen potud, dokud bude všechno probíhat dle plánu a pokud jim nebude hrozit žádné nebezpečí.⁹⁰

Ve stanovený den, 16. července v osm hodin a třicet dva minut amerického východního času, odstartovala z floridského kosmodromu nosná raketa Saturn 5 s kosmickou lodí Apollo 11 na svůj historický let. Necelé dvě hodiny po startu přešlo Apollo 11 zážehem motoru posledního stupně rakety na translunární dráhu. Na ní čekal astronauty obvyklý manévr, spočívající v rozdělení a přestavbě lodi. Velitelská sekce Apolla obdržela volací znak Columbia a lunární modul Eagle (orel). Columbia se vzdálila od posledního stupně (S-IVB) až na 30 metrů, což si vyžádalo nepatrně větší spotřebu pohonných látek při opětovném přiblížení.⁹¹ Zato spojení s Eaglem již proběhlo znamenitě. Také dráha byla vyhovující, takže řídicí středisko rozhodlo zrušit zamýšlenou první letovou korekci. Druhý den letu se uskutečnila plánovaná úprava dráhy MCC-2 (*Midcourse Correction-2*), která snížila budoucí pericyynthion (nejnižší výška letu nad povrchem) z 324 na 111 kilometrů nad povrchem Měsíce. Na nové dráze kosmická loď pomalou rotací zajišťovala rovnoměrné zahřívání povrchu slunečním zářením. Ve chvílích klidu se posádka Apolla zajímala o průběh letu sovětské sondy Luna 15.⁹²

V Sovětském svazu místní raketoví specialisté využili dřívějšího startovního okna k letu na Měsíc a pokusili se získat vzorek měsíční horniny pomocí automatické sondy Luna

⁹⁰ Krupička, J., Vítek, A.: ...a velký skok pro lidstvo. in: Letectví + kosmonautika 1994, LXX, č. 16, s. 55/1257.

⁹¹ Manned Spacecraft Center: *Apollo 11 Mission Report*. (NASA MSC-00171), Houston, Texas 1969, s. 4-2.

⁹² Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Základna Tranquillity*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 22, s. 24/864.

15, před tím než se to povede posádce Apolla 11. V případě úspěchu to mělo být alespoň malé zadostiučinění při očekávané porážce v nevyhlášeném souboji o Měsíc. Někteří odborníci ve Spojených státech však pociťovali obavy z možného ohrožení Apolla sovětskou sondou. Úkolu tento problém vyřešit se zhostil na žádost ředitele letových operací houstonského střediska dr. Christophera Krafta astronaut Frank Borman. Ten nejprve zatelefonoval přímo prezidentu Akademie věd Mstislavu Keldyšovi a zeptal se ho na sovětskou sondu. Pak tento dotaz opakoval moskevskému Ústavu USA a Kanady Akademie věd, jehož byl před časem hostem. V noci na 18. července 1969 obdržel od Keldyše telegrafickou odpověď s parametry dráhy Luny 15 s ujištěním, že kdyby se její dráha nějak změnila, budou představitelé NASA včas informováni.⁹³ Nutno dodat, že 21. července 1969 v 15 hodin a 47 minut světového času zahájila tato sonda sestup k měsíčnímu povrchu. Podle britské sledovací stanice Jodrell Bank dopadla Luna 15 rychlostí 150 m/s v Mare Crisium, asi 800 km severovýchodně od místa přistání Apolla 11.⁹⁴

V pozdních nočních hodinách 18. července vstoupilo Apollo 11 do sféry gravitačního vlivu Měsíce a s narůstající rychlostí k němu začalo padat. Navedení na oběžnou dráhu bylo úspěšně provedeno již vyzkoušeným způsobem. Analýza telemetrických dat právě dokončeného manévru prozradila neočekávaně vysokou spotřebu dusíku pro systém ovládní hlavních ventilů palivových nádrží. Objevila se tam někde netěsnost, naštěstí jen v potrubí od nádrže (B), nikoliv v nádrži samotné. Přesto se druhá korekce oběžné dráhy provedla raději s použitím dusíku z tanku (A).⁹⁵ Poté se posádka věnovala plánovanému odpočinku. Po šesti hodinách spánku přešel do lunárního modulu Aldrin a po hodinové inspekci systémů se k němu přidal i Armstrong. Po výměně informací o anténách, manévrovacích motorech a navigačním systému mezi Eaglem, Columbií a řídicím střediskem v Houstonu dostal lunární modul svolení pro odpojení. Soulodí zmizelo za odvrácenou stranou Měsíce. Když se vynořilo, letěla již Columbia a Eagle samostatně. Třicet sekund hoření přistávacího motoru lunárního modulu jej přivedlo na sestupnou dráhu, končící necelých patnáct kilometrů nad povrchem Měsíce, asi 400 kilometrů před místem přistání. Po ověření parametrů dráhy dostal Eagle souhlas k motorickému sestupu. Tato operace nebyla do tohoto okamžiku ještě nikdy vyzkoušena. Astronauti v lunárním modulu zažehli přistávací motor na deset procent tahu, jehož pomocí Eagle zbrzdil rychlost letu na hodnotu 230 m/s a poté zahájili druhou část manévru, vlastní přiblížení na přistání. Největší problém nakonec představovalo balvanové

⁹³ Pacner, K.: *Tajný závod o Měsíc*. Praha 1997, s. 112.

⁹⁴ Lála, P., Vitek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982, s. 238.

⁹⁵ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Základna Tranquillity*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 22, s. 24/864-25/865.

pole v oblasti předpokládaného přistání. Během vyhledávání vhodné plochy se rychle tenčily zásoby pohonných hmot, které v okamžiku dosednutí postačovaly již jen na necelých třicet sekund provozu.⁹⁶

Dne 20. července 1969 v patnáct hodin čtrnáct minut a jednačtyřicet sekund amerického východního času se uskutečnilo první přistání člověka na Měsíci, během něhož Armstrong vyřkl známou větu: „Houstone, zde základna Tranguillity! Orel přistál!“⁹⁷ Poté následoval téměř sedmihodinový maraton prověrek systémů a příprav k první měsíční vycházce,⁹⁸ po kterém byl konečně otevřen průlez a na plošinu lunárního modulu se dle pokynů svého druha začal Armstrong opatrně soukat ven. Stamiliony lidí na celém světě v těchto chvílích sledovaly na svých televizních obrazovkách trochu duchovitou postavu ve skafandru snažící se opatrně nohou zkoumat půdu pod sebou. Při té příležitosti Armstrong vyslovil památnou větu: „Je to malý krok pro člověka a velký skok pro lidstvo.“⁹⁹

Poté byla za Aldrinovy asistence spuštěna z kabiny fotografická výbava, pomocí níž Armstrong pořídil první snímky, načež následoval nouzový odběr vzorků do kapsy. Teprve po dvaceti minutách mohl vyrazit pilot lunárního modulu za svým velitelem na měsíční povrch. Následoval ceremoniál, kdy byla astronauty odhalena pamětní plaketa, vztyčena národní vlajka a přijata gratulace od prezidenta Nixona. Po slavnostních okamžicích došlo opět na sběr vzorků, tentokrát plně dokumentovaných pomocí fotografií. Důležitým momentem byla instalace přístrojů EASEP (*Early Apollo Surface Experiment Package*),¹⁰⁰ jež se skládaly s laserového koutového odrážече pro přesné určování vzdálenosti Měsíce od Země a malého seismometru.

Astronauti také rozvinuli speciální hliníkovou folii určenou k zachycení částic slunečního větru. Čas určený k vycházce se však nekompromisně krátil, a tak řídicí středisko nabádalo astronauty k návratu. První vystoupil po žebříku do lunárního modulu Aldrin. Po improvizované lanovce mu Armstrong posílal do kabiny kontejnery se vzorky měsíčních hornin, celkem dvaadvacet kilogramů. Armstrong se pak vrátil do kabiny, kde společně provedli úklid. Po vyhození nepotřebných věcí se posádka uložila ke spánku. Vzrušení jim však dlouho nedovolilo usnout. Po sedmi hodinách slabého spánku a následné snídani se posádka lunárního modulu připravovala k návratu. Pobyť prvních lidí na Měsíci byl ukončen

⁹⁶ Krupička, J., Vítek, A.: ...a velký skok pro lidstvo. in: Letectví + kosmonautika 1994, LXX, č. 16, s. 57/1259.

⁹⁷ Cit. podle: Benson, Ch. D., Faherty, W. B.: *Moonport A History of Apollo Launch Facilities and Operations*. (NASA SP-4204), Washington, D. C., 1978, s. 476.

⁹⁸ Manned Spacecraft Center: *Apollo 11 Mission report*. (NASA, MSC-00171), Houston, Texas 1969, s. 1-1.

⁹⁹ Cit. podle: Pacner, K.: *Kolumbové vesmíru, 1. díl: Soutěž o Měsíc*. druhé, přepracované a doplněné vydání, Praha – Litomyšl 2006, s. 349.

¹⁰⁰ Bates, J. R., Lauderdale, W. W., Kernaghan, H.: *ALSEP Termination Report*. (NASA Reference Publication 1036), Houston, Texas 1979, s. 2-3.

po jednadvaceti hodinách a šestatřiceti minutách úspěšným zážehem motoru startovacího stupně lunárního modulu. Po dosažení oběžné dráhy zahájil lunární modul stihání Columbie. Po šesti manévrech se obě lodi v 16 hodin a 35 minut amerického východního času spojily. Poté astronauti přenesli schránky se vzorky hornin, fotografické materiály, dokumentaci a již nepotřebný lunární modul byl odhozen. Na třicátém oběhu velitelského modulu byl za odvrácenou stranou Měsíce zapálen motor služební sekce, který posádku Apolla 11 vyslal na zpáteční dráhu k Zemi. Zbytek letu proběhl v naprostém pořádku a tak mohla kabina s astronauty bezpečně dosednout do vln Tichého oceánu v dohledu letadlové lodi USS Hornet po celkových osmi dnech, třech hodinách a devatenácti minutách letu.¹⁰¹

Následovala série nezvyklých operací, které specialisté promýšleli několik let. Nikdo nemohl vyloučit, že na Měsíci by mohly přežívat mikroorganismy. Bylo třeba vyloučit jejich přenos na Zemi. Proto se vypracovaly metody karantény lidí i všech dovezených věcí. Astronauty na letadlové lodi USS Hornet čekala mobilní maringotka, v níž byli posléze letecky přesunuti do karanténní stanice LRL (*Lunar Receiving Laboratory*) v Houstonu.¹⁰²

3.2 Apollo 12

Jestliže oblet Měsíce, spojený se sestupem lunárního modulu do blízkosti jeho povrchu, vyvolal ve Spojených státech vlnu nadšení, nebylo to nic ve srovnání s euforií, k níž došlo po úspěchu Apolla 11. Možnost stálé základny na Měsíci se znovu vynořila na povrch a díky článkům v bulvárním tisku se široké vrstvy Američanů viděly v roli dobyvatelů Marsu. Zbývající lety „lehkého“ Apolla 12 až 15 se staly samozřejmostí a zasvěcenci mezi sebou začali uzavírat sázky na maximální rychlost, jaké dosáhne měsíční vůz Rover, který měl být součástí „těžkých“ Apoll 16 až 20. Nikdo netušil, že program Apollo stojí před zatěžkávací zkouškou, jelikož jej čekala důkladná restrikce. Ve prospěch budoucí orbitální stanice Skylab byl již dříve obětován start Apolla 20 a v srpnu 1970 se začalo jednat i o zrušení dalších dvou letů, které se nakonec vládě podařilo prosadit. Dne 2. září 1970 oznámil Thomas O. Paine, ředitel NASA, zrušení jednoho „lehkého“ a jednoho „těžkého“ Apolla (tedy původně plánovaných letů Apollo 15 a 19),¹⁰³ čímž se samozřejmě první z „těžkých“ lodí Apollo typu (J) posunula ze „šestnáctky“ na „patnáctku“, aby zůstala zachována přirozená číselná řada. O

¹⁰¹ Krupička, J., Vítek, A.: ...a velký skok pro lidstvo. in: Letectví + kosmonautika 1994, LXX, č. 16, s. 58/1260-59/1261.

¹⁰² Pacner, K., Vítek, A.: *Půlstoletí kosmonautiky*. Praha 2008, s. 141-143.

¹⁰³ Ertel, I. D., Newkirk, W. N.: *The Apollo Spacecraft*. díl IV. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1978, s. 338.

tom všem široká veřejnost mnoho nevěděla a její zájem se upínal k dalšímu letu na Měsíc, ke startu Apolla 12.¹⁰⁴

Oproti Apollu 11 se u této expedice počítalo se dvěma výstupy, navíc s větším akčním rádiem. Armstrong a Aldrin se směli vzdálit při své jediné vycházce od svého lunárního modulu maximálně na dvacet metrů. Posádka výsadkového člunu Apolla 12 však měla mezi jiným za úkol nalézt sondu Surveyor 3, která přistála na Měsíci 20. dubna 1967, přičemž se dal předpokládat i delší pochod. Vedle toho ji očekávala také instalace bohatší vědecké laboratoře ALSEP (*Apollo Lunar Surface Experiment Package*). Hlavní změnu oproti předešlým expedicím však představovalo využití tzv. nenávratné dráhy při cestě k Měsíci, která byla sice energeticky výhodnější, ale v případě nemožnosti uskutečnit jakoukoli další korekci letu by při návratu kosmická loď minula Zemi. Dosud používané trajektorie byly vypočteny tak, aby kosmická loď mohla bez použití hlavního motoru služební sekce pasívně obletět Měsíc a automaticky se vrátit k Zemi, maximálně s pomocí běžných drobných korekcí dráhy pomocí manévrovacích motorků.¹⁰⁵

U Apolla 12 tomu bylo poněkud jinak. Jeho posádka: Charles „Pete“ Conrad (1930-1999) jako velitel, Alan LaVern Bean (narozený 1932), který byl pilotem lunárního modulu a Richard Francis Gordon (narozený 1929) odsouzený zůstat ve velitelské sekci, odstartovala z rampy 39A dne 14. listopadu 1969 s pomocí nosné rakety Saturn-5 (AS-507). Jediný problém zavinil v šestatřicáté sekundě letu zásah rakety bleskem, což dočasně vyřadilo dodávku elektrického proudu.¹⁰⁶ Po obvyklém namíření k Měsíci a následující přestavbě lodi vykonala posádka Apolla 12 jedinou korekci dráhy (MCC-2). Devět sekund hoření hlavního motoru služební sekce změnilo dosavadní obvyklou návratovou dráhu použitou u Apolla 8, 10 i 11 v dráhu nenávratnou. S tím si ovšem nikdo z trojice astronautů v lodi nelámal hlavu. Všechno probíhalo v pořádku, jejich loď se šťastně dostala na oběžnou dráhu Měsíce a také oddělení lunárního modulu bylo naprosto bezproblémové. „Gordon z Yankee Clipperu (volací znak velitelské sekce) nám po uzavření průlezu popřál šťastnou cestu a pak jsme Conrad a já zůstali v Intrepidu (volací znak lunárního modulu) sami“, vzpomínal později Bean.¹⁰⁷ Po nezbytných prověrkách se Intrepid (*Neohrožený*) oddělil od mateřské lodi a přešel na sestupnou dráhu. Brzdící manévr zakončilo hladké přistání 19. listopadu krátce před druhou hodinou ranní amerického východního času. Asi o čtyři hodiny později vypustili Conrad

¹⁰⁴ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vsaďte na třináctku*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 23, s. 24/904.

¹⁰⁵ Manned Spacecraft Center: *Apollo 12 Mission report*. (NASA MSC-01855), Houston, Texas 1970, s. 5-4.

¹⁰⁶ Marshall Space Flight Center, Kennedy Space Center, Manned Spacecraft Center: *Analysis of Apollo 12 Lightning Incident*. (NASA MSC-01540), Houston, Texas 1970, s.1.

¹⁰⁷ Cit. podle: Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vsaďte na třináctku*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 23, s. 24/904.

s Beanem vzduch z kabiny Intrepidu a oblečení do těžkých skafandrů se vydali na svou první měsíční procházku. Astronauty potěšilo zjištění, že kráter, v němž se nacházel Surveyor 3, byl na dosah ruky, což dokládalo mimořádně přesné přistání. Bohužel závada na kameře způsobila, že plánovanou televizní reportáž nebylo možno uskutečnit. Bean a Conrad provedli sběr nouzových vzorků a asi sto osmdesát metrů od místa přistání instalovali soubor přístrojů ALSEP. Po více než čtyřech hodinách byla jejich první vycházka ukončena. Následoval více než šestihodinový odpočinek a příprava na druhou vycházku. Během ní navštívili sondu Surveyor 3, z níž odmontovali televizní kameru a odebrali vzorky kabelů. Později, po návratu na Zemi, byl v jejich elektrické izolaci nalezen životaschopný pozemský mikroorganismus, což odborníky velmi udivilo. Obě vycházky trvaly dohromady sedm a tři čtvrtě hodiny a celkový pobyt na Měsíci se protáhl až na třicet jedna a půl hodiny. Návrat Intrepidu na lunární oběžnou dráhu, zahájený v devět hodin sedmadvacet minut a sedmačtyřicet sekund východního amerického času, proběhl hladce. Měsíční modul se po tři a půl hodinovém letu spojil s Yankee Clipperem, do něhož astronauti přenesli měsíční vzorky. Následovalo odhození lunárního modulu a jeho nasměrování proti měsíčnímu povrchu.¹⁰⁸

Opuštěný Intrepid dopadl do Oceánu bouří po sedmadvaceti minutách samostatného letu a vyryl v něm kráter 12 x 6 metrů s hloubkou asi půl metru. Způsobil navíc radost selenologům, sledujícím záznamy seismometru, který byl součástí ALSEPU. Pak už se celá trojice astronautů uložila k zaslouženému odpočinku. Na druhý den byl zahájen návrat k Zemi. Přeletová dráha si tentokrát vyžádala dvě drobné korekce a poté již zbytek Yankee Clipperu přistál 24. listopadu 1969 v Tichém oceánu v dohledu letadlové lodi USS Hornet.¹⁰⁹

3.3 Apollo 13

Jestliže předchozí expedice skončily veskrze šťastně, byla kosmická mise Apolla 13 odsouzena k nezdaru již dávno před tím, než byla raketa Saturn 5 (AS-508) dne 15. prosince 1969 přesunuta na rampu 39A. Zdrojem všech potíží se stala nádrž č. 2 na kapalný kyslík, umístěná ve služebním modulu, v jejíž útrobach se skrývala přepadová trubka, uvolněná při nepatrném pádu uvedeného zásobníku.¹¹⁰ Výstrahou měly být již obtíže při vypouštění

¹⁰⁸ Manned Spacecraft Center: *Apollo 12 Mission report*. (NASA MSC-01855), Houston, Texas 1970, kap. 1-2.

¹⁰⁹ Víttek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vsad'te na třináctku*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 23, s. 24/904-25/905.

¹¹⁰ Abychom pochopili souvislosti, je třeba se vrátit poněkud nazpět, až k letu Apolla 7. Při něm se totiž ukázalo, že činnost difúzních vývěv, vytvářejících před startem vakuum v dvojité stěně kyslíkových nádrží na služebním modulu (aby nádrže fungovaly jako termosky), poněkud ruší funkci elektronických přístrojů. V průběhu příprav další služební sekce výr. č. 106 bylo proto rozhodnuto vyměnit v sektoru (I) plato s kyslíkovými nádržemi a

poškozené nádrže po simulovaném odpočítávání, které probíhalo s naplněnými systémy. Po ukončení procedury se nádrž číslo jedna dala vyprázdnit bez problémů, zatímco v čísle dvě klesl obsah jen o osm procent. Odborníci od subdodavatele tanků správně usoudili na uvolněnou přepouštěcí trubku. Zvolené řešení nápravy, vyvaření obsahu nádrže zapojením topných spirál v tanku na vnější zdroj napětí šedesát pět voltů, však věc ještě více zkomplikovalo. Tepelné pojistky, které zabraňují přehřátí kapalného kyslíku nad sedmadvacet stupňů celsia, byly dimenzovány na napětí osmadvacet voltů užívané v Apollu. Vyšším napětím se bimetal svařil, přestal fungovat a teplota v nádrži, jak prokázaly pozdější zkoušky, mohla dosáhnout až 540 °C. Tak vysoká teplota dokázala poničit izolaci na přívodních kabelech ke spirálám i k míchadlu.¹¹¹ Jelikož však tlakové zkoušky kyslíkové nádrže číslo dvě vyhovovaly, bylo pro úsporu času rozhodnuto ponechat vše při starém. Apollo 13 odstartovalo 11. dubna 1970 s nádrží číslo dvě plnou kapalného kyslíku, v níž se nacházely neizolované vodiče, kterým nic nebránilo, aby po vpuštění elektrického proudu zkratovaly.

Expedice Apolla 13 měla zaměřeno do terénu podstatně složitějšího. Komise odborníků pro ni vybrala poměrně nerovnou oblast v blízkosti kráteru Fra Mauro. Přes problematickou třináctku v názvu byli všichni účastníci letu přesvědčeni o úspěchu mise a nezvklala je ani výměna pilota velitelského modulu Kennetha Mattinglyho ze zdravotních důvodů za Johna Swigerta (1931-1982) krátce před startem.¹¹²

Posádka ve složení James A. Lovell (velitel), John Leonard Swigert a pilot lunárního modulu Fred Wallace Haise (nar. 1933), se hladce dostala na oběžnou dráhu a odtud na cestu k Měsíci. Také přestavba lodi proběhla bez problémů, stejně jako přechod na nenávratnou dráhu k Měsíci. Katastrofa se však neodvratně blížila. Posádka Apolla 13 spustila, jako již mnohokrát předtím, míchadla v nádržích s kapalným kyslíkem, takže poškozený kabel se dostal pod napětí. V čase 55.53.52 GET (*Ground Elapsed Time* – doba od startu) dne 13. dubna 1970 došlo v kyslíkové nádrži číslo dvě ke zkratu. Následoval prudký vzestup tlaku kyslíku v nádrži, což krátce poté zapříčinilo otevření pojistného ventilu. Do kabiny posádky se přenesla dutá rána. Apollo 13 bylo 330 250 kilometrů od Země a současně se od ní vzdalovalo rychlostí 993 metrů za sekundu. Tlak v porušené nádrži nepřetržitě klesal a

nechat vývěvy odrušit. Upravená sada nádrží byla hotova právě včas, aby se mohla použít ve služebním modulu pro Apollo 10. Při výměně však došlo k chybné manipulaci, jejímž výsledkem byl pád celé platy s dosud neodrušenými vývěvami z výšky necelého decimetru. Otřesem vypadla přepouštěcí trubka uvnitř jedné z kyslíkových nádrží. Tedy závada, kterou nešlo objevit tlakovou zkouškou. Jelikož i po elektrické stránce byly obě nádrže v pořádku, putovaly do dílen k odrušení vývěv, aby později byly namontovány do služebního modulu výr. č. 109 jako součást Apolla 13. Podrobně se této záležitosti věnuje ve své zprávě, ze dne 15. června 1970, Edgar M. Cortright, viz.: *Report of Apollo 13 Review Board*. (NASA, N70-76479).

¹¹¹ Ertel, I. D., Newkirk, R. W.: *The Apollo Spacecraft*. díl. IV. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1978, s. 333-335.

¹¹² Krupička, J., Vitek, A.: ...a velký skok pro lidstvo. in: *Lectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 17, s. 55/1341.

zároveň prudce kmital indikátor na ukazateli množství kyslíku. Výstražné světlo navíc upozorňovalo na podpětí v hlavním rozvodu (B) střídavého napětí. „Houstone, máme tu problém,“ zahájil konverzaci s řídicím střediskem Swigert.¹¹³ O chvíli později na něm došlo k úplnému výpadku proudu a také baterie palivových článků číslo jedna a tři vykazovaly nulové napětí. Veškerou dodávku elektrické energie zajišťovala poslední baterie, a tak nebylo divu, že i rozvod (A) měl najednou jen 25,5 voltů místo obvyklých téměř dvaceti devíti voltů. Jeho případný výpadek by již znamenal katastrofu. Posádka Apolla 13 se přesto klidně, bez paniky a známek hysterie pokoušela s pomocí ze Země o normalizaci situace. Astronauti podle havarijního plánu vypínali vše postradatelné, aby spotřeba proudu klesla o deset ampér. Horší bylo, že rapidně ubýval kyslík i ve zbývajících nádrži. Nezbylo než vyřadit z činnosti baterie jedna a tři, které mohly být netěsné. To se rovnalo zákazu přistání na Měsíci, protože jednou vypojený palivový článek již nelze za letu restartovat. I tak tlak v kyslíkové nádrži stále rychle klesal. Za takové situace vše bylo jasné. Výbuch sousedního tanku zřejmě poškodil přetlakový ventil, který netěsnil. Bylo třeba udržet alespoň poslední zdroj elektrické energie v činnosti co nejdéle. Řídicí středisko potřebovalo získat čas k přemýšlení. Začalo se totiž uvažovat o lunárním modulu (volací znak Aquarius - Vodnář) jako záchranném člunu. Příkaz k přestupu do Vodnáře přišel devadesát minut po explozi. Tlak ve zbývajících kyslíkové nádrži číslo jedna se totiž přiblížil ke kritické hranici. Lovell a Haise již v té chvíli oživovali systémy lunárního modulu a Swigert současně vypínal veškeré funkce velitelské sekce, nakonec i topení a míchadla v kyslíkové nádrži číslo jedna.¹¹⁴ Velitelská sekce, volací znak Odyssey, dočasně zmrtvěla a ke slovu přišel Vodnář.

Teď již nešlo o přistání na Měsíci, ale o záchranu tří lidských životů. Problémy přitom teprve začínaly. Především tu byla Odyssey s minimálními zásobami elektrické energie v návratových akumulátorech. Za druhé: Vodnář byl vybaven pro pobyt dvou lidí na dva až tři dny a teď měl poskytnout útulek trojici astronautů skoro na pět dní. Další potíž spočíval v tom, že Apollo 13 letělo po nenávratné části své dráhy a superrychlému návratu bránil nedostatek elektrické energie ve velitelské sekci. I zde se řešení našlo. Nouzový manévr přistávacím motorem Vodnáře (doba hoření 36 sekund) zajistil, že se Apollo 13 ocitlo na dráze s pericyntiem 250 až 255 kilometrů, která by kosmickou loď sice jistě, ovšem až po 152 hodinách letu přivedla do Indického oceánu jižně od ostrova Mauritius. Astronauti si konečně mohli střídavě odpočinout, zato na Zemi se vyvíjela horečná činnost. Pozemní podpůrný tým se během několika hodin snad ztrojnásobil. Vyskytnul-li se nějaký problém,

¹¹³ Cit. podle: SPACE: *Odyssey ve znamení Vodnáře*. in: Letectví + kosmonautika 1970, XLVI, č. 13, s. 25/505.

¹¹⁴ Manned Spacecraft Center: *Mission operations report – Apollo 13*. (NASA MSC-02680), Houston, Texas 1970, sekce II-1.

byl po ruce potřebný specialista. V těchto chvílích šlo především o to, urychlit návrat. Posádce Apolla 13 nehrozilo sice bezprostřední nebezpečí, ale u havarované lodi nebyla vyloučena různá další překvapení. Z několika variant byla vybrána ta poněkud pomalejší s celkovou dobou letu 142 hodin.¹¹⁵

Nadešel čas, kdy kosmická loď zmizela za Měsícem. Když se loď zpoza Měsíce opět vynořila, tak spojař z řídicího střediska nadiktoval její posádce přesnou dobu zapálení přistávacího motoru Vodnáře a dobu jeho hoření. Posádka lunárního modulu požadovaný manévr zvládla na výbornou. To se ale již objevilo nové smrtelné nebezpečí, nárůst koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší lunárního modulu. Absorbéry s hydroxidem lithným byly v lunárním modulu propočteny jen pro dvě osoby na několik desítek hodin samostatného letu. Na Zemi se na vyřešení problému horečně pracovalo a na pomoc opět přišla improvizace. Jen bylo potřeba pracně stříhat a lepit spojení s náhradními absorbéry. Zatímco nebezpečí způsobené nárůstem koncentrace oxidu uhličitého bylo zažehnáno, objevil se v zápatí nový problém. Apollu 13 začala hrozit další exploze, tentokrát od nespotřebovaného hélia, které mělo být již dávno využito při neuskutečněném přistání na Měsíci. Panovala obava, že při uvolnění tlakové pojistky dojde ke znehodnocení předchozí korekce dráhy. Uvolnění pojistky a vyfouknutí hélia nakonec pouze desetinásobně zvýšilo rychlost rotace kosmické lodi, jež byla původně vypočtena tak, aby Slunce rovnoměrně ozařovalo povrch Apolla 13, ale vliv impulzu na dráhu letu byl minimální.¹¹⁶

Naproti tomu se ukázalo potřebným dobití návratových akumulátorů ve velitelské sekci. Znamenalo to, že Lovell nebo Swigert museli čas od času přelézt do Odyssey, kde teplota díky vypojené elektronice klesla na šest až sedm stupňů celsia, aby zde odečetli údaje na nabíječce. V lunárním modulu ale nebylo o mnoho tepleji, jen asi jedenáct stupňů celsia. Přesto nálada posádky vzrůstala každým kilometrem, kterým se Apollo 13 přibližovalo k Zemi, zvláště když řídicí středisko v Houstonu vzhledem ke značné rezervě elektrické energie povolilo oživit část přístrojů v lunárním modulu a trochu se ohřát u zapojené elektroniky. Nadešla poslední korekce dráhy, po níž posádka natočila svou loď do polohy vhodné pro odhození služební sekce. Poté astronauti provedli fotodokumentaci škod na služební sekci. Celá jeho jedna strana byla pryč a vypadalo to, že výbuch zasáhl i ventily hlavního motoru. Následoval další nezbytný krok. Astronauti převedli navigační program z Vodnáře do znovu oživované velitelské sekce a pak opustili svůj záchranný člun. Velitelský modul vstoupil do závěrečné fáze letu. Spojení bylo přerušeno a ještě jednou se zvedla vlna

¹¹⁵ Lovell, J., Kluger, J.: *Apollo 13*. Praha 1996, s. 193.

¹¹⁶ Krupička, J., Vítek, A.: *...a velký skok pro lidstvo*. in: *Lectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 17, s. 56/1342.

napětí. Ale již tři minuty před uvolněním brzdících padáků zachytilo sledovací letadlo hlas Jacka Swigerta „O. K., Joe, jsme tady!“¹¹⁷ A o několik okamžiků později dosedl velitelský modul nedaleko čekající letadlové lodi USS Iwo Jima.

Vyšetřovací komise, která se přirozeně celé záležitosti ujala, vydala po zhruba dvou měsících zprávu o příčinách havárie a pro následující lety na Měsíc doporučila tyto změny a doplňky:

- a) odložit start Apolla 14;
- b) instalovat přídatnou třetí nádrž s kyslíkem, určeným pro klimatizační systém (měla být situována do dosud prázdného sektoru služební sekce na protilehlé straně vzhledem ke stávajícím nádržím);
- c) odstranit vcelku zbytečná míchadla z kyslíkových nádrží;
- d) přidat nouzovou zásobu pitné vody;
- e) instalovat do velitelské sekce další akumulátor s kapacitou 400 Ah.¹¹⁸

3.4 Apollo 14

Následkem všech těchto opatření odstartovalo Apollo 14 místo původně plánovaného termínu na počátku prosince 1970 až zhruba o dva měsíce později. Saturn 5 s výrobním číslem SA-509, odstartoval s mírným zpožděním způsobeným počasím 31. ledna 1971 v šestnáct hodin a tři minuty místního amerického východního času. Navedení na parkovací dráhu i pozdější urychlení na trajektorii translunární proběhlo bezvadně. Zato při přestavbě kosmické lodi po dvou hodinách a pětácti minutách letu prožila trojice astronautů v Apollu 14, jehož velitelem byl Alan B. Shepard, pilotem velitelské sekce Stuart Allen Roosa (1933-1994) a pilotem lunárního modulu Edward Dean Mitchell (narozený 1930), horké chvíle. Astronautům se sice nejprve podařilo bezchybně oddělit velitelskou sekci (volací znak Kitty Hawk) od posledního stupně rakety a provést následný obrat o 180°, problémy však nastaly při pokusu o zachycení lunárního modulu (volací znak Antares). Háčky spojovacího zařízení se v příslušném otvoru v lunárním modulu nezachytily. Velitelská sekce couvla a Roosa podnikl nový pokus, který se nezdařil. Stejně neúspěšné byly i další tři manévry. Podařilo se jen docílit kontaktu až na čtyři sekundy a vyrobit několik škrábanců na vodící kužel lunárního modulu. Pokud by se z jakéhokoliv důvodu muselo přistání na Měsíci zrušit, mělo Apollo 14

¹¹⁷ Cit. podle: Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vsaďte na třináctku*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 23, s. 26/906.

¹¹⁸ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vsaďte na třináctku*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 23, s. 27/907.

letět alternativní misi, spočívající v kroužení kolem Měsíce po dobu dvou dnů a během této doby mapovat a podrobně zkoumat jeho povrch novými kamerami a přístroji.¹¹⁹

Technici v řídicím středisku mezitím přišli s novou variantou spojení, již astronautům v Apollu přetlumočil capcom Cernan z řídicího střediska v Houstonu.¹²⁰ Když Roosa na základě této rady zatáhl nárazník spojovacího zařízení a styk uskutečnil pouhým přitlačením přírub, došlo k pevnému zachycení. Následně přeskočila ručička příslušného indikátoru z jedné polohy do druhé. Pevné spojení znamenalo záchranu expedice. Další dny letu představovaly obvyklou rutinu, zejména náročnou práci při nastavování inerciální plošiny vzhladem ke hvězdám. V tomto případě se jednalo o Antares v souhvězdí Štíra, Centauri a Librae. Bezpečně adjustovaná inerciální plošina představovala bezchybné určení polohy kosmické lodi v prostoru. V tomto případě na tom záleželo ještě víc než u předchozích misí, protože u Apolla 14 se poprvé použilo nové metody přistání. Po dvou obězích Měsíce astronauti navedli kompletní loď na výstřednou elipsu s parametry dráhy 15 až 115 kilometrů. Za cenu vyšší spotřeby paliva, kterého ale měla kosmická loď relativně dostatek, se vytvořily výhodnější podmínky pro vlastní sestup lunárního modulu. Ten mohl na své sestupné dráze manévrovat o patnáct sekund déle, což se bohatě vyplatilo, jelikož Antares dosedl jen pětadvacet metrů od plánovaného místa přistání v oblasti kráteru Fra Mauro, který byl původně cílem Apolla 13. Když se Antares se Shepardem a Mitchellem na palubě oddělil od mateřské lodi, převedl Roosa Kitty Hawk zpět na vyčkávací dráhu ve výši (94 až 119 kilometrů).¹²¹

Po zajištění vlastní bezpečnosti a po padesátiminutovém úsilí uvést do chodu Mitchellovo rádiové spojení - neúspěch by jej odsoudil k pobytu v lunárním modulu - bylo ve čtyři hodiny a osmáct minut amerického východního času (dne 5. února 1971) konečně možno zahájit program vytoužené měsíční vycházky. První na povrch vystoupil velitel Shepard, který nejprve odebral nouzové vzorky hornin; poté jej následoval i kolega Mitchell. Společně postavili parabolickou anténu nasměrovanou k Zemi. Po jejím zapojení se zlepšil přenášený televizní signál, a lidé na Zemi tak mohli sledovat Shepardovy panoramatické záběry krajiny u Fra Mauro. Celé okolí místa přistání bylo poznamenáno řadou drobných kruhových kráterů. V dálce na obzoru vystupoval hřbet, který se táhl dolů od kráteru Old Nameles na jih a pak zahýbal na západ. Obraz doplňoval komentářem Shepard i Mitchell. Poté, co oba astronauti vyslechli před vztyčenou vlajkou blahopřání presidenta Nixona a

¹¹⁹ Shepard, A., Slayton, D.: *Cíl Měsíc*. Frýdek-Místek, 1996, s. 293-294.

¹²⁰ CapCom (*Capsule Communicator*) byl pracovník komunikace pozemní sledovací stanice, který udržoval styk s astronauty ve vesmíru.

¹²¹ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D.C., 2000, s. 163.

pozvání na večeři do Bílého domu, následovala instalace souboru přístrojů ALSEP, při níž měl svoji lunární premiéru i ručně tažený vozík MET (*Modularized Equipment Transporter*).¹²²

Mitchell rovněž prováděl aktivní seismické experimenty, během nichž se mu podařilo odpálit třináct náloží z jedenadvaceti. Přestože první vycházka v bezprostředním okolí přistání probíhala bez zvláštních obtíží, musela být prodloužena o půl hodiny; i přesto se ale nepodařilo splnit plán odběru vzorků pro geology. Oba astronauti strávili na povrchu skoro pět hodin. Shepardova rezerva kyslíku postačovala ještě na další hodinu, Mitchellova naopak jen na třicet minut. Výrazný rozdíl ve spotřebě způsobila netěsnost Mitchellova skafandru.¹²³

Po desetihodinovém odpočinku a spánku dostali oba astronauti povolení uskutečnit druhou měsíční vycházku,¹²⁴ již zahájili v brzkých ranních hodinách 6. února 1971. Nejprve naložili vozík MET potřebným nářadím a poté se vydali na pochod. Cílem byl val kráteru Cone (Kůžel) ve vzdálenosti 1350 metrů od místa přistání. Během cesty prošla výprava balvanovým polem s kameny o průměru 60 až 90 centimetrů a zastavila se uprostřed tří asi dvacetimetrových kráterů, aby sebrala první vzorky. Shepard mezitím posypal vzorky různých povrchů měsíčním prachem, který z poloviny destiček setřepal a z druhé okartáčoval. Toto počínání mělo za úkol zjistit přilnavost půdy k různým nátěrům. Černý měsíční prach totiž podstatně snižuje odrazivost a panovala obava, že by mohl působit nepříjemnosti připravovanému lunárnímu vozidlu. Další pochod byl ve znamení sestupu do údolí. Shepard táhl vozík MET a Mitchell kráčel v jeho stopách. Brzy se však dostavily obtíže s orientací. Mapa s dvoumetrovými podrobnostmi v členitém terénu s balvany o velikosti až jeden a půl metru moc nepomáhala. Krátery se podobaly jeden druhému a asi po devadesáti minutách chůze přišlo i stoupání. Měsíční vozík, který astronauti táhli za sebou, bylo nutno na některých místech přenášet. Stoupání činilo místy až osmnáct procent a cíl cesty zůstával stále v nedohlednu.

Dvě hodiny a patnáct minut od zahájení vycházky na příkaz řídicího střediska svůj postup vzdali. Dodatečně se zjistilo, že od cíle je dělilo pouhých dvacet metrů. Při zpáteční cestě výprava opět odebírala vzorky, včetně trubkových, získaných zavrtáním sondy. Přibližně tři a půl hodiny po zahájení druhé vycházky, byli oba astronauti už zase v blízkosti Antaresu. Shepard ještě před televizní kamerou předvedl ukázkou dvou golfových úderů a Mitchell využil tyče po experimentu se slunečním větrem k prvnímu hodu oštěpem na povrchu Měsíce. Následovalo balení a nakládání drahocenných materiálů do patřičných

¹²² SPACE: *Bloudění mezi balvany*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 10, s. 27/387.

¹²³ SPACE: *Bloudění mezi balvany*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 11, s. 27/427.

¹²⁴ Shepard, A., Slayton, D.: *Cíl Měsíc*. Frýdek-Místek, 1996, s. 322.

přihrádek a definitivní uzavření kabiny. Po nezbytných prověrkách vzletl lunární modul z povrchu, na němž pobyl více než třiatřicet hodin i s nákladem 43 kilogramů měsíčních hornin. S tímto bohatstvím na palubě zahájil lunární modul tzv. „přímé setkání“. Zkušenosti z předchozích expedic totiž prokázaly tak vysokou přesnost navigačních systémů lunárního modulu i mateřské lodi, že údaje pomocného sledování ze Země se ukázaly být zbytečné, stejně jako složité manévry, které dříve umožňovaly využít dodatečná data ze Země. I když tentokrát selhal záložní počítač v lunárním modulu, proběhl manévr stíhání a přibližování bez problémů. Stejně tak zachycení a spojení se tentokrát povedlo na první pokus. Během návratu posádka velitelské sekce vykonala vedle nezbytných manévrů i několik vědeckých pokusů. Jednalo se o gelovou elektroforézu, o sledování šíření tepla v kapalinách, pokus o přepouštění kapalin z nádoby do nádoby a o tavení nízkotající slitiny. Posádka Apollo 14 svůj let šťastně zakončila 7. února 1971 v dohledu letadlové lodi USS New Orleans.¹²⁵

3.5 Apollo 15

Pro následující expedice byla přichystána vylepšená verze nosné rakety Saturn 5 (SA-510), schopná vynést na oběžnou dráhu přibližně o dvě tuny větší užitečnou zátěž než její předchůdkyně. Vzrůstu výkonnosti se dosáhlo především změnami operačních postupů a několika drobnějšími technickými úpravami. Největší operační změnou bylo snížení výšky plánované parkovací dráhy kosmické lodi ze 185 na 167 kilometrů a změnou startovního azimutu ze 72°-96° na 80°-100°, což umožnilo lepší využití rychlosti rotace Země. Dále se omezily rezervy paliva, čímž se zvýšilo množství skutečně použitelných pohonných hmot. Z technických úprav stojí za zmínku snížení počtu retroraket na prvním stupni nosné rakety (S-IC) a změna vstřikovací hlavy motorů F-1. Změny se rovněž projeví ve zdokonalení ventilů řídicích směšovací poměr motorů J-2, čímž se dosáhlo ekonomičtějšího využití pohonných hmot druhého a třetího stupně.¹²⁶

Zvýšení výkonu rakety nebylo samoučelné. Umožnilo rozšířit let o výzkum z oběžné dráhy mateřské lodi v době, kdy čekala na návrat lunárního modulu, a vypustit vědeckou družici pro výzkum Měsíce. Významný přínos měly i úpravy systémů zajišťující životní funkce astronautů. To dovolilo zvýšit délku pobytu na měsíčním povrchu z osmatřiceti na osmasedmdesát hodin během lunárního dne. Nejmarkantnější změnou, jež přinesla vyšší

¹²⁵ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-44/2-45.

¹²⁶ Benson, Ch. D., Faherty, W. B.: *Moonport A History of Apollo Launch Facilities and Operations*. (NASA SP-4204), Washington, D. C., 1978, s. 505-507.

nosnost rakety, byla možnost v upraveném lunárním modulu dopravit na měsíční povrch elektrické vozidlo Lunar Roving Vehicle.¹²⁷

Apollo 15 odstartovalo z rampy 39A dne 26. července 1971. Jeho posádku tvořili velitel David Randolph Scott (nar. 1932), pilot mateřské lodi (volací znak Endeavour) Alfred Merrill Worden (nar. 1932) a pilot měsíčního modulu (volací znak Falcon) James Benson Irwin (1930-1991).¹²⁸ Start rakety označili odborníci za jeden z nejlepších a také přestavění lodi nečinilo sebemenší potíže. Chvilku nejistoty způsobila klamná indikace chodu hlavního motoru služební sekce, takže jediná nepatrná korekce dráhy k Měsíci se dělala tímto velkým motorem jen proto, aby se při ní ověřil jeho celkový stav. O nepříjemné zpestření letu se postaralo prasklé potrubí na pitnou vodu, které Worden v roli instalatéra utěsnil technickou páskou. Přejít na oběžnou dráhu i následné manévry Apolla 15 u Měsíce proběhly bez problémů. Horší to bylo s lunárním modulem, kde poletovaly ostré střeptiny skla z rozbitého krytu páskového indikátoru rychlosti letu, jež představovaly skutečné nebezpečí pro skafandry a těsnění vůbec.¹²⁹ Irwin musel střepy pracně odstranit, během své první inspekční cesty do Falconu druhý den letu, nejprve pomocí vysavače a zbytek pochytat na rozvinutou lepicí pásku jako na mucholapku.¹³⁰

Další problém se ukázal při odpojování lunárního modulu - důvodem byl vytažený konektor přívodu elektřiny do nárazníku, k němuž zřejmě došlo omylem během posledního ukládání stykového zařízení. Odstranění závady mělo za následek odklad plánovaného odpojení o jeden oblet Měsíce. Poté již následovalo bezproblémové přistání u Rima Hadley s odchylkou pouhých 450 metrů od plánovaného bodu.¹³¹ Okamžitě po dosednutí se Scott s Irwinem vrhli na tradiční kontroly a zajištění pyrotechniky či vypuštění zbývajících paliva v přistávacím stupni do prostoru. Po půldruhé hodině od přistání následovalo půlhodinové otevření vstupního poklopu, přičemž se velitel expedice Scott vysoukal půlkou těla ven z modulu, aby provedl orientační prohlídku okolí, kterou zároveň dokumentoval fotoaparátem Hasselblad. Scott se neubráníl řadě nadšených slov poté, co ho uchvátila okolní krajina. Na obzoru, ve vzdálenosti patnáct až dvacet pět kilometrů se pnuly do výše 3000 metrů oblé hřebeny hor, které na východě sestupovaly k průsmyku, jímž přiletěli. Na sever se tyčil vlastní masív Apenin s impozantní Mount Hadley. Jižním směrem od místa přistání vytvářela

¹²⁷ Reynolds, D. W.: *Apollo: the epic journey to the moon*. San Diego, California 2002, s. 167.

¹²⁸ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 2-45.

¹²⁹ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, s „Tulákem“ na Měsíci*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 24, s. 25/945.

¹³⁰ SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 23, s. 26/946.

¹³¹ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, s „Tulákem“ na Měsíci*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 24, s. 25/945.

scenérii neméně mohutná Hadley Delta s kráterem St. George na severozápadním úbočí. Jenom na západ, směrem k Hadleyově brázdě, se táhla poměrně rovná krajina. Po opětném hermetickém uzavření kabiny následoval odpočinek ve stísněných podmínkách lunárního modulu. Pro zajištění nezbytného oddechu při déletrvajícím pobytu v nezvyklých podmínkách trávili oba astronauti v rámci svých příprav poslední noci před letem na Zemi v trenažéru kabiny lunárního modulu, kde zvukovou kulisu prostředí (např. klapot ventilů klimatizace) vytvářela nekonečná magnetofonová smyčka.¹³²

Řídicí středisko posádku měsíčního modulu probudilo o hodinu dříve. Telemetrie totiž zjistila nepatrné unikání kyslíku z vnitřní prostory, ale znepokojení nad tím se změnilo v neslušné veselí, jakmile astronauti objevili nedotažený ventil odpadového potrubí.¹³³ Poté již zahájili svůj první opravdový výstup na měsíční povrch. První důležitý úkol, který je čekal, bylo vytažení Roveru z přepravního prostoru v přistávacím stupni lunárního modulu. Následovalo jeho pracné složení, při němž si astronauti museli vypomoci i hrubou silou. Nakonec Scott a Irwin společně na Rover namontovali antény a televizní kameru. Před prvním výjezdem ještě nahlásili řídicímu středisku souřadnice stínu na slunečním kompasu spolu s údaji o příčném a podélném náklonu měsíčního elektromobilu. Mezitím, co nakládali geologické náradí, na Zemi v řídicím středisku z předaných údajů vypočítali azimut podélné osy Roveru, který astronauti použili pro adjustování gyrokompasu. Pak vyrazili zhruba na jih směrem ke kráteru Elbow (Loket). Místní názvy se často vytvářely „ad hoc“ a nepostrádaly prvky humoru. Rover se při jízdě pohupoval v nerovném terénu a od jeho kol odletovaly gejzíry měsíčního prachu. Scott si přitom liboval: „Děláme deset kilometrů v hodině a to jedeme do kopce. Jen co dostanu tu mašinu trochu do ruky. Zachází se s ní moc prima, ani trochu nepodkluzuje!“¹³⁴

Cesta končila u kráteru St. George, kde se astronauti věnovali plně tři čtvrti hodiny geologii. To už jejich vycházka trvala zhruba tři hodiny a bylo třeba pomýšlet na návrat. Cesta zpět vedla zvlněným terénem po úbočí Apenin. Po návratu astronautů zpět k lunárnímu modulu, údaje v Roveru ukazovaly, že ujeli 10,3 kilometru.¹³⁵ V závěru první vycházky astronauti instalovali ALSEP a nakonec se ještě Scott pokusil o vrty pro teplotní sondu, ale brzy toho musel zanechat. Asi metr pod povrchem narazila elektrická vrtačka na odpor, který nebylo možno zdolat. Zásoby kyslíku ve skafandrech se při namáhavé práci tenčily a řídicí

¹³² SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 25, s. 33/993.

¹³³ SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 25, s. 33/993.

¹³⁴ Cit. podle: Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, s. „Tulákem“ na Měsíci*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 24, s. 25/945.

¹³⁵ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 189.

středisko po šestihodinovém výletu pobízelo k návratu do lunárního modulu. Zde je čekalo nemilé překvapení. V membráně biologického filtru se totiž udělala trhlina, a zatímco astronauti prováděli svou první vycházku, vytvořila se na podlaze kabiny louže jedenácti litrů vody. Byla to jedna šestina zásoby vody určené na chlazení a pití, ale zbytek stále převyšoval plánovanou spotřebu.¹³⁶

Druhá měsíční vycházka byla ještě o hodinu delší. Tentokrát Rover s astronauty směřoval na východ krajem Jižního komplexu. Nacházel se zde velmi složitý terén a Scott tak musel řídit velmi opatrně. Po ujetí vzdálenosti šesti a půl kilometru se astronauti pustili do geologického průzkumu. Sběr na povrchu však nestačil, a proto se dal Scott do kopání příkopu. Přitom však podklouzl a on spadl na záda či spíše na svůj klimatizační systém PLSS (*Portable Life Support System*). Naštěstí se to obešlo bez následků. Tento den astronauti ujeli dalších dvanáct a půl kilometru. Třetí vycházka začala obtížným hloubkovým vrtem (2,4 metru) a odměnou za něj byla opět vyjížďka k Hadleyově brázdě, spojená tentokrát alespoň s částečným sestupem dolů. Po návratu z pětikilometrové výpravy orazítkovali astronauti na blatníku Rovera čtyři sta obálek s příležitostnými známkami k desátému výročí kosmického programu. Orazítkované obálky později prodala posádka Apolla 15 na Zemi filatelistickým zájemcům a také za to obdržela oprávněnou důtku od vedení NASA.¹³⁷

Hra na poštmistra byla signálem k návratu. Nejprve se uskutečnil start lunárního modulu, který poprvé snímala kamera z Roveru, zaparkovaného sto metrů opodál, pak spojení s mateřskou lodí Endeavour. Při odhození Falconu, z něhož astronauti přenesli osmašedesát kilogramů hornin, musela mít trojice ve velitelské sekci na sobě skafandry. Toto opatření vyvolala tragická dekomprese kabiny Sojuzu 11 v důsledku nečekaného otevření odvětrávacího ventilu při otřesu způsobeném odstřelením služební sekce lodi Sojuz 11.¹³⁸

Posádka Apolla 15 ještě vypustila družici, která na oběžné dráze kolem Měsíce měla sledovat jeho radiaci, magnetické a gravitační pole. Pak už se, po příslušných manévrech, astronauti vydali na cestu zpět k domovu. Během letu k Zemi uskutečnil Worden výstup na povrch kosmické lodi, odkud odebral kazetu z panoramatické kamery. Poté posádku čekali již jen obvyklé závěrečné manévry, zakončené poněkud tvrdším přistáním do vln Tichého oceánu, kde ji osm kilometrů od středu cílové oblasti 530 kilometrů severně od Honolulu vylovil vrtulník čekající letadlové lodi USS Okinawa. Během závěrečné fáze sestupu se totiž jeden ze tří hlavních padáků neotevřel, takže rychlost dopadu byla jedenáct místo obvyklých

¹³⁶ SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 26, s. 21/1021.

¹³⁷ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, s „Tulákem“ na Měsíci*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 24, s. 26/946.

¹³⁸ Posádku Sojuzu 11, jenž před tragickým návratem pracovala rekordních 23 dní na orbitální stanici Saljut 1, tvořili: Georgij T. Dobrovolskij (1928-1971), Vladislav N. Volkov (1935-1971), Viktor I. Pacajev (1933-1971).

9,8 metrů za sekundu. Pro posádku ale měla větší význam skutečnost, že na základě zcela negativních výsledků z předchozích letů Apolla 11, 12 a 14, byla povinná karanténa po návratu z Měsíce uznána za zbytečnou. K tomuto závěru došel NASA ale již nedlouho předtím dne 26. srpna 1971.¹³⁹

3.6 Apollo 16

Méně hladce oproti předchozímu letu proběhla následující expedice Apollo 16. Jako by za vše mohla jistá spojitost s nešťastnou „třináctkou“, která jen těsně unikla tragédii. Připomeňme, že velitel Apolla 16, John W. Young, zastával velitelskou funkci v záložní posádce pro Apollo 13. Jeho partner pro přistání na Měsíci Charles Moss Duke (narozený 1935), patřil rovněž do záložní posádky a Thomas Kenneth Mattingly (narozený 1935) byl z původní osádky později havarované lodi vyřazen krátce před startem pro podezření z infekce zarděnkami.¹⁴⁰

Již samotný start expedice Apollo 16, uskutečněný 16. dubna 1972, proběhl skoro o měsíc později, než se původně plánovalo. Zpoždění zavinilo jednak Dukeovo onemocnění zápallem plic, pravděpodobně způsobené náročným geologickým výcvikem v sopečném terénu na Havajských ostrovech, ale také nevyřešením otázek technického charakteru, jakými bylo například dokončení zkoušek nových, pohyblivějších skafandrů a také prověrky pyrotechnického oddělování lunárního modulu od velitelské sekce. Drobné potíže se rovněž dostavily i krátce před vlastním startem na Zemi. Nejprve tři čtvrtě hodiny před startem došlo k poruše na lince k jedné ze sledovacích stanic. Porucha trvala jen krátkou dobu, avšak dvacet minut před startem se objevil další problém. Přístroje ve středisku řídicí start LCC (*Launch Control Center*) signalizovaly, že nelze nastavit gyroskopy záložního systému nosné rakety Saturn 5 podle hlavních. To bylo na pováženu, protože při startu musí být oba navigační systémy v pořádku a v souladu. Kdyby se nepodařilo dosáhnout nastavení, nezbylo by než odložit start. To by ale znamenalo velký problém, protože odpočítávání probíhalo na samém konci startovního okna a časová rezerva činila jen necelé čtyři hodiny. Technici však ujišťovali Walta Kapryana, vedoucího startovních příprav, že jde pouze o závadu na

¹³⁹ Ertel, I. D., Newkirk, R. W.: *The Apollo Spacecraft*. díl IV., (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1978, s. 345.

¹⁴⁰ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D.C., 2000, s. 212.

indikačním zařízením na zemi a ne na přístrojích v raketě. Na jejich žádost bylo pouze pozastaveno odpočítávání, než dokázali oprávněnost svého názoru.¹⁴¹

Přes všechny předchozí potíže se nakonec, necelou hodinu po poledni místního času, nosná raketa s Apollem 16 na špici zdárně odlepila z rampy 39A. Raketa tentokrát nemířila tolik na východ, jako tomu bylo u Apolla 15. Požadavky na rychlost byly tentokrát menší a obvyklý startovní azimut 72° dovoľoval rozšíření startovního okna. Za jedenáct minut a šestapadesát sekund dosáhla kosmická loď oběžné dráhy 166-169 km.¹⁴² Duke a Mattingly, kteří byli poprvé ve vesmíru, překvapovali nadšením. Krátce na to je ale zchladila telemetrie, která signalizovala závadu v nádrži se stlačeným héliem, příslušející k hlavnímu motoru služební sekce. Tlak plynu zde neustále vzrůstal, až se konečně ustálil na hodnotě o 1,05 atmosféry vyšší, než byla nominální. Vysvětlení záhady se našlo snadno a rychle. Odchylku zavinil diferenční tlakoměr, který udává tlak proti komůrce naplněné pozemským vzduchem. V komůrce se totiž díky netěsnosti vytvořilo vakuum, což vysvětlilo i rozdíl jedné atmosféry. Závada nemohla další let ohrozit. Dvě a půl hodiny po startu bylo provedeno navedení na lunární dráhu, manévř TLI (*Trans Lunar Injection*). Stejně tak transpozice, spojení, úhybný manévř a vyslání posledního stupně nosné rakety (S-IVB) k povrchu Měsíce proběhlo bez závady. Špatná funkce radarového převaděče na posledním stupni však znemožnila jeho sledování a přesné určení místa a času dopadu na Měsíc. Tím utrpěl pokus geologů, jimž chyběl podklad pro sledování rychlosti šíření seizmického rozruchu měsíčními horninami.¹⁴³

Astronauty ale více trápil stav kosmické lodi. Nejprve při inspekci průlezu mezi velitelskou sekcí a lunárním modulem zjistili, že jeden zámek spojovacího zařízení se nezaklapl. K zajištění pevného spojení naštěstí postačovaly tři zámky z celkového počtu dvanácti kusů. Asi půldruhé hodiny po předchozí inspekci (osm hodin a třicet minut po startu) zpozorovali odlupování drobného materiálu z povrchu lunárního modulu v oblasti nádrží pohonných hmot. V řídicím středisku v Houstonu propukl poplach. Praskání hliníkové fólie mohlo způsobit unikání paliva. Duke a Yong byli urychleně vysláni do lunárního modulu, aby zapojili jeho telemetrii. Zkouška prokázala, že nádrže jsou v pořádku. Naskytla se však otázka, zda systém nebude ohrožen v důsledku osvětlení Sluncem při pobytu lunárního modulu na Měsíci. Tuto otázku sprovodil ze světa výrobce modulu firma Grumman vyjádřením, že ochranný materiál by měl význam během plánovaného letu v březnu, kdy Slunce bylo ve vyšším postavení. Odložením startu o měsíc se situace změnila a otázka

¹⁴¹ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 15, s. 26/586-27/587.

¹⁴² Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D.C., 2000, s. 230.

¹⁴³ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 16, s. 26/626.

kvality ochranného povrchu ztratila na významu. Před plánovaným odpočinkem řídicí středisko ještě astronautům oznámilo zrušení první plánované korekce letu. Druhá korekce, provedená druhý den, však byla nezbytná, nemělo-li Apollo 16 prolétnout kolem Měsíce ve vzdálenosti 217 kilometrů místo plánovaných 132 kilometrů od povrchu.¹⁴⁴

Během letu k Měsíci provedla celá posádka lodi pokus s registrací kosmického záření. Ukázalo se, že jeho vnímání se zavřenýma očima závisí na dispozici jedince. Duke byl na sledovaný jev neobyčejně citlivý, Mattingly nespatriil vůbec nic a Young jeden jediný záblesk světla za celou dobu trvání pokusu.¹⁴⁵ Ani tento den se astronautům nevyhla série drobných závad, počínaje náhodným napíchnutím španělského telefonujícího na linku pronajatou pro NASA či zablokováním inerciální plošiny ve velitelské sekci a nežádoucím jiskřením v obvodech řízení vektoru tahu. Tím se však zlomyslný osud pronásledující let Apollo 16 prozatím vyčerpá. Kosmická loď zmizela za okrajem Měsíce a hladce přešla na dráhu kolem něho. Také rozdělení na Orion (volací znak lunárního modulu) a Casper (velitelská sekce) proběhlo bez závad, i když pro poruchu jednoho ze dvou servosystémů parabolické antény na Orionu musela ke spojení postačit pouze anténa všesměrová. To hlavní ale teprve mělo přijít. Když se osamělý Mattingly pokusil navést Casper na kruhovou dráhu, shledal, že při použití záložních obvodů stabilizačního a řídicího systému kmitá hlavní motor služební sekce v rovině bočení. I když při použití hlavního ovládacího systému ke kmitání nedocházelo, stala se situace výpravy kritickou. Astronautům sice bezprostřední nebezpečí nehrozilo, avšak přistání na Měsíci rázem viselo na vlásku. Pohonné jednotky lunárního modulu by se totiž v případě nepoužitelnosti hlavního motoru služební sekce staly jedinou rezervou pro urychlení kosmické lodi, nezbytné pro návrat na rodnou planetu. Casper i Orion za těchto okolností prozatím zůstaly ve formaci a Země zahájila horečnou činnost. Varianta původního letového plánu počítala s eventuálním odkladem přistání o jeden oběh. Při dodržení plánu tedy zbývala k rozhodnutí pouhá hodina času. S každým dalším oběhem se vlivem rotace Měsíce posunovala rovina dráhy lunárního modulu o půl stupně od plánovaného místa přistání, což znamenalo zvýšené nároky na manévrování Orionu při sestupu a tím i na spotřebu pohonných látek pro motor přistávacího stupně. Rozbor situace ukázal, že mělo-li se vůbec dosáhnout plánovaného místa, mohl lunární modul vyčkat na dráze nejvýše pět dalších oběhů. To znamenalo, že problém záložního systému řízení musel být vyřešen během deseti hodin.¹⁴⁶

¹⁴⁴ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 16, s. 26/626-27/627.

¹⁴⁵ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 16, s. 28/628.

¹⁴⁶ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 25, s. 26/986.

Po více než dvouhodinovém úsilí více než sedmi set pracovníků, včetně Mattinglyho, který neustále operoval s přístroji na Casperu a hlásil řídicímu středisku polohy ukazatelů osy tahu, se objevila příčina. Spočívala v přerušení zpětné vazby v servozesilovači ovládajícím vyklápění motoru v ose bočení. Naštěstí tato závada nevyklučovala možnost použití záložního systému v případě nouze. Na začátku šestnáctého oběhu, o tři oběhy později než bylo plánováno, převedl Mattingly velitelskou loď na kruhovou oběžnou dráhu bez jakýchkoliv potíží.¹⁴⁷

Souhlas k přistání obdržela rovněž posádka lunárního modulu. To se šťastně zdařilo v pevninské oblasti u kráteru Descartes, tři sta metrů severně a sto třiadvacet metrů západně od zvoleného bodu, ovšem se šestihodinovým zpožděním. Bylo však třeba, aby si astronauti před náročným programem, po mnoha hodinách nepřetržité práce a vypětí, odpočinuli. To zároveň umožnilo nově vypracovat plán tak, aby Orion vyšel s elektrickou energií, se zásobami vody na chlazení a s kyslíkem.¹⁴⁸

První vycházka byla zahájena po sedmi hodinách spánku a dvou hodinách obvyklých příprav. Sotva Young vystoupil na povrch, zjistil, že zadní noha lunárního modulu stojí na samém okraji asi sedmimetrového kráteru. Po zjištění, že by jeho velikost bohatě stačila na převrácení Orionu, si ulevil: „Zatraceně! Vůbec jsem o té díře nevěděl!“¹⁴⁹

Poté se již rozeběhla práce na stavbě vědecké stanice ALSEP, odběr vzorků a vykládání Roveru, což zabralo celkem čtyři hodiny. Po této práci čekal na astronauty ještě krátký výlet. Pomocí lunárního vozidla vyrazili ke kráteru Flag, vzdáleném asi 1300 metrů směrem na západ. Young zde zaparkoval Rover na jihozápadním okraji kráteru a oba astronauti zahájili hodinu trvající geologický průzkum. Cestou zpět se astronauti zastavili u kráteru Spook, kde provedli měření magnetického pole. Vrcholným bodem programu však byla zkouška jízdních vlastností měsíčního dopravního prostředku LRV, které familiárně přezdívali „Grand Prix“, až se tato přezdívka dostala do letového plánu. To se již ale vycházka chýlila ke konci a astronauti se po sedmi hodinách a jedenácti minutách vrátili zpět do lunárního modulu.¹⁵⁰

Smůla se ale astronautům lepila na paty i v době osobního volna. Když skončil rozbor vykonané činnosti, zůstal omylem zapojený mikrofon, takže lidé v řídicím centru včetně novinářů v tiskovém středisku mohli vyslechnout nefalšované názory astronautů na stravu. „Myslím, že jsem za dvacet let neměl tolik citronád co teď.“ Stěžoval si Young svému

¹⁴⁷ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 17, s. 26/666.

¹⁴⁸ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 25, s. 27/987.

¹⁴⁹ Cit. podle: Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 25, s. 27/987.

¹⁵⁰ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 18, s. 27/707-28/708.

kolegovi a pokračoval: „Ale to ti povídám, prodělat ještě jednou takových dvanáct nemožných dní, tak už žádný chlastat nebudu. A jestli mi k snídani nabídnou draslík, tak se pozvracím.“ Pak už to Tony England, zajišťující spojení s řídicího střediska, nevydržel: „Orione, zde Houston... mimochodem... máte zapnutej mikrofon.“ Spojení bylo přerušeno a otřesená posádka lunárního modulu se snažila zaspat tu ostudu.¹⁵¹

Ani Mattingly na oběžné dráze nezahálel. Prováděl pokusy podle plánu, i když některé s komplikacemi. Výkon signálu v laserovém výškoměru klesl na polovinu a potíže činilo i vysouvání a zasouvání hmotového spektrometru a mapovací kamery. Mezitím tým, který měl na starost průběh letu, vyhodnocoval možná rizika vyplývající z dosavadních závad na Apollo 16 a nabádal k opatrnosti. Původní plán předpokládal, že Apollo 16 zůstane po návratu lunárního modulu na oběžné dráze Měsíce ještě dva dny. Obavy z nebezpečí zapříčinily, že byl jeden den vypuštěn. Rovněž byly zrušeny dva manévry pomocí hlavního motoru služební sekce.¹⁵²

Young ani Duke si pozemské starosti nepřipouštěli a po vydatném spánku se vydali na svou druhou měsíční vycházku. Tentokrát vyrazili směrem na jih k masívu Stony Hill a zde ležícímu kráteru Crown, jenž se nacházel ve výšce 250 metrů nad místem přistání. V měkké půdě všude kolem byly zabořeny kupy hranatých balvanů. Krajina připomínala něco mezi povrchovým dolem a vyvázkou z metra. Astronauti ale oceňovali báječnou vyhlídku směrem k více než čtyři kilometry vzdálenému lunárnímu modulu. Hodinový pobyt zde na nejvzdálenějším bodě druhé vycházky vynesl bohatou mineralogickou kořist. Při návratu však Rover začal stávkovat. Nejprve zlobilo řízení a pak přestala táhnout zadní kola. Panovala obava, že astronauti poškodili elektrické vedení na spodku náhodným nárazem o balvan. Po několika minutách čilé diskuse s řídicím střediskem se však ukázalo, že vypínače na ovládacím panelu Roveru jsou jen nevhodně nastaveny. Vycházka se pomalu chýlila ke konci. Rover při ní urazil více jak jedenáct kilometrů a astronauti během sedmi hodin a třidvaceti minut nasbírali devětadvacet kilogramů hornin.¹⁵³

Na sestavování plánu poslední vycházky se významně podílel muž v pozadí, Mattingly, který pomáhal určovat geologicky nejzajímavější trasu. Ačkoli podle pozorování přistál lunární modul v oblasti lávových výlevů, byla nalezená hornina dosud složena především s brekcií a nikoli z krystalických hornin. Při zkrácené době třetí vycházky, ze sedmi na pouhých pět hodin, bylo třeba získat co nejvíce informací o složení půdy. Vycházka

¹⁵¹ Cit. podle: SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 18, s. 28/708.

¹⁵² SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 18, s. 28/708.

¹⁵³ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 220.

směřovala severním směrem až ke kráteru North Ray (Severní paprsek), kde se nacházelo velké množství balvanů. V této oblasti naměřili dosud nejsilnější magnetické pole na Měsíci (313 gama).¹⁵⁴ O další dramatickou chvíli se postaral Young, který při návratu k lunárnímu modulu uháněl s Roverem ze svahu rychlostí sedmáct kilometrů v hodině. To bylo o pět kilometrů v hodině více, než na co byl Rover původně postaven. Přitom se mu podařilo utrhnout zadní blatník a málem spadnout do kráteru, který se málem stal osudným i Orionu.¹⁵⁵

V závěru poslední pět hodin a čtyřicet minut trvající vycházky, při níž ujeli dalších jedenáct kilometrů, astronauti naložili vzorky do lunárního modulu a zahájili přípravy k odletu. Celková hmotnost vzorků měsíční horniny činila 95,71 kilogramů.¹⁵⁶ Na povrchu zůstal opuštěný Rover, který zaparkovali asi sto metrů na východ od Orionu. Jeho televizní kamera posléze snímala start horního stupně lunárního modulu z měsíčního povrchu. Tím ale její úkol neskončil. Až do konce měsíčního dne se kamera pravidelně zapínala, aby odhalila reliéf terénu pod různým úhlem osvětlení. Hlavní podívané se však geologové nedočkali. Při opouštění Orionu zapoměla jeho posádka jeden z vypínačů přepnout. Následkem toho nebylo možno řídit orientaci lunárního modulu v prostoru, ani provést jeho navedení proti povrchu Měsíce. Místo plánovaného dopadu bylo sice již za obzorem, asi jedenáct kilometrů od připravené kamery, ale geologové doufali, že zahlédnou alespoň horniny vymrštěné vzhůru v okamžiku nárazu.¹⁵⁷

Na potíže s hlavním motorem služební sekce doplatila i výzkumná družice, vypuštěná posádkou Apollo 16 po návratu Younga a Dukeho z Měsíce. Jelikož velitelská sekce omezila vlastní manévry, dostala se družice pouze na kruhovou dráhu ve výši čtyřidevadesát kilometrů, což značně zkrátilo její životnost.¹⁵⁸

Po jednodenním společném pobytu na oběžné dráze Měsíce, který astronauti vyplnili pořizováním fotografií, se zásluhou úspěšného návratového manévru vydala kosmická loď Apollo 16 na zpáteční cestu k Zemi. Během letu uskutečnil Mattingly výstup z kabiny, aby sejmul z povrchu pomocné sekce kazety s filmy a biologickými materiály.¹⁵⁹ Zbývající návratové operace se staly již běžnou rutinou, a tak mohla kabina s astronauty přistát 27.

¹⁵⁴ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 18, s. 29/709.

¹⁵⁵ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 25, s. 27/987.

¹⁵⁶ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 221.

¹⁵⁷ SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 19, s. 33/753.

¹⁵⁸ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 224.

¹⁵⁹ Lála, P., Vítek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982, s. 331.

dubna 1972 v Tichém oceánu nedaleko hlídkující letadlové lodi USS Ticonderoga po bezmála 266 hodinách letu.¹⁶⁰

3.7 Apollo 17

Poslední americkou expedicí, jež přistála na Měsíci, bylo Apollo 17. Na přelomu let 1969 a 1970 snížil Kongres finanční prostředky určené pro výzkum Měsíce, což mělo za následek restrikcí programu o tři lety a také ztrátu devíti systemizovaných míst pro tým astronautů. Mnozí z nich odešli z NASA do funkcí různých generálních ředitelů a předsedů správních rad, aby na poslední chvíli využili své popularity. Ti co vytrvali, ale dostali novou možnost letět, protože již 19. ledna 1972 došlo ke jmenování posádek pro lety k orbitální stanici v rámci programu Skylab.

Mezi ty, co se nevzdávali, patřil i profesionální geolog Harrison Hagan Schmitt, Ph.D., (narozený 1935) a to i v době, která dosud dávala přednost pilotům, přeškoleným na výzkumníky než naopak. Schmittovi se vytrvalost vyplatila. Stal se členem posádky Apolla 17 ve funkci pilota lunárního modulu a měl být spolu s Eugenem A. Cernanem (velitelem expedice) posledním Američanem, který v dohledné době navštíví měsíční krajinu. Nevděčným, ale za to velmi zodpovědným úkolem, byl pověřen Ronald E. Evans (1933-1990), jakožto pilot velitelské sekce. Zatímco letová posádka v Houstonu dokončovala výcvik, probíhaly na mysu Kennedy přípravy ke startu. Raketa Saturn 5 (SA-512) byla přesunuta na tradiční rampu 39A již 28. srpna 1972, kde následně probíhaly zkoušky systémů rakety i kosmické lodě na jejím vrcholku.¹⁶¹

Apollo 17 odstartovalo 7. prosince 1972, tentokrát poprvé v noci. O fascinující pohled na plamenné moře byli trpěliví diváci málem připraveni díky vadě počítače, který nevydal pokyn k tlakování kyslíku v nádrži třetího stupně (S-IVB) a nebyl s to vzít na vědomí, že jeho opomenutí, způsobené špatnými kontakty, technici okamžitě napravili ručním stisknutím tlačítka. Celé odpočítávání proto zastavil třicet sekund před startem. Nezbylo než vrátit pořad startovních operací o dvaadvacet minut nazpět a vhodným způsobem počítač oklamat, což se také nakonec podařilo a Apollo 17 se vydalo na dalekou cestu ještě půldruhé hodiny před koncem startovního okna. Téměř tříhodinové zpoždění bylo eliminováno razantnějším přechodem na translunární dráhu pomocí rezervy paliva ve třetím stupni S-IVB.

¹⁶⁰ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 225.

¹⁶¹ SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: *Letectví + kosmonautika 1973*, XLIX, č. 7, s. 24/264-25/265.

Astronauti v Apollu 17 tak mohli letět po rychlejší dráze a dohnat zpoždění ještě před přechodem na orbit kolem Měsíce. Přestavba lodi proběhla jako obvykle, i když se selháním jednoho ze spojovacích zámků - což ale byla drobnost, s jakou se musela vyrovnat skoro každá předchozí expedice. Významnější se jevila nezbytná korekce dráhy kosmické lodi, protože ta dosavadní by přivedla Apollo 17 ke srážce s Měsícem. Další korekce odpadly, takže jediným zbývajícím manévrem zůstal přechod na dráhu kolem Měsíce. Před ztrátou spojení letělo Apollo 17 vzhledem k Měsíci po hyperbole. Za pouhých šest a půl minuty hoření hlavního motoru služební sekce za jeho odvrácenou stranou se kosmická loď dostala do dočasného zajetí souputníka Země. Následoval přechod na nestabilní eliptickou dráhu s pericyntiem osmnáct kilometrů, ale teprve na dvanáctém oběhu se Apollo 17 proměnilo v letovou formaci velitelské sekce (volací znak America) a přistávacího modulu (Challenger),¹⁶² z níž osamocený Evans přešel na mírně výstřednou elipsu ve výšce (100 x 130 km). Na oběžné dráze ho čekaly dlouhé hodiny rutinní práce, pozorování, fotografování a mapování. Jako pomůcku měl Evans k dispozici i snímky ze sovětské sondy Zond 8, které mu sloužily při průzkumu okolí kráteru Aitken na Odvrácené straně Měsíce.¹⁶³

Sestup lunárního modulu se z počátku moc nevyvedl. Dráha letu byla plošší a v jednu chvíli letěl Challenger o 750 metrů výše, než žádal nominální plán. Příliš to nevadilo, jelikož Challenger byl proti předchozím modulům poněkud odlehčen. Každých osm kilogramů, o něž byl modul lehčí, představovalo množství paliva, umožňující další sekundu letu navíc. Celkem se jednalo o jednadvacet rezervních sekund, které nakonec ani nespotřeboval. Lunární modul s astronauty přistál asi s pěti sekundovým rozdílem oproti plánu a 200 metrů severně od vyhlédnutého bodu. Přimo před jejich okny se tyčila skupina velkých balvanů a na svazích hor obklopujících kotlinu Taurus-Littrow bylo vidět stopy, vyryté v dávné minulosti valícím se kamením.¹⁶⁴ Výstupu předcházely obvyklé prověrky systémů v lunárním modulu, po nichž nejprve Cernan jako jedenáctý člověk stál na povrchu Měsíce. „Teď když vstupuji na povrch údolí Taurus-Littrow, bych chtěl první kroky Apolla 17 věnovat všem, kteří něco takového umožnili,“ řekl Cernan krátce před tím, než se k němu připojil jeho kolega.¹⁶⁵

Schmitt byl doslova učarován tímto geologickým rájem, ale místo geologie nastoupila obvyklá rutina: montáž Roveru a instalace televizní kamery. Obojí dohromady zabralo hodinu práce. Následovala instalace přístrojů vědecké stanice ALSEP. To se již oba astronauti opožďovali za plánem. Přitom je ještě čekali vrty pro sondy sledující proudění tepla z nitra

¹⁶² Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 25, s. 27/987-28/988.

¹⁶³ SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 9, s. 24/344.

¹⁶⁴ SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 9, s. 24/344-25/345.

¹⁶⁵ Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 338.

Měsíce a odběr hloubkového trubkového vzorku. Teprve poté se astronauti vydali s pomocí měsíčního vozidla Rover na první vyjíždku.¹⁶⁶ Ta směřovala na jihovýchod a původně měla vést až ke kráteru Emory, vzdáleného 2300 metrů od místa přistání. Vzhledem k časové tísní doporučil Houston astronautům dojet jen ke kráteru Steno, který ležel přibližně v polovině původně proponované cesty. Další překážkou výpravy byla i malá přehlednost terénu, která zavinila, že Cernan a Schmitt se přiblížili k okrajovému valu Stena jen asi na vzdálenost sto metrů. Cernan často vedl Rover přes vyvýšeniny jen proto, aby si usnadnil orientaci. Oba astronauti přesto ušli 3500 metrů pěšky a překonali tak své vozidlo, které mělo na počítadle jen 2500 metrů. Celá vycházka trvala více než sedm hodin a astronauti při ní odebrali řadu vzorků měsíčních hornin. Po tak namáhavém dnu nechalo středisko spát oba astronauty na Měsíci o hodinu déle, než předpokládal plán.¹⁶⁷

Po všech nezbytných přípravách vyrazili oba astronauti s pomocí Roveru směrem na západ až ke kráteru Nansen na svou druhou měsíční vycházku. Cestou během zastávky instalovali výbušnou nálož, která byla součástí aktivního seismického experimentu, připraveného k pozdějšímu odpálení ze Země rádiovým signálem. Přes toto zdržení jim cesta dlouhá 9100 metrů trvala pouhých 70 minut. Na okraji morénového pole u kráteru Nansen výprava opustila vozidlo a začala stoupat vzhůru po svahu Jižního masívu. Nebylo to snadné. Svah se místy zvedal pod úhlem až dvaceti stupňů a v sypké, bořící se půdě prokluzoval každý krok. Odměnou jim byla bohatá geologická kořist. Další cesta astronautů vedla kolem kráteru Lara, kde se zdrželi pětadvacet minut, přičemž zde uskutečnili i jedno z šesti měření gravitace, které Cernan a Schmitt prováděli během této druhé měsíční vycházky. Hlavní překvapení však na výpravu čekalo až na další zastávce, u kráteru Shorty, kam Rover dorazil po dvaceti minutách rychlé jízdy. Zde astronauti našli zvláštní oranžovou horninu připomínající zoxidovanou pouštní půdu. Jejich naděje, že našli sloučeniny železa, byly později zklamány. Odborná analýza na Zemi ukázala, že jde o sklovitý materiál obarvený kyslíkem titaničitým. Zbytek vycházky dlouhé sedm hodin a sedmatřicet minut již proběhl bez překvapení.¹⁶⁸

Po nutném odpočinku astronauti zahájili třetí vycházku. Tentokrát se Cernan a Schmitt vydali severním směrem k úpatí Severního masívu. Po překonání vzdálenosti 3300 metrů od místa přistání zastavili svůj Rover na kraji úzkého údolí se strmými svahy v místě zvaném u „Rozštěpeného kamene“. Zde profesionální geolog Schmitt uspořádal vědeckou přednášku o okolním terénu. „Vypadá to jako anorthositické gabbro,“ začal. „Jsou tu velké inkluse

¹⁶⁶ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, sbohem Měsíci!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 25, s. 28/988.

¹⁶⁷ SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1973, XLIX, č. 9, s. 25/345-26/346.

¹⁶⁸ SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: *Letectví + kosmonautika* 1973, XLIX, č. 10, s. 22/382.

materiálu bez bublin. Jižní polovina je v textuře heterogenní. Jde buďto o nějaké rekrytalizované brekcie, nebo to anorthositické magma na sebe nachytalo spoustu příměsí. Tahle druhá možnost se zdá pravděpodobnější. Když to srovnám se zastávkami na druhé straně u Jižního masívu, tak tady jsou horniny mnohem komplikovanějšího charakteru...¹⁶⁹ Přednáška pokračovala ještě nějakou dobu, až nakonec zasáhl Cernan a zavelel k výstupu na přílehlý svah, z něhož pořídili panoramatické snímky okolí. Ze svahů byl opravdu nádherný pohled nejen na údolí samo, ale i na oblast kráterů Lara a Shorty. Celkem se zde zdrželi celých sedmdesát minut, než popojeli o dalších 800 metrů dál na východ podél úbočí Severního masívu. Po čtvrt hodinové zastávce se trasa třetí vycházky obrátila k jihovýchodu, do oblasti Zvrásněných útvarů. Na tomto místě, kam astronauti dorazili po ujetí 2300 metrů, našli pouze prach. Mnohem zajímavější byla další zastávka u kráteru Van Serg.¹⁷⁰ Dle předběžného odhadu geologů se jednalo o čerstvý impaktní kráter. Podrobnější průzkum však odhad uvedl v pochybnost. Během čtyřiceti minut pobytu sebrali totiž astronauti jak v kráteru, tak v jeho okolí velké množství nejrůznějších druhů hornin. Naproti tomu neobjevili žádné stopy po přítomnosti podložních skalních vrstev obnažených a vyhozených impaktem. Poslední bod programu výpravy, kráter Sherlock s balvanovým polem, pro nedostatek času vypustili.¹⁷¹

Po návratu k lunárnímu modulu zahájil Cernan závěrečný ceremoniál odhalením plakety upevněné na přistávací části Challengeru. Ti, kteří snad jednou přijdou znovu do oblasti Taurus-Littrow, si budou moci přečíst její text: „Na tomto místě skončil první průzkum Měsíce člověkem v prosinci L. P. 1972. Nechť mír, s nímž jsme přišli, se projeví v životě všech národů na Zemi.“¹⁷²

Mezitím se Schmitt s brekcií v ruce obrátil k návštěvníkům houstonského střediska, mezi nimiž byla i výprava šedesáti devíti mladých lidí, reprezentujících budoucnost svých zemí: „Tenhle kámen,“ řekl geolog, „je složen z úlomků řady hornin nejrůznějších tvarů, velikostí a barev. Všechny dohromady jsou spojeny v celek, který tu ležel a vlastně žil velice mírumilovným způsobem. Až se tenhle kámen ocitne na Zemi, rádi bychom dali po kousku všem zemím na celém světě jako symbol souladu a míru do budoucnosti. Konec programu Apollo znamená, že se nyní dveře přivírají. Naděje budoucnosti však spočívá v mladých lidech, kteří se učí žít a pracovat společně.“¹⁷³

¹⁶⁹ Citováno podle: SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 10, s. 23/383.

¹⁷⁰ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 3-23.

¹⁷¹ Citováno podle: SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 10, s. 23/383.

¹⁷² SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 10, s. 23/383-24/384.

¹⁷³ Citováno podle: SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 10, s. 23/383-24/384.

Po ceremoniích zbývaly ještě poslední práce na povrchu Měsíce. Cernan odvezl Rover na místo jeho posledního parkoviště asi sto metrů na východ od lunárního modulu a Schmitt vyzvedl neutronovou sondu ze souboru ALSEP. Poté, co Schmitt vylezl po schůdkách na plošinu a protáhl se otvorem do lunárního modulu, Cernan pronesl svou závěrečnou řeč: „Teď, když opouštíme Měsíc a údolí Taurus-Littrow, odlétáme tak, jak jsme sem přišli a jak se s pomocí Boží navrátíme domů – v míru a naději pro celé lidstvo. Když nyní dělám tyto na dlouhou dobu poslední lidské kroky na měsíčním povrchu, chtěl bych zdůraznit, že výzva, které se zhostila dnešní Amerika, předurčila osud člověka budoucnosti. Šťastnou cestu posádce Apolla 17.“¹⁷⁴ To byla tečka za expedicemi na Měsíc.

Start lunárního modulu, po pětasedmdesátihodinovém pobytu na měsíčním povrchu, proběhl standardně a také ostatní manévry nečinily potíže. Po opětovém spojení a přestoupení obou astronautů do velitelské sekce k Ronu Evansovi byl opuštěný Challenger naveden na měsíční povrch, kam dopadl ve vzdálenosti asi deseti kilometrů od místa přistání. Poté během dalších dvou dnů již kompletní posádka prováděla plánované výzkumy z oběžné dráhy Měsíce. Teprve 17. prosince 1972 byla po úspěšném zážehu hlavního motoru služební sekce navedena kosmická loď Apollo 17 na dráhu k Zemi. Druhý den uskutečnil pilot velitelské sekce Evans výstup z kabiny do volného prostoru o délce pětáctyřicet minut, během něhož přenesl z povrchu služební sekce kazety s filmy a výsledky předchozích pokusů. Závěr letu nijak nevybočoval od běžného průběhu, a tak poslední měsíční expedice po téměř 302 hodinách letu přistála v plánované oblasti jihovýchodně od Samojských ostrovů. Velitelský modul z mírně zvlněného moře vyzvedla hlídkující letadlová loď USS Ticonderoga.¹⁷⁵

¹⁷⁴ Citováno podle: Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 355. Doslovný přepis posledních slov na Měsíci, dle zdrojů NASA, uvedený tamtéž: „Bob, this is Gene, and I'm on the surface; and, as I take man's last step from the surface, back home for some time to come - but we believe not too long into the future - I'd like to just (say) what I believe history will record. That America's challenge of today has forged man's destiny of tomorrow. And, as we leave the Moon at Taurus-Littrow, we leave as we came and, God willing, as we shall return, with peace and hope for all mankind. - Godspeed the crew of Apollo 17.“ („Bože, tady Gene, jsem na povrchu; když nyní dělám tyto na dlouhou dobu poslední lidské kroky - ale věříme, že to nebude v budoucnu příliš dlouhá doba - rád bych vyjádřil, co věřím, že historie zaznamená. Výzva, které se zhostila dnešní Amerika, předurčila osud člověka zítřka. A teď když opouštíme Měsíc, Taurus-Littrow, odlétáme tak, jak jsme přišli, s Boží pomocí, se navrátíme v míru a naději pro celé lidstvo. S Pánem Bohem posádka Apolla 17.“)

¹⁷⁵ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 251.

4. Navazující programy nebo-li „Apollo Applications“

4.1 Projekt Skylab

Po ukončení letu Apolla 17 zbývalo ve skladech sedm raket Saturn 1B, tři obří rakety Saturn V a sedm úplných sestav kosmické lodi Apollo.¹⁷⁶ Jenom lunární modul už nebyl žádný. Jediný zbývající kus rozebrali technici na náhradní díly a stavbu dalších tří odvolal NASA ještě dřív, než začaly nabírat konkrétní podobu. Původně se předpokládalo, že stavba nosných raket i kosmických lodí poběží dál. Prostředky investované do jejich vývoje se měly zaplatit v návazném programu s názvem Apollo Applications (využití Apolla). Ten předpokládal vytvoření družicových laboratoří, zásobovaných klasickými kosmickými loděmi Apollo. Laboratoře měly sloužit k dálkovému průzkumu Země, výzkumu materiálů v beztlaku, astronomickým pozorováním a v neposlední řadě i k lékařskému a biologickému sledování vlivu kosmického prostoru na lidský organismus v podmínkách dlouhodobého letu. Právě dlouhodobé pobyty v orbitálních stanicích měly být prvním krokem k pilotovanému letu na Mars, který měl být logickým pokračováním výbojů na Měsíc.¹⁷⁷

S výstavbou družicových laboratoří se započalo již v době prvních pilotovaných letů na Měsíc. Nejprve vznikl projekt orbitální dílny, podle nějž měla na oběžnou dráhu vzlétnout nosná raketa Saturn 1B se speciálně upraveným horním stupněm S-IVB. Po navedení stupně na dráhu by se s ním spojila posádka Apolla, jejímž úkolem by bylo odčerpat zbylé palivo a poté začít s úpravou tělesa na laboratoř.¹⁷⁸ Finální projekt rovněž využíval stupeň S-IVB, avšak již přestavěný a vybavený na Zemi. Pro přestavbu byl vybrán jeden ze stupňů S-IVB, určený původně pro Saturn 1B (SA-212). Firma McDonnell Douglas jej přestavěla na obytnou a laboratorní část družicové stanice, jež dostala název Skylab. K obytným prostorám byl připojen speciálně zkonstruovaný úsek s řídicím stanovištěm a přechodovou komorou pro výstup do kosmu. Z nosné konstrukce přistávacího stupně lunárního modulu vznikl rám pro astronomické dalekohledy. Celý systém mělo napájet šest panelů slunečních baterií. Dva velké panely byly připojeny ke stěnám družicové laboratoře, označené OWS (*Orbital Workshop*) a zbývající čtyři situovali výrobci na soubor dalekohledů ATM (*Apollo Telescope Mount*).¹⁷⁹

¹⁷⁶ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 77.

¹⁷⁷ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, a co dál?*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 26, s. 24/1024.

¹⁷⁸ Sparrow, G.: *Vesmírné výpravy od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. Praha 2008, s. 172.

¹⁷⁹ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, a co dál?*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 26, s. 24/1024.

Opadnutí zájmu americké veřejnosti o kosmonautiku a zvláště nastupující program vývoje raketoplánu jakožto mnohonásobně použitelného kosmického dopravního prostředku vedl k nezbytnému škrtu ve finančním rozpočtu v oblasti pilotovaných letů. Poslední měsíční expedice se sice nestala labutí písni Apolla, avšak celý ambiciózní program jeho dalšího využití byl zredukován na jediný bezpilotní start družicové stanice, spojený s následnou návštěvou tří posádek. Nechybělo však mnoho, aby i tento úsporný program vzal za své. Orbitální stanice Skylab, vynášená raketou Saturn V ve dvoustupňové verzi, sice odstartovala 14. května 1973 bez problémů, avšak během navádění na dráhu došlo třiašedesát sekund po startu v důsledku konstrukční závady ke zničení tepelného a protimeteorického krytu stanice, přičemž byl odtržen jeden z velkých panelů slunečních baterií a druhý zůstal zablokovaný v pootevřené poloze. Za těchto okolností disponovala laboratoř pouze padesáti procent elektrické energie a osud dalších pětadvaceti procent byl nejistý. Následkem odtržení tepelné ochrany začala stoupat teplota uvnitř družicové laboratoře a po osmačtyřiceti hodinách letu se nebezpečně blížila padesáti stupňům celsia, což byla hranice, které mohlo čelit chladicí zařízení chladniček s potravinami. Pootočení Skylabu do jiné polohy vzhledem ke Slunci sice teplotní hrozbu odvrátilo, ovšem za cenu poklesu výkonu slunečních baterií a tedy další ztráty elektrické energie. Navíc se radiátor umístěný na povrchu stanice dostal do stínu, čímž se účinnost chladicího systému zvýšila natolik, že hrozilo zamrznutí potrubí na pitnou vodu a ohrožení funkce čerpadel. Krizovou situaci nebylo možno vyřešit zásahem ze Země. Opravu mohla udělat jen připravená posádka přímo na místě.¹⁸⁰

První posádkou na stanici Skylab byla trojice astronautů Charles Conrad, Paul J. Weitz a lékař Joseph P. Kerwin, již v přepravní lodi Apollo vynesla 25. května 1973 na oběžnou dráhu nosná raketa Saturn 1B. Ještě téhož dne se přiblížili ke stanici a provedli inspekci škod.¹⁸¹ Přitom zjistili, že otevření zbývajícího velkého panelu slunečních baterií brání zaklíněný pásek hliníkového plechu.¹⁸²

Po pevném připojení ke stanici provedli opravu tepelné ochrany před Sluncem pomocí improvizovaného stínícího zařízení z nylonové tkaniny, laminované pohliníkovou polyesterovou folií, kterou posádka vysunula zevnitř Skylabu na čtyřech teleskopických tyčích. I když se nezdařilo tuto zábranu zcela rozvinout, byla její účinnost dostatečná a teplota v kabině se i po optimálním natočení ke Slunci ustálila mezi osmadvaceti až třiceti stupni Celsia. Hliníkový pásek, svírající panel slunečních baterií, odstranili s velkou námahou během

¹⁸⁰ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, a co dál?*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 26, s. 25/1025.

¹⁸¹ Pořadové označení první pilotované expedice znělo Skylab 2. Následující výpravy chronologicky navazovaly (Skylab 3 a 4). Počáteční Skylab 1 se vztahoval na samotnou orbitální stanici.

¹⁸² Lála, P., Vítek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982, s. 341.

více než čtyřhodinového výstupu astronauti Conrad a Kerwin pomocí speciálně upravených štípacích kleští. Chladem zatuhlé klouby panelu se však úplně otevřely teprve po půldenním ohřívání Sluncem. Zbývající čas pobytu na stanici věnovali plánovaným vědeckým výzkumům. Návrat se uskutečnil 22. června 1973 po osmadvaceti dnech letu. Na rozdíl od měsíčních expedic byli astronauti dopraveni na palubu letadlové lodi USS Ticonderoga ve své kabině. Přesto se účastníci této dlouhodobé mise cítili po návratu zcela normálně. Již dva dny po přistání byli všichni členové posádky v San Clemente v Kalifornii představeni prezidentu Nixonovi a také, právě zde na státní návštěvě pobývajícimu, sovětskému představiteli Leonidu I. Brežněvovi.¹⁸³

Vědeckým pokusům na Skylabu se v daleko větší míře mohla věnovat jeho druhá posádka. Odstartovala ze Země 28. července 1973 ve složení Alan L. Bean, Owen K. Garriott a Jack R. Lousma. Jakmile astronauti opatřili své budoucí pracoviště novým ochranným štítem z tenké fólie, na němž Lousma a Garriott pracovali v kosmickém prostoru přes čtyři hodiny, mohla se celá posádka věnovat výzkumu slunečních erupcí, snímkování Země, sledování růstu monokrystalů ve stavu beztíže, tuhnutí roztavených kovů a také zkouškám autonomní manévrovací jednotky AMU (*Astronaut Maneuvering Unit*), poháněné šestnácti tryskami na stlačený dusík. Práci přerušovaly drobné opravy stanice a další dvě vycházky, spojené s výměnou kazet v dalekohledech ATM a také s montáží šesti nových gyroskopů stabilizačního systému. Hlavní starost však posádce Skylabu činil stav jejich transportní lodi. U Apolla totiž došlo v průběhu stáhání Skylabu k poruše v přívodu oksyličovadla u jedné čtveřice manévrovacích motorků na služební sekci, při níž do kosmu uniklo pětadvacet kilogramů oxidu dusičitého, jedna čtvrtina z jeho celkového množství. Situace se opakovala po pěti dnech letu, když oxid dusičitý začal unikat z další, naštěstí protilehlé, čtveřice manévrovacích motorků. Apollo v té době již bylo spojeno se Skylabem, avšak z důvodu omezených možností jeho manévrování a také podle procedurálních předpisů hrozilo přerušování expedice. Pro tento případ se dokonce připravovala záchranná výprava, při níž se další transportní loď Apollo s posádkou dvou mužů na palubě měla připojit k bočnímu vstupu do laboratoře a odvézt celou pěticí astronautů zpět na Zemi. K tomuto opatření nakonec nebylo třeba sáhnout, ale i tak se způsob návratu druhé posádky na Zemi podstatně změnil. K oddělení Apolla od Skylabu se použil jen pružinový mechanismus ve spojovacím zařízení a inspekční oblet laboratoře zcela odpadl. I s polovičním počtem manévrovacích motorků byla nakonec kosmická loď ovladatelná.¹⁸⁴ Přistání se uskutečnilo 25. září 1973 nedaleko

¹⁸³ Lála, P., Vítek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautik.*, Praha 1982, s. 341-342.

¹⁸⁴ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, a co dál?*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 26, s. 25/1025-26/1026.

hlídkující letadlové lodi USS New Orleans. Zdravotní stav astronautů byl lepší než u první posádky.¹⁸⁵

Třetí a poslední posádka ve složení G. P. Carr, E. G. Gipson a W. R. Pogue odstartovala 16. listopadu 1973 opět s pomocí nosné rakety Saturn 1B a po osmi hodinách letu se spojila s laboratoří. Astronauti opravili a doplnili chladicí systém novou kapalinou, zlepšili i funkci mikrovlnné antény a tryskami transportní lodi uskutečnili korekci dráhy celého komplexu. Vědecký program byl rozšířen o pozorování Kohoutkovy komety, kterou objevil český astronom Luboš Kohoutek v březnu 1973.¹⁸⁶

Celá řada pokusů, zejména snímkování Země, však doplatila na postupné poruchy gyroskopů, používaných pro udržování stabilizace a orientaci stanice v prostoru. Jeden ze šesti se zcela zastavil 23. listopadu, a když se o dva měsíce později dostavily potíže i s druhým z nich, uvažovalo řídicí středisko o zkrácení expedice. Astronauti však nakonec dostali povolení dokončit let v celé plánované délce. V jeho závěru, dne 6. února 1974, zvýšili pomocí trysek dopravní lodi apogeum dráhy Skylabu na 465 kilometrů, což mělo prodloužit jeho životnost z původních pěti na šest až osm let.¹⁸⁷ Astronauti po závěrečné inspekci laboratoře přesedli do Apolla a po necelých pěti hodinách samostatného letu přistáli 8. února 1974 v cílové oblasti poblíž hlídkující letadlové lodi USS New Orleans. Zdravotní stav posádky byl po rekordním osmdesáti čtyř dní dlouhém letu lepší než u předchozích.¹⁸⁸

NASA předpokládala, že stanice vydrží na oběžné dráze až do osmdesátých let. Plánovalo se, že při některém z prvních letů raketoplánu připojí astronauti ke stanici manévrovací motor a buď ji z klesající dráhy vynesou výš, nebo naopak urychlí dolů a zničí řízeným vstupem do atmosféry. Osud Skylabu však zpečetila vyšší hustota horních vrstev atmosféry vlivem sluneční aktivity. Definitivní konec stanice nastal 11. července 1979, kdy se rozpadla a zřítíla na povrch. Většina částí skončila v Indickém oceánu, ale několik velkých úlomků dopadlo v západní Austrálii.¹⁸⁹

4.2 Projekt Apollo-Sojuz

Počátkem sedmdesátých let 20. století došlo mezi oběma soupeřícími stranami studené války k dočasnému uvolnění napětí, označované jako „détente“. Na vrcholném setkání

¹⁸⁵ Lála, P., Vítek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982, s. 343.

¹⁸⁶ Kleczek, J.: *Velká encyklopedie vesmíru*. Praha 2002, s. 214.

¹⁸⁷ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, a co dál?*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 26, s. 26/1026.

¹⁸⁸ Lála, P., Vítek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982, s. 344.

¹⁸⁹ Sparrow, G.: *Vesmírné výpravy od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. Praha 2008, s. 170-173.

v květnu 1972 americký prezident Richard Nixon a předseda rady ministrů SSSR Alexej Kosygin oficiálně ukončili vesmírné závody. Při té příležitosti byla 24. května 1972 podepsána dohoda o společném letu Apollo-Sojuz.¹⁹⁰

V rámci tohoto projektu odborníci vyvinuli univerzální slučitelné spojovací zařízení, jemuž znalci prorokovali slibnou budoucnost v pilotované kosmonautice, zejména při dalších mezinárodních expedicích. Přípravy probíhaly úspěšně a k uskutečnění společného letu došlo již v červenci 1975. Zahájila jej 15. července kosmická loď Sojuz 19 s dvoučlennou posádkou tvořenou Alexejem A. Leonovem a Valerijem N. Kubasovem na palubě. Korekce dráhy Sojuzu při čtvrtém oběhu byla signálem pro start Apolla ASTP (*Apollo-Sojuz Test Project*) s trojicí astronautů Thomasem P. Staffordem, Vancem D. Brandem a Donaldem K. Slaytonem. Start se uskutečnil v době, kdy rovina dráhy Sojuzu procházela přes mys Canaveral. Po navedení Apolla na oběžnou dráhu připojili američtí astronauti k velitelské sekci speciální přechodový adaptér DM (*Docking Module*), jenž byl během startu uložen v horní části nosné rakety obdobně jako dříve lunární modul.¹⁹¹

K dotyku se Sojuzem došlo až 17. července 1975. Po zhruba tříhodinové prověrce systémů obou lodí a hermetičnosti jejich spojení se Američané konečně setkali se sovětskými kosmonauty. Obě posádky si vyměnily poselství a podepsaly oficiální dokumenty. V dalších dnech se kosmonauti vzájemně navštěvovali a konali společné pokusy. Spolupráce skončila 18. července, kdy se uzavřely průlezy mezi Apollem a Sojuzem. Oficiální délka společného letu činila téměř sedmačtyřicet hodin. Po oddělení Apolla a Sojuzu umožnila poloha americké lodi Leonovovi a Kubasovovi na chvíli sledovat umělé zatmění slunce. Po čtyřiceti minutách letu ve formaci se americká loď opět přiblížila k sovětské a došlo ke druhému cvičnému spojení. Manévr řídil Slayton a v aktivní poloze bylo stykovací zařízení Sojuzu. I když lodi nebyly ideálně vyrovnány, rozkmitání systému úspěšně utlumil spojovací mechanismus. Dne 19. července po druhém, definitivním rozpojení, se obě lodi začaly od sebe vzdalovat. Posádka Sojuzu zahájila přípravy k návratu 21. července 1975 a ještě téhož dne přistála u města Arkalyk v Kazachstánu.¹⁹²

Apollo pokračovalo další tři dny v samostatném letu, během nichž astronauti prováděli řadu experimentů, například pokusy s elektrickou pecí, která byla umístěna v přechodovém modulu. Po odhození tohoto bloku přistála velitelská sekce Apolla 24. července 1975 u Havajských ostrovů s odchylkou pouhých 600 metrů od plánovaného bodu. Poslední přistání Apolla ale nemělo daleko k tragédii. Během závěrečného sestupu na padácích se všichni tři

¹⁹⁰ Pacner, K.: *Sojuz volá Apollo*. Praha 1976, s. 10.

¹⁹¹ Vitek, A., Krupička, J.: *Apollo, a co dál?*. in: *Letectví + kosmonautika* 1989, LXV, č. 26, s. 26/1026-27/1027.

¹⁹² Pacner, K.: *Sojuz volá Apollo*. Praha 1976, s. 78-82.

astronauti nadýchali vysoce jedovatého oxidu dusičitého (okysličovadlo orientačních motorků). Když se totiž ve výšce tři kilometry otevřel odvětrávací ventil, nevšimla si posádka, že opomenula zapnout automatiku, jež měla vyřadit z činnosti malé stabilizační trysky natáčející kabinu do správné polohy během sestupu horními vrstvami atmosféry. Brand, jenž seděl nejbližší k otevřenému ventilu, se jedovatého plynu nadýchal nejvíce a dokonce omdlel. Špatně na tom byli i jeho kolegové. Kritickou situaci zachránil Stafford, jenž nasadil Brandovi dýchací masku, pomohl s ní i Slaytonovi, ale především vyřadil z činnosti stabilizační trysky.¹⁹³

Astronauti se o zmíněné události svědčili teprve lékařům během vyšetření, které následovalo po oficialitách na palubě letadlové lodi USS New Orleans. Vyšetření potvrdilo, že všichni trpěli podrážděním plic následkem vdechování oxidu dusičitého, ale již naštěstí nebyli v ohrožení života.¹⁹⁴

¹⁹³ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 126.

¹⁹⁴ Pacner, K., Vitek, A.: *Půlstoletí kosmonautiky*. Praha 2008, s. 236-238.

5. Astronaut v programu Apollo

5.1 Problémy astronautů

V roce 1966 se v astronautickém oddílu připravovalo na svou příležitost okolo padesáti mužů, z toho šest vědců. Velitelem oddílu byl od roku 1963 ustanoven Deke Slayton, který dohlížel na činnost posádek, jež zároveň vybíral a sestavoval. Vycházel zpravidla ze všeobecné způsobilosti a spolehlivosti jednotlivých astronautů, ale přihlížel i k jejich zkušenostem a služebnímu věku. Postupem času se vžil systém, že záložní tým mohl takřka na sto procent očekávat, že se o tři výpravy později stane hlavní posádkou.¹⁹⁵

Základem všeho byl výcvik. Program Gemini dal astronautům hodně nových zkušeností, výcvik předepsaný pro jednotlivé výpravy Apolla byl přinejmenším neméně důležitý a cenný. Zahrnoval například poznání stavu beztlíže, který se krátkodobě napodoboval v letounu KC-135 při letu po takzvané „Keplerově parabole“. Další čas astronauti trávili ve vodních nádržích, kdy se při použití různých závaží napodoboval pobyt v jakoby beztlížném stavu poměrně úspěšně a hlavně dlouhodobě. Při přípravách výstupu na měsíční povrch nacvičovali astronauti také s aparaturou, která je částečně nadlehčovala, aby si navodili pocit, že se pohybují nebo pracují v šestkrát menší měsíční gravitaci. Pracovali ve vzduchoprázdnu v hermetických komorách ve skafandrech. Prošli tvrdou geologickou výukou včetně praktického nácviku v terénu na nejrůznějších místech naší planety. Ve skafandrech trénovali ve speciálně zhotovené kulise lunárního povrchu. Za přistání na Měsíci odpovídali velitelé jednotlivých letů a praktické zkušenosti s pilotáží lunárního modulu získávali ve zvláštním létajícím trenažéru LLTV (*Lunar Landing Training Vehicle*). Let v trenažéru do značné míry napodoboval chování lunárního modulu při přistání na Měsíci v podmínkách jeho nižší gravitace. Nakonec se ukázalo, že tento stroj je mnohem nebezpečnější než skutečný modul. Neil Armstrong se totiž musel při jednom letu katapultovat a jen tak si zachránit život.¹⁹⁶

Nejdůležitější část výcviku však posádky absolvovaly v simulátorech velitelské sekce a lunárního modulu, které byly postaveny jak ve Středisku pilotovaných letů v Houstonu, tak v Kennedyho kosmickém středisku na Floridě. Počítač zpracovával a napodoboval obrazem, zvukem a do značné míry i pohybem různé letové situace a mohl věrohodně navodit všelijaké podoby nebezpečí. Posádky v nich pobývaly mnoho hodin, jejichž počet výrazně stoupal se

¹⁹⁵ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 68.

¹⁹⁶ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 68.

složitostí programu výpravy. Před startem lodi Apollo 7 strávila trojice astronautů v simulátoru velitelské sekce zhruba 600 hodin a uskutečnila 725 nácviků ručního řízení. Velitel Apolla 9 James McDivitt odhadl, že za každou z 241 hodin prožitých v kosmu, musel „obětovat“ spolu se svými kolegy přibližně sedm hodin při výcviku. Posádka Apolla 11 strávila v simulátorech již celkem 2000 hodin.¹⁹⁷

Zkušenosti různých posádek v podmínkách kosmického letu umožňovaly zjistit, zda reakce jejich organismu a fyzické i psychické změny jsou přiměřené a přijatelné. Při výpravách Apollo 8 a Apollo 9 se projevilo větší procento příznaků takzvané „kosmické nemoci“ (kinetóza), což podle odborníků v obou případech s největší pravděpodobností zavinilo větší množství pohybů, které posádce umožnil nepoměrně větší - v porovnání s Gemini a Mercury - vnitřek kabiny. Mnohem prozaičtější problémy přinášely ryze osobní reakce astronautů. Po dlouhou dobu například probíhal výzkum optimální stravy, která by odpovídala náročným podmínkám života v beztížném stavu. Výsledky takových výzkumů byly stále lepší, ale posádky na jídle neustále cosi kritizovaly a nešetřily hanlivými soudy.¹⁹⁸

Záležitost tělesných potřeb naproti tomu představovala značný problém, který měla alespoň částečně ulehčit takzvaná „málozbytková“ strava. Zatímco u skafandru pro výstup na měsíční povrch, který nebylo možné dehermetizovat a svléknout, se používala výbava na způsob dětských plínek (elastické šortky s absorpční podkladovou vrstvou vzadu a s otvorem vpředu, kdy vlhkost fekálií pohlcovala absorpční vrstva a moč se odpařovala do vnitřní atmosféry skafandru, odkud ji odstraňoval ventilační systém), řešení pro pobyt v kabině bylo jen zdánlivě pohodlnější. K odvodu moči sloužila gumová manžeta, která se připevňovala na intimní místo a na hadici směřující do sběrného plastického vaku, anebo přes systém ventilů mimo kabinu. Ke sběru tuhých tělesných odpadů sloužil systém s vnějším a vnitřním vakem, přičemž vnější vak měl okraj pokrytý lepidlem a tenkou ochrannou fólií, která se před použitím strhla a vak se tak přilepil na inkriminovanou zadní část těla. Do vnitřního vaku se přidávala chemikálie, zbavující obsah alespoň částečně zápachu. Po použití se vnitřní vak zalepil do vnějšího vaku a ukládal se do odpadní schránky v lodi. Během pobytu na Měsíci se veškeré odpady vyhazovaly mimo kabinu.¹⁹⁹

Samotný pobyt v nevelké kosmické lodi nebyl vůbec pohodlný. Vodní páry se kondenzovaly na potrubí, průzory byly poměrně tmavé a v kabině velitelské sekce neustále narušoval klid hluk spuštěných ventilátorů, který po čase dokázal pořádně unavit. Ani spánek

¹⁹⁷ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 69.

¹⁹⁸ Astronautova denní dávka jídla obsahovala 10 800 kJ a skládala se z pokrmů v pevném stavu porcovaných jednotlivě v malých soustech (zejména obilná a sýrová jídla) a z pokrmů dehydratovaných, uchovávaných v plastických obalech, do nichž se vpravovala teplá nebo studená voda.

¹⁹⁹ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 69.

nebyl jednoduchý. První posádky navíc byly po návratu z Měsíce izolovány v přísné karanténě, protože vědci se obávali možného zamoření životního prostředí neznámými mikroorganismy z vesmíru. Posádka Apolla 11 zůstala v této karanténě celých jednadvacet dní. Stejný osud potkal i posádky Apolla 12 a 14, než se toto nepopulární nařízení zrušilo. Pro tento účel byla v roce 1967 v Houstonu postavena Lunární návratová laboratoř LRL (*Lunar Receiving Laboratory*). Sloužila pro uskladnění měsíčních vzorků v optimálních podmínkách a pro jejich první vědecký výzkum, stejně tak jako pro již výše zmíněnou speciální karanténu astronautů.²⁰⁰

5.2 Astronaut s českými kořeny na Měsíci

Eugene A. Cernan, který se narodil 14. března 1934 v Bellwoodu (Chicago) ve státě Illinois, měl rodiče s československými kořeny. A sám Cernan při své první návštěvě tehdejšího Československa hrdě prohlásil: „Já jsem federální Čechoslovák!“²⁰¹

Cernan je po otci slovenského původu. Oba otcovi rodiče pocházeli z chudého slovenského venkova – Vysoké nad Kysucou. Štefan Čerňan odjel do Ameriky v roce 1900 a o tři roky později, když se tu konečně usadil, za ním přijela i jeho snoubenka Anna Lučanová (narozena 1881). V roce 1903 měli svatbu a následujícího roku se jim narodil syn Andrew. Ten se v dospělosti seznámil s Rose Cihlar a v červnu 1925 se s ní oženil. V roce 1929 se jim narodila dcera Dolores a o pět let později syn Eugene.²⁰²

Rodiče z matčiny strany byli českého původu. Mezi lidmi, kteří se vydali za novým životem do Ameriky, byl i František Cihlár z Borovan (narozený 1869) a jeho žena Rosalia, rozená Peterková, z Nuzic u Bechyně. Rodokmen Cihlárů lze z dochovaných matrik sledovat již od poloviny 18. století. Pocházeli z Bernarticka (Bernartice, Borovany, Podhoří) a z této části jižních Čech si brali i manželky (Písečná Smoleč, Rakov, Vestec). Otec Františka, Václav Cihlár, byl chudým podruhem a zemřel na tuberkulózu v roce 1886, když Františkovi bylo teprve sedmnáct let. I předkové Rosalie Peterkové pocházeli z tohoto kraje -

²⁰⁰ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 11-1.

²⁰¹ Cernan po marné snaze získat oficiální pozvání od představitelů tehdejšího Československa, byl nakonec v roce 1974 akreditován jako novinář na bratislavský veletrh Incheba, aby získal potřebné vízum. Po příjezdu do Prahy se Cernan bezúspěšně pokoušel předat prezidentu republiky Československou státní vlajku, kterou měl sebou na Měsíci. Následně se pracovníkům americké ambasády podařilo alespoň domluvit setkání s ředitelem Astronomického ústavu ČSAV v Ondřejově doc. L. Perkem.

²⁰² Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 367.

z Bechyňska (Nuzice, Bílinka, Rataje, Radětice, Všechlapy, Blatec, Bežerovice). Až ve Spojených státech se jim roku 1903 narodila dcerka, kterou pojmenovali po matce – Rose.²⁰³

V okamžiku vstupu Spojených států do druhé světové války, po Japonském útoku na námořní základnu Pearl Harbour, bylo malému Eugenovi sedm let. V této době docházel do druhé třídy na Rooseveltově základní škole. Po jejím absolvování navštěvoval od roku 1948 Proviso Township High School v Maywoodu a poté díky stipendiu amerického námořnictva vystudoval elektrotechniku na Purdue University, kde v roce 1956 získal bakalářský titul. Stal se pilotem a souběžně se službou na základně Miramar absolvoval US Naval Postgraduate School v Monterey ve státě Kalifornie, kde získal magisterský titul v leteckém inženýrství. Na podzim 1959 se seznámil s letuškou Barbarou Atchleyovou, s níž měl den po startu prvního Američana do vesmíru v malé kapli v Miramaru svatbu.²⁰⁴ Dne 4. března 1963 se jim narodila dcera Teresa Dawn „Tracy“. V srpnu 1964, kdy se Cernan již naplno zapojil do astronautického výcviku, se i s rodinou nastěhoval do domu ležícího na adrese Barbuda Lane No. 18511 v osadě Nassau Bay poblíž kosmického střediska v Houstonu. V sousedství této prominentní adresy žila i řada dalších rodin jeho kolegů astronautů.²⁰⁵ Cernan si příliš života v domě v Nassau Bay neužíval, jelikož velkou část času trávil během astronautické kariéry ve své práci ve Středisku pilotovaných kosmických letů v Clear Lake na předměstí Houstonu, nebo cestováním do výrobních závodů, či přímo na mysu Canaveral na vzdálené Floridě.

Před přijetím do vesmírného programu Cernan sloužil u námořního letectva. Celkem za svou kariéru nalétal asi 5000 hodin, z toho 4800 na proudových letounech mnoha typů, přičemž měl na svém kontě i více než 200 přistání na letadlových lodích.²⁰⁶ Po náročných testech se v polovině října 1963 stal členem třetí skupiny astronautů NASA. Připravoval se jako člen záložní posádky na let v kosmické lodi Gemini 9, přičemž po tragické smrti svých kolegů dostal předčasně i šanci vydat se poprvé do vesmíru.²⁰⁷ Loď Gemini 9 s posádkou ve složení T. P. Stafford a E. A. Cernan odstartovala 3. června 1966 v osm hodin a devětatřicet minut východního amerického času. O dva dny později Cernan uskutečnil na laně dlouhém sedm a půl metru plánovaný výstup do kosmu, který trval dvě hodiny a sedm minut. Cernan měl vyzkoušet autonomní manévrovací zařízení, avšak práce pro něj byla příliš namáhavá, takže se mu zapotilo hledí skafandru a výstup byl zkrácen.²⁰⁸ Po třech dnech a jednadvaceti

²⁰³ Porov.: Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 367.

²⁰⁴ Prvním Američanem je myšlen Alan Bartlett Shepard (1923-98), který byl dne 5. května 1961 ve své lodi Freedom 7 (v rámci programu Mercury) vypuštěn k 15 minutovému suborbitálnímu letu.

²⁰⁵ Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 83.

²⁰⁶ Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 368.

²⁰⁷ Členové hlavní posádky určené pro let lodi Gemini 9, Elliot See a Charlie Bassett tragicky zahynuli 28. února 1966, během přistávacího manévru dvoumístného letounu T-38 na Lambertově letišti v St. Louis.

²⁰⁸ Codr, M.: *Sto hvězdných kapitánů*. Praha 1982, s. 285.

minutách letu přistála loď u Bahamských ostrovů asi tři kilometry od čekající letadlové lodi USS Wasp. Cernan byl poté jmenován záložním pilotem Gemini 12 a uvažovalo se o něm jako o členu záložní posádky pro let Apolla 2B počátkem srpna 1967. Tento let však byl zrušen po tragickém požáru Apolla 1. Po reorganizaci programu sloužil Cernan v záložní posádce Apolla 7 a následně se stal členem expedice Apollo 10, která byla úspěšnou generálkou na následující pokus o první přistání na Měsíci. Potom pracoval jako člen záložní posádky Apolla 14 a nakonec se stal velitelem poslední měsíční expedice – Apollo 17.²⁰⁹

Od září 1973 do léta 1975 se Cernan jako jeden z vedoucích amerických představitelů věnoval přípravě společné sovětsko-americké expedice Apollo-Sojuz a podílel se na návrhu a vývoji testů pro přístrojové vybavení kosmické lodi. Vážně se rozmýšlel, zda nemá pokračovat v přípravách na lety raketoplánem, ale nakonec se rozhodl jinak. Dne 1. června 1976 odešel z NASA i z aktivní služby v armádě do soukromého sektoru. Nejprve byl výkonným viceprezidentem společnosti Coral Petroleum, Inc., v Houstonu. V září 1981 založil konzultační společnost Cernan Corporation, která se zabývá kosmickými technologiemi a marketingovým poradenstvím, a při premiéře raketoplánu působil jako odborný komentátor televizní sítě ABC. Dosud byl členem správní rady Johnson Engineering Corporation ve Websteru ve státě Texas. Zachovává si stále fyzickou a duševní svěžest, je vášnivým lovcem i rybářem, ale nade vše miluje koně a létání. Cernan si je vědom československých kořenů a kdykoli je to možné, rád se vrací do vlasti svých předků. Prvně v roce 1974 a zatím naposledy v roce 2008.²¹⁰

²⁰⁹ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 240.

²¹⁰ Během jedné ze svých návštěv České republiky se Cernan stal účastníkem letecké havárie. Stalo se to 28. října 2001 během letu vojenského vrtulníku Mi-8S s Prahy do Bernartic u Tábora. Po náhlém vysazení obou motorů se vrtulník zřítil do pole u obce Okrouhlá. Cernan byl transportován s lehkými zraněními do Ústřední vojenské nemocnice v pražských Střešovicích, ale již druhý den byl propuštěn do domácího ošetřování.

6. Technické parametry

6.1 Nosná raketa Saturn V

6.1.1 Konstrukce

Třístupňová nosná raketa Saturn V se schopností vynést náklad 125 000 kilogramů na nízkou oběžnou dráhu a 47 500 kilogramů na dráhu k Měsíci,²¹¹ byla navržena a vyvinuta v Marshall Space Flight Center pod vedením Wernhera von Brauna.²¹² Celková délka rakety přesahovala sto deset metrů a maximální průměr dosahoval deseti metrů. Svými parametry ve své době převyšovala všechny do té doby postavené nosné rakety.²¹³

Saturn V se skládal ze tří stupňů. První stupeň (S-IC) o průměru deset metrů a výšce čtyřicet metrů, vyráběla společnost Boeing v Michoud Assembly Facility, Louisiana. Pohon zajišťovalo pět motorů F-1 na letecký petrolej (kerosen) a kapalný kyslík o celkovém tahu 33,4 meganewtonů, vyrobených společností Rocketdyne, jež během tří minut činnosti spotřebovaly 2000 metrických tun pohonných látek.²¹⁴ Konstrukce stupně sestávala z oddělených nádrží na palivo a okysličovadlo, podpurné konstrukce a předního adaptéru pro druhý stupeň. Většina konstrukčních prvků byla vyrobena ze slitin hliníku a spojování součástí se realizovalo pomocí svarů.²¹⁵

Druhý stupeň (S-II) postavila firma North American Aviation, Inc. z Canoga Park v Kalifornii. Použitých pět motorů J-2 o celkovém tahu 4,5 meganewtonů uspořádaných obdobně jako u prvního stupně, čtyři po stranách a jeden uprostřed, spalovalo tekutý vodík a tekutý kyslík. Celková zásoba paliva druhého stupně činila 425 metrických tun.²¹⁶ Namísto toho, aby byly nádrže oddělené podobně jako u prvního stupně, použili u S-II konstruktéři příčku na vrchu nádrže s tekutým kyslíkem a na spodku tanku s tekutým vodíkem. Příčka byla

²¹¹ Reynolds, D. W.: *Apollo: the epic journey to the moon*, San Diego. California 2002, s. 253.

²¹² Reynolds, D. W.: *Apollo: the epic journey to the moon*, San Diego. California 2002, s. 86.

²¹³ Grün, M.: *Kosmonautika, současnost a budoucnost*. Praha 1983, s. 115-116.

²¹⁴ Benson, Ch. D., Faherty, W. B.: *Moonport A History of Apollo Launch Facilities and Operations*. (NASA SP-4204), Washington, D.C., 1978, s. 404-405.

²¹⁵ George C. Marshall Spaceflight Center: *Saturn V – Flight manual*. (NASA MSFC-MAN-503), Houston, Texas 1968, s. 4-1/4-27.

²¹⁶ Benson, Ch. D., Faherty, W. B.: *Moonport A History of Apollo Launch Facilities and Operations*. (NASA SP-4204), Washington, D.C., 1978, s. 405.

složená ze dvou hliníkových desek oddělených plastem z fenolové živice. Ta měla izolovat sedmdesátistupňový teplotní rozdíl mezi nádržemi.²¹⁷

Třetí stupeň (S-IVB) byl postaven společností Douglas Aircraft Company v Huntington Beach. Používal jeden motor J-2 s možností restartu o tahu 889,6 kilonewtonů se zásobou 105 metrických tun paliva, jež bylo stejné jako u druhého stupně S-II.²¹⁸

Přístrojová část rakety Saturn 5, vyvinutá firmou IBM (*International Business Machine Corp.*) a vyrobená v Space Systems Center v Huntsville, byla umístěna v horní části třetího stupně. Základem systému byl počítač, který kontroloval a řídil operace od několika sekund před startem až po odhození třetího stupně. To zahrnovalo řízení navigačních a telemetrických systémů rakety. Měřením zrychlení a dosažené výšky byl schopen vypočítat pozici a rychlost rakety a upravit odchylky.²¹⁹

6.1.2 Předstartovní příprava rakety Saturn V

Po svém dokončení ve výrobních závodech byly jednotlivé stupně přesunuty do Kennedyho vesmírného střediska. První dva stupně vzhledem k značné velikosti přepravovali nákladními čluny po vodě. Stupeň S-IC vyrobený v New Orleans, byl nejprve přesunut po řece Mississippi do Mexického zálivu, odkud po obeplutí Floridy plavil po řece Banana, až nakonec dorazil do svého cíle, hangáru VAB (*Vertical Assembly Building*).²²⁰ Stupeň S-II zkonstruovaný v Kalifornii se přesouval přes Panamský průplav. Třetí stupeň a přístrojovou část dopravili na kosmodrom letecky. Po sestavení rakety včetně užitečného zatížení v montážní hale VAB následoval přesun na startovací rampu, kde se prováděly důkladné prověrky všech systémů. Pro přesun rakety z montážní haly na startovní komplex 39 se využívala pojízdná odpalovací plošina převážená pásovým vozidlem Crawler-Transporter.²²¹

²¹⁷ George C. Marshall Spaceflight Center: *Saturn V – Flight manual*. (NASA MSFC-MAN-503), Houston, Texas 1968, s. 5-1/5-30.

²¹⁸ Benson, Ch. D., Faherty, W. B.: *Moonport A History of Apollo Launch Facilities and Operations*. (NASA SP-4204), Washington, D.C., 1978, s. 405.

²¹⁹ Bilstein, R. E.: *Stages to Saturn - A Technological History of the Apollo/Saturn Launch Vehicles*. (NASA SP-4206), Washington, D.C., 1996, s. 243-252.

²²⁰ Hangár VAB byl určen k sestavování rozměrných raket Saturn V, jenž na kosmodrom dodávali různí výrobci. Stavba jedné z největších budov na světě byla zahájena v roce 1962. Náklady na výstavbu budovy o rozměrech 218 x 158 metrů a výšce 160 metrů dosáhly částky 117 milionů dolarů.

²²¹ George C. Marshall Spaceflight Center: *Saturn V – Flight manual*. (NASA MSFC-MAN-503), Houston, Texas 1968, s. 8-15/8-16.

6.1 3 Startovní procedura rakety Saturn 5

Startovní sekvence nosné rakety Saturn 5 byla zahájena necelých devět sekund před startem, zážehem trysek prvního stupně. Nejprve byl zapojen střední motor, následovaný protilehlými páry motorů vždy se zpožděním 300 milisekund. Ve chvíli, kdy palubní počítače zaznamenaly plný tah, byla raketa ve dvou krocích uvolněna. Nejprve se odpojila zadržovací ramena startovací věže a po odlepení rakety se vypoily i ostatní kovové části, které Saturn 5 přichycovaly k věži. Trvalo přibližně šest sekund, než se raketa vzdálila z prostoru věže. Když opouštěla věž, automaty ji pootočily, čímž zabezpečily dostatečnou volnost v případě protivětru nebo selhání motorů. Ve výšce 130 metrů se raketa začala otáčet a naklánět do správného azimutu. Čtyři boční motory se odklonily od centrálního, aby v případě výpadku některého z nich směřovaly ostatní k těžišti rakety. Saturn 5 stále zrychloval. Ve výšce dvanácti kilometrů měl rychlost pět set metrů za sekundu. Asi osmdesát sekund po startu raketa dosáhla bodu maximálního dynamického tlaku. I když se rychlost letu dále zvyšovala, dynamický tlak se vzrůstající výškou již jen klesal.²²²

V čase 135,5 sekund po startu byl vypnut centrální motor, čímž se snížilo přetížení. Raketa se spotřebou značného množství paliva stávala lehčí a motor F-1 se nedal přiškrtit. Posádka zažívala největší přetížení (4 G) těsně před oddělením prvního stupně. Zbývající motory pokračovaly v činnosti až do doby, než vyčerpaly okysličovadlo nebo palivo, což signalizovaly senzory v nasávání. Necelou sekundu po zastavení motorů se první stupeň s pomocí zpětných raket na tuhé palivo oddělil. Stalo se to ve výšce okolo dvašedesáti kilometrů při rychlosti 8600 kilometrů v hodině přibližně dvě a půl minuty po startu.²²³ Oddělený první stupeň pokračoval setrvačností v letu, až nakonec dopadl do Atlantického oceánu ve vzdálenosti asi 715 kilometrů od startovací rampy.²²⁴

Zážeh druhého stupně (S-II) probíhal ve dvou krocích. Nejprve se na dobu čtyř sekund zapálilo osm malých raketových motorů na pevné palivo, které raketě udělily pozitivní zrychlení a následně se zažehlo pět motorů J-2. V druhém kroku, asi třicet sekund po oddělení prvního stupně, byl od stupně S-II oddělen vnější aerodynamický kryt prostoru s tryskami motorů J-2. Jednalo se o důkladně kontrolovaný manévr, protože nebylo přípustné, aby se kruhový kryt dotkl kteréhokoliv z motorů. Ve stejném čase byl oddělen i raketový záchranný systém umístěný na špici velitelské sekce. Krátce poté, třicet osm sekund po zážehu druhého

²²² Dynamický tlak na raketu je přímo úměrný atmosférickému tlaku v okolí a druhé mocnině rychlosti.

²²³ George C. Marshall Spaceflight Center: *Saturn V – Flight manual*. (NASA MSFC-MAN-503), Houston, Texas 1968, s. 4-1/4-27.

²²⁴ Reynolds, D. W.: *Apollo: the epic journey to the moon*. San Diego, California 2002, s. 103.

stupně, se přepnula automatická kontrola letu z naprogramovaného řízení sklonu rakety na interaktivní, jež zabezpečovala přístrojová jednotka Saturnu 5 na základě údajů o zrychlení a výšce. Pokud by přístrojová jednotka neudržela raketu ve stanovených hranicích, mohla posádka provést nápravu pomocí manuálního řízení v kabině. Asi devadesát sekund před oddělením druhého stupně byl vypnut centrální motor,²²⁵ čímž se snížila pogo oscilace.²²⁶ Na dně každé nádrže bylo pět senzorů. Když dva z nich zůstaly nezakryté, přístrojová jednotka iniciovala oddělení druhého stupně. O jednu sekundu později byl stupeň oddělen a posléze dopadl na vodní hladinu jihozápadně od Azorských ostrovů.²²⁷ Na rozdíl od předcházejícího oddělení, toto odpojení nebylo dvojfázové. Mezistupeň zůstal nadále připojen k druhému stupni. V okamžiku ukončení činnosti druhého stupně, dosáhla kosmická loď rychlosti 25 000 kilometrů v hodině.²²⁸

Třetí stupeň (S-IVB) byl zapálen na následující 2,5 minuty, aby kosmickou loď urychlil na požadovanou první kosmickou rychlost (28 000 km/h) a na velmi nízké oběžné dráze Země ve výšce okolo 180 kilometrů. Tato dráha není dlouhodobě využitelná z důvodu brzdění o zemskou atmosféru. Následující dva a půl oběhu bylo astronauty využito pro kontrolu palubních systémů a přípravu na translunární manévr TLI (*Trans Lunar Injection*), jímž se kosmická loď dostala na dráhu k Měsíci. Pouze v případě mise Apollo 9 a vynesení orbitální stanice Skylab byla oběžná dráha dosažená nosnou raketou Saturn 5 vyšší. Translunární manévr spočíval v opakovaném zážehu třetího stupně, který urychlil kosmickou loď z rychlosti 28 200 až na 40 200 kilometrů v hodině. V průběhu letu se v důsledku zemské gravitace tato rychlost neustále snižovala až do okamžiku, kdy se kosmická loď nacházela v pěti šestinách cesty od Země k Měsíci. V tomto bodě Apollo dosahovalo rychlosti 3200 kilometrů v hodině. Poté začala na kosmickou loď působit měsíční gravitace, což způsobilo opětovný nárůst rychlosti až na úroveň 8000 kilometrů v hodině v blízkosti Měsíce.²²⁹

Po uvedení na translunární dráhu zpravidla následovala přestavba kosmické lodě, kdy se Apollo oddělilo od třetího stupně, mírně vzdálilo a otočilo o 180°. Dalším krokem bylo přiblížení a připojení k lunárnímu modulu, jenž se nacházel v hangáru umístěném ve vrchní části třetího stupně. Po pevném připojení kosmické lodě Apollo k lunárnímu modulu, spočíval

²²⁵ George C. Marshall Spaceflight Center: *Saturn V – Flight manual*. (NASA MSFC-MAN-503), Houston, Texas 1968, s. 5-1/5-30.

²²⁶ Pogo oscilace je nežádoucí podélná oscilace raketových motorů způsobená nestabilitou spalování kapalných složek paliva. Pokud není vzniklá oscilace utlumena, může v krajním případě způsobit rezonanci, kladnou zpětnou vazbu a strukturální porušení rakety. Název je odvozen od anglického výrazu pro pérovou tyč na skákání.

²²⁷ Reynolds, D. W.: *Apollo: the epic journey to the moon*. San Diego, California 2002, s. 103.

²²⁸ Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003, s. 217.

²²⁹ Lovell, J., Kluger, J.: *Apollo 13*. Praha 1996, s. 43-44.

další krok v jeho vytažení a odlet do bezpečné vzdálenosti od S-IVB. Konečný osud třetího stupně nosné rakety zajistil poslední třetí zážeh, po němž byl buď naveden na heliocentrickou dráhu (expedice Apollo 8 až 12), či nasměrován po rychlejší dráze než pilotovaná loď na povrch Měsíce (Apollo 13 až 17). Seizmometry, které zanechaly na měsíčním povrchu předcházející expedice, zaznamenaly dopad a výsledné informace pomohly vědcům zmapovat nitro Měsíce.²³⁰

6.2 Kosmická loď Apollo

6.2.1 Velitelská sekce

Velitelská sekce CM (*Command Module*) o hmotnosti přibližně 5500 kilogramů, sloužila k pobytu posádky během letu a jako jediná z celé sestavy se měla vracet na Zemi. Kabina kuželovitého tvaru s maximálním průměrem 3,912 metru a výškou 3,429 metru měla uvnitř přetlakového prostoru umístěna tři křesla, zavěšená na jednorázových tlumičích nárazu při přistání. Ve velitelské sekci také byla soustředěna převážná většina elektronického vybavení celé kosmické lodi. Jak vypouklé dno tvaru kulového vrchlíku o poloměru křivosti 4,694 metru, tak kuželové stěny byly pokryty tepelným štítem. Na základní konstrukci štítu z ocelového plechu byla přilepena voština ze skelné tkaniny, vyplněná ablativním materiálem, vyrobeným z fenolových pryskyřic plněných azbestovými vlákny pro zvýšení mechanické pevnosti. Odtavováním tohoto materiálu, jeho sublimací a pyrolýzou během sestupu atmosférou se vytvářela vrstva relativně chladného pyrolytického plynu, která představovala velmi efektní bariéru, zabraňující přenosu tepla z rázové vlny na povrch kosmické lodi. Díky tomu nepřesáhla teplota na vnitřní straně štítu hodnotu 320 °C, i když maximální teploty v rázové vlně dosahovaly hodnot kolem 2700 °C.²³¹

Vlastní přetlaková kabina byla vytvořena z hliníkového voštinového sendviče o síle 6,4 až 38 milimetrů. Prostor mezi hliníkovou konstrukcí a ocelovou podložkou tepelného štítu byl vyplněn další vrstvou tepelné izolace z křemenných vláken. V kuželové stěně lodi bylo vytvořeno několik otvorů. V první řadě vstupní průlez lichoběžníkového tvaru o přibližných rozměrech 900 x 900 milimetrů s jedním kruhovým okénkem. Ve stěnách byla dále dvě větší čtvercová okénka s výhledem dopředu a montážní otvory pro zaměřovací dalekohled a

²³⁰ Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D. C., 2000, s. 138.

²³¹ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 18, s. 26-706.

automatický sextant. Ve stropě přetlakové kabiny byl umístěn válcový tunel o světlosti 736 milimetrů, uzavřený kruhovým průlezem, za ním pak spojovací zařízení, umožňující hermetické sloučení velitelské a měsíční sekce.²³²

System dodávky kyslíku byl schopen zajistit kyslíkovou atmosféru pro tři osoby po dobu nejméně čtrnácti dnů. V případě havarijní dekomprese kabiny vzduchotechnika zajišťovala dostatečný tlak kyslíku až do okamžiku navlečení skafandrů posádkou.²³³

Důležitou součástí celé velitelské sekce tvořilo radiotechnické vybavení, sestávající z několika nezávislých subsystémů. Pro sledování lodi v malých vzdálenostech, zejména při letu na oběžné dráze kolem Země, sloužil radiomaják, pracující v pásmu „C“ (5,4 až 5,9 GHz), jehož čtyři všesměrové antény byly rozmístěny na povrchu velitelské sekce. Pro hlasové spojení, přenos telemetrických údajů z čidel rozmístěných na velitelské a služební sekci a také pro přenos číslicových dat oběma směry mezi palubním počítačem a pozemním řídicím střediskem bylo použito širokopásmového přijímače a vysílače, pracujícího v pásmu „S“ (2,106 GHz a 2,2875 GHz) s rychlostí přenosu až 51,6 kbit/s. Protože frekvence vysílače byla odvozována od frekvence zachycené přijímačem, mohly pozemní stanice na Zemi na základě Dopplerova efektu stanovit velmi přesně (v řádu 10 mm/s) rychlost kosmické lodi. Kanálu na pásmu „S“ se též využívalo pro měření její vzdálenosti od pozemních stanic. Komunikační systém vyrobila firma Collins Radio.²³⁴

Pro úspěch expedice byla nezbytná nejen přesná pozemní měření dráhy, ale také autonomní prostředky navigace a orientace Apolla. Jádrem palubního systému tvořila inerciální plošina, zabudovaná v hermetickém pouzdře. Na vlastní plošině uchycené v kardanovém závěsu se třemi stupni volnosti byly umístěny tři úhломěrné gyroskopy a tři gyroskopické integrující akcelerometry. Digitalizované údaje o změnách polohy a rychlosti se předávaly přes rozhraní CDU (*Coupling Data Unit*) do palubního počítače. Protože s časem docházelo ke změnám v nastavení inerciální plošiny, byl navigační systém doplněn optickým zaměřovacím subsystémem OMU (*Optical Measuring Unit*), sestávajícím z dalekohledu a automatického sextantu. Zaměřováním polohy hvězd a orientačních bodů na povrchu Země a Měsíce bylo možno buď manuálně, nebo s pomocí palubního počítače korigovat nastavení inerciální plošiny. Jádrem celého navigačního systému byl univerzální číslicový počítač, na jehož vývoji spolupracovala s firmou IBM i vysoká škola MIT (*Massachusetts Institute of*

²³² Víttek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 18, s. 26-706.

²³³ Grün, M.: *Kosmonautika, současnost a budoucnost*. Praha 1983, s. 222.

²³⁴ Ezell, L., N.: *NASA Historical Data Book, Programs and Projects 1958-1968*. díl II. (NASA SP-4012), Washington, D.C., 1988, s. 192.

Technology).²³⁵ Ačkoli se v té době již vyráběly integrované obvody, bylo z důvodu vyšší spolehlivosti použito ještě diskretních součástek. Počítač měl ferritovou paměť, která, na rozdíl od mnohem lehčí a energeticky méně náročné paměti polovodičové, zachovávala i při výpadku dodávky proudu uloženou informaci.²³⁶

Pro ovládání polohy lodi sloužily dva zcela nezávislé systémy. První z nich, CM-RCS (*Command Module – Reaction Control System*), byl umístěn na velitelské sekci. Řídil její orientaci po odhození služební sekce před vstupem do atmosféry a během letu v atmosféře. Sestával ze dvou nezávislých okruhů po šesti motorech o tahu 400 Newtonů, pracujících s hyperbolickou směsí Aerozine 50/oxid dusičitý. Příslušné nádrže byly umístěny v prostoru mezi tepelným štítem a vlastní přetlakovou konstrukcí kabiny v nejširším místě přechodu kuželových stěn do sférického dna. Druhý systém SM-RCS byl umístěn na servisní sekci SM (*Service Module*).²³⁷

6.2.2 Servisní sekce

Servisní sekce SM měla válcový tvar o průměru 3,912 metru a délce čtyři metry. Vnější skořepinový plášť byl zhotoven z hliníkových slitin. Vnitřní prostor se skládal z několika částí. V ose sekce umístili konstruktéři válcový prostor s nádržemi na stlačené hélium pro tlakování nádrží s pohonnými látkami. Na spodním konci vnitřního prostoru byl instalován hlavní korekční motor kosmické lodi SPS (*Service Propulsion System*). Motor AG-10-137, vyrobený firmou Aerojet General dokázal vyvinout maximální tah 97 kilonewtonů (dále jen kN) a mohl být až padesátkrát opakovaně zapojen.²³⁸ Upevnění motoru umožňovalo jeho vychylování systémem servomotorů. Prostor mezi vnitřním a vnějším válcem byl rozdělen hliníkovými přepážkami do šesti úseků. Ve dvou z nich se ukrývaly nádrže s palivem (Aerozine 50), v dalších dvou pak nádrže s oksyličovadlem (oxid dusičitý). Ve zbývajících úsecích byly namontovány nádrže s kyslíkem, vodíkem a dusíkem pro klimatizační a pro energetický systém. Ten sestával ze dvou palivových baterií, přeměňujících vodík a kyslík na vodu za vzniku elektrického proudu. Vraťme se však ještě k SM-RCS. Celkem šestnáct motorů tohoto systému bylo rozmístěno ve čtyřech identických modulech

²³⁵ Ezell, L., N.: *NASA Historical Data Book, Programs and Projects 1958-1968*. díl II. (NASA SP-4012), Washington, D.C., 1988, s. 193.

²³⁶ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 18, s. 27/707.

²³⁷ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 18, s. 27/707.

²³⁸ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 64.

situovaných na bocích služebního modulu v odstupech po devadesáti stupních. Motory pracující s dvousložkovou hypergolicou pohonnou látkou (Aerozine 50/oxid dusičitý) měly tah po 440 Newtonech. Kromě stabilizace a orientace celé lodi sloužily i k drobným korekcím oběžné dráhy, zejména při setkávacích manévrech s lunárním modulem.²³⁹

Součástí služební sekce u expedic Apollo 15 až 17 byl vědecký přístrojový modul SIM (*Scientific Instrument Module*), který se nacházel v původně prázdném sektoru (I). Primárním úkolem modulu se stal výzkum Měsíce z oběžné dráhy, během samostatného letu pilota velitelské sekce. Vybavení modulu SIM tvořil spektrometr gama záření, rentgenový fluorescenční spektrometr, spektrometr alfa záření, hmotový spektrometr, panoramatická kamera s vysokým rozlišením (až jeden metr), mapovací kamera (s rozlišovací schopností dvacet metrů), laserový výškoměr a subsatelit vypouštěný na měsíčním orbitě s předpokládanou životností jeden rok. Subsatelit určoval pomocí převaděče pracujícím v pásmu (S) přesnou dráhu družice (šlo o studium gravitačního pole Měsíce, zejména maskonů), dále nesl přístroje pro zkoumání korpuskulárního záření a jevů v přechodové oblasti magnetosféry a rovněž dvouosý magnetometr.²⁴⁰

6.3 Měsíční modul

Měsíční modul (LM) byl první kosmickou lodí, určenou výlučně pro použití v prostoru bez ovzduší. Díky tomu nemuseli její konstruktéři respektovat požadavky na aerodynamický tvar. Lunární modul byl vlastně dvoustupňovou raketou. Jeho spodní přistávací stupeň DS (*Descent Stage*) měl za úkol zajistit měkké přistání na povrchu Měsíce. Základní konstrukce sestávala z dvou navzájem spojených rámu z hliníkových slitin, spojených čtyřmi svislými nosníky, sloužícími k upevnění přistávacího motoru. Vnější tvar stupně DS tvořil nízký osmiboký hranol o průměru 3,73 metru a výšce 1,7 metru, který byl čtyřmi přepážkami rozdělen do pěti čtyřbokých boxů, vytvářejících jakýsi kříž čtyř tříbokých vedlejších prostorů.²⁴¹ Přistávací motor MIRA 10500 firmy TRW System,²⁴² z možností regulace tahu, byl uložen ve středním boxu. Pohonné hyperbolické látky (Aerozine 50 a oxid dusičitý) nesly čtyři válcové nádrže s polokulovitými dny o výšce 1,45 metru a průměru 1,3 metru, umístěné ve zbývajících čtyřbokých šachtách. Pohonné látky dopravoval do motoru

²³⁹ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 18, s. 27-707.

²⁴⁰ SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 2, s. 22/62.

²⁴¹ Bryan, C., Strasburger, W.: *Lunar module structures handout LM-5*. (NASA-MSL LSG 770-154-10 LM-5), Houston, Texas 1969, s. 1-1.

²⁴² Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 65.

přetlak hélia. Vzhledem k tomu, že motor musel zajistit měkké přistání, bylo třeba řídit velikost tahu v širokém rozmezí. Jeho regulace umožňovala nastavit buď maximální tah 47,6 kN, nebo řídit motor v rozmezí deseti až šedesáti procent nominální hodnoty. Tah mohli regulovat astronauti buď přímo, nebo prostřednictvím palubního počítače. V horní části přistávacího stupně byly připojeny kloubovými závěsy čtyři přistávací nohy s tlumiči dopadu. Během startu nosné rakety byly nohy sklopeny pod těleso stupně, aby zabíraly co nejméně místa. Po oddělení od nosné rakety se vyklápěly do stran a ve vyklopené poloze byly zajištěny výztuhami, připojenými ke spodní části přistávacího stupně. Na jejich konci byly instalovány talířové patky o průměru 950 mm, zabraňující možnému propadnutí modulu hlouběji do měsíční půdy. Ve vyklopeném stavu ležely středy patek na kružnici o průměru 9,07 metru. Na jedné z noh byl umístěn žebřík pro výstup člověka na povrch Měsíce.²⁴³

Druhá část lunárního modulu, startovní stupeň AS (*Ascent Stage*), představovala současně kabinu pro dva astronauty. Ta byla tvořena na ležato položeným válcovým tělesem z hliníkových slitin o vnitřním průměru 2,35 metru a délce 1,07 metru, uzavřeným vpředu složitě tvarovanou stěnou, do níž konstruktéři namontovali dvě trojúhelníková okna pro sledování sestupu z oběžné dráhy Měsíce a čtvercový výstupní průlez o rozměrech 810 x 810 milimetrů, vedoucí na malou plošinu nad sestupovým žebříkem. Do čelní stěny byly uvnitř zakomponovány také dvě přístrojové desky k ovládání lunárního modulu. Ve stropě kabiny byl umístěn válcový průlez o průměru 910 milimetrů, sloužící k přestupu mezi lunárním modulem a velitelskou sekcí. Střední část trupu obsahovala většinu elektroniky, zejména palubní počítače, dále kryt startovního motoru a klimatizační zařízení. Za zadní stěnou, v nehermetizovaném prostoru, byly umístěny tlakové láhve s héliem, nádrže s kyslíkem pro klimatizační systém a nádrže s vodou na chlazení. Na bocích přetlakové komory byly zavěšeny dvě kulové nádrže s pohonnými látkami (Aerozine 50 a oxid dusičitý) o průměru 1,24 metru. Stejně jako u motoru přistávacího stupně (DS) byla dodávka pohonných látek do motoru startovního stupně zajišťována přetlakem hélia. Motor Bell 8258 vyrobený společností Bell Aerosystems byl schopen pracovat pouze s konstantním tahem 15,6 kN.²⁴⁴ Tento motor byl sice méně komplikovaný, ale také jeho vývoj a zkoušky provázely četné problémy, například nestabilní hoření. Zcela zásadní však byl požadavek jeho absolutní spolehlivosti. Motor nesměl selhat, protože jinak by oba astronauti zůstali bez možnosti záchrany na Měsíci. K orientaci a stabilizaci lunárního modulu sloužily dva nezávislé systémy po osmi motorech na dvousložkové pohonné látky, stejné jako u hlavních motorů. Odebíraly se však ze

²⁴³ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 18, s. 28/708.

²⁴⁴ Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996, s. 65.

samostatných válcových nádrží, zavěšených na bocích přetlakové kabiny nad hlavními nádržemi. Tah jednotlivých orientačních motorů činil 440 Newtonů.²⁴⁵

Navigační systém se skládal ze dvou počítačů, inerciální plošiny s úhломěrnými gyroskopy a integrujícími gyroskopickými akcelerometry, podobně jako na velitelské sekci. K nastavování inerciální plošiny sloužil optický zaměřovací dalekohled, umožňující přesné měření polohy hvězd a orientačních bodů na povrchu Měsíce. V závěrečné fázi přistání měl rozhodující navigační úlohu přistávací radiolokátor, schopný měřit výšku nad terénem a rychlost sestupu. Jeho antény se nacházely na spodku přistávacího stupně. Naopak nad kabinou posádky byla uložena malá výkyvná parabolická anténa setkávajícího radiolokátoru, používaného v závěrečné fázi přiblížení lunárního modulu k velitelské sekci.²⁴⁶ Na rozdíl od velitelské a služební sekce, které musely mít systém zásobování elektrickou energií schopný zajišťovat provoz po dobu až čtrnácti dnů, počítalo se u lunárního modulu s dobou provozu maximálně čtyři dny. Jako zdroj elektrické energie sloužilo šest stříbrozinkových baterií (čtyři na DS s kapacitou 400 Ah a dvě na AS s kapacitou 296 Ah). U pozdějších expedic Apollo 15 až 17 se v přistávacím stupni DS instalovalo pět baterií se zvýšenou kapacitou 415 Ah.²⁴⁷ Komunikační systém pro spojení se Zemí pracoval, stejně jako u velitelské sekce, v pásmu S. Kromě toho byl k dispozici další komunikační systém pracující v pásmu VKV (velmi krátké vlny), sloužící ke spojení s velitelskou sekci.²⁴⁸ Startovní hmotnost lunárního modulu, včetně pohonných látek, se pohybovala od 14 500 do 16 000 kilogramů.²⁴⁹

6.4 Rover

Pozdější expedice, Apollo 15 až 17, využívaly pro přesun astronautů po měsíčním povrchu na větší vzdálenosti elektrické vozidlo LRV (*Lunar Roving Vehicle*). Všeobecně se ale používalo neoficiální pojmenování Rover (Tulák). Vývoj a výrobu měsíčního vozidla LRV uskutečnilo kosmické oddělení firmy Boeing v Kent Space Center v Seattlu (stát

²⁴⁵ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 18, s. 28/708.

²⁴⁶ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 4-78/4-79.

²⁴⁷ Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975, s. 4-71.

²⁴⁸ Grumman Aerospace Corporation: *Apollo Operations Handbook Lunar Module LM 10 and Subsequent*, volume I., *Subsystems Data*. (LMA790-3-LM 10), New York 1971, s. 2.7-7/2.7-9.

²⁴⁹ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 18, s. 28/708.

Washington).²⁵⁰ Celkový počet zde vyrobených vozidel zahrnoval sedm kusů, určených pro nejrůznější testy na Zemi a tři kusy vyhrazené pro vlastní měsíční expedice.²⁵¹

Převažujícím faktorem ve vývoji a konstrukci měsíčního vozidla Rover byl jednoduchý design, snadná obsluha a nízká váha. Ve své konečné podobě připomínal Rover vnějším vzhledem motokáry pro terénní závody či nejstarší typy samohybných kočárů, čemuž odpovídal i vzhled řízení. Šlo o otevřené vozidlo pro dvě osoby o celkové délce 3,1 metru, šířce 1,83 metru a maximální výšce 1,14 metru.²⁵² Sedadla z hliníkových trubek byla vypletena nylonovými pásky. Na místě volantu čněla zalomená ovládací páka se dvěma vodorovně umístěnými držadly. Její pohyby do stran ovládaly příslušné natočení kol v žádoucím směru, naklánění dopředu či dozadu určovalo rychlost nebo naopak brzdění. Přepínač na přední straně páky umožňoval volit pohyb dopředu nebo dozadu. Před sedadlem řidiče se nacházela palubní deska s celou řadou informačních přístrojů. Nejdůležitějším byl gyrokompas, udávající směr jízdy. Uvnitř jeho kruhové stupnice se nacházela tři obdélníková okénka, v nichž si astronauti mohli přečíst údaje o ujetých kilometrech, přímé vzdálenosti od místa výjezdu (od lunárního modulu) a směr k němu. Poslední dva údaje by zůstaly na panelu i v případě výpadku elektrické energie. Přesnost gyrokompasu, cejchovaného v metrické soustavě, byla sto metrů. Z ostatních přístrojů uvedme ještě indikátor příčného a podélného náklonu a rychloměr, který měl také, v souvislosti s tehdejší snahou o zavádění metrického systému ve státních institucích Spojených států, stupnici v kilometrech za hodinu. K nastavení navigačního systému sloužil sluneční kompas. Nad tím vším čněla parabolická anténa, směřující šikmo vzhůru jako velký obrácený deštník a umožňující spojení se Zemí během zastávek, a další dvě všesměrové antény pro přenos fónického spojení astronautů s řídicím střediskem prostřednictvím lunárního modulu. Ve výbavě nechyběla samozřejmě ani filmová kamera a televizní kamera, řízená operátorem ze Země.²⁵³

Rám vozidla spočíval na čtyřech kolech o průměru 818 milimetrů a šířce 229 milimetrů. Kola nebyla gumová, jak známe ze Země, ale tvořila je hustá drátěná síť z pozinkovaných strun, s přinýtovanými stromečky z titanových plíšků k zajištění spolehlivějšího záběru v prašné půdě. Minimální předpokládaná životnost kol a hnacího systému činila 180 kilometrů. Natáčení předního i zadního páru kol zajišťovaly servomotory.

²⁵⁰ Costes, N. C., Farmer, J. E., George, E., B.: *Mobility performance of the Lunar Roving Vehicle: Terrestrial studies-Apollo 15 Results*. (NASA TR R-401), Washington, D.C., 1972, s. 2.

²⁵¹ Toufar, P.: *Rover - vozidlo pro Měsíc*. in: *Letectví + kosmonautika 1971*, XLVII, č. 18, s. 23/703.

²⁵² Costes, N. C., Farmer, J. E., George, E., B.: *Mobility performance of the Lunar Roving Vehicle: Terrestrial studies-Apollo 15 Results*. (NASA TR R-401), Washington, D.C., 1972, s. 2.

²⁵³ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, s „Tulákem“ na Měsíci*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 24, s. 24/944.

Blatníky zachycující zvířený prach, byly vytvarovány ze sklolaminátu. Vlastní pohonnou jednotku tvořily čtyři elektromotory s výkonem po 185 wattech na jednotlivých kolech. K jejich napájení sloužily dvě stříbrozinkové baterie o napětí 36 voltů a kapacitě 115 ampérhodin s předpokládanou životností 78 hodin. V nouzi by pro celý systém postačila jen jedna z nich. Provozní teplota baterií se pohybovala od čtyř do jednapadesáti stupňů Celsia. Při překročení této hodnoty a také když se teplota u některého motoru vyšplhala nad 200°C, se rozsvítil na palubní desce Roveru výstražný signál. K tepelné ochraně baterií sloužily žaluzie, které astronauti používali po zaparkování vozidla. Žaluzie se samy zavíraly v případě, že teplota zdrojů poklesla na hodnotu 4°C. Celková hmotnost Roveru činila 210 kilogramů, nosnost do 480 kilogramů. Vozidlo mohlo na relativně rovném terénu dosáhnout rychlosti až třináct kilometrů v hodině. Jeho maximální dojezd byl přibližně 65 kilometrů, avšak povolený akční rádius činil pouze 9,5 kilometru od lunárního modulu. Omezujícím faktorem byla zásoba kyslíku ve skafandrech astronautů. Ze vzdálenosti asi devět kilometrů by postačila k pěšímu návratu posádky Roveru k lunárnímu modulu v případě havárie vozidla. Pozoruhodné byly jízdní vlastnosti vozidla, které například dokázalo překonat schod o výšce čtvrt metru, příkop o šířce půl metru, či plně naložené vyjet do svahu o stoupání 25° a naopak mohlo ubrzdit jízdu z 30° svahu. I s nákladem v případě potřeby zachovával stabilitu v příčném či podélném náklonu do 45°. Během přepravy ze Země byl Rover uložen do prvního kvadrantu přistávacího stupně lunárního modulu s koly složenými pod podvozek a s oběma krajními díly překlopenými přes střední část.²⁵⁴

²⁵⁴ Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, s „Tulákem“ na Měsíci*. in: *Letectví + kosmonautika 1989*, LXV, č. 24, s. 24/944-25/945.

Závěr

Když 12. dubna 1961 uskutečnil svůj první a zároveň jediný orbitální let sovětský kosmonaut Jurij Gagarin, nikdo netušil, že jeho mimořádný výkon bude spouštěcím mechanismem ještě grandióznějšího cíle. Spojené státy, jež byly do té doby ukolébány svou technickou nadřazeností nad svým hlavním protivníkem z druhé strany železné opony, těžce nesly počáteční úspěchy Sovětského svazu při dobývání kosmického prostoru. Byla to právě výzva prezidenta Kennedyho pronesená 25. května 1961 před oběma komorami Kongresu, jež spustila nebývalý rozmach americké kosmonautiky. Protože všechno mělo přísně motivační smysl, vydali v tomto směru všichni nejvíce sil a byli si plně vědomi možných nebezpečí na této cestě, jelikož ještě žádný kosmický projekt nebyl tak náročný a také tak finančně nákladný. Ještě před dosažením cíle začalo mnoho Američanů pociťovat únavu. Navíc bylo jasné, že jakmile člověk jednou přistane na Měsíci, poleví ochota nadále riskovat životy astronautů v tomto rizikovém podniku. To se také projeвило v celé nahotě, když začaly být drasticky kráceny finanční prostředky NASA.

Program Apollo představuje jeden z vrcholů technické dokonalosti. Potřeby NASA a lunárního programu zajišťovalo asi 400 000 Američanů, pomáhaly univerzity a přibližně 20 000 nejrůznějších společností. Astronauti přivezli na Zemi celkem 381,7 kilogramů měsíčních vzorků, více než 30 000 fotografií, nahráli 20 000 cívek magnetofonových pásek a na povrchu Měsíce rozmístili pět automatických stanic ALSEP napájených radioizotopickými generátory (šestou stanic tvořil jednoduchý soubor přístrojů EASEP instalovaný posádkou Apolla 11), jejichž činnost byla ukončena jednorázovým povelém ze Země 1. října 1977. Přestože základní otázka týkající se vzniku Měsíce stále čeká na svou odpověď, umožnil program Apollo vědcům rekonstruovat geologickou historii našeho nejbližšího vesmírného souseda až do poměrně velkých podrobností; dozvěděli jsme se rovněž mnoho o jeho struktuře, skladbě a vnitřní teplotě. K dispozici je značné množství vzorků, které čekají na provedení nových laboratorních zkoušek a procedur. Při letech lodí Apollo po oběžné dráze kolem Země se podařilo získat zhruba 800 snímků povrchu, a to především při letu Apollo 9, kdy byly položeny základy pro využití multispektrálního dálkového průzkumu, jenž dosáhl svého vrcholu při letech družic Landsat, vypouštěných od roku 1972.

Přínosem programu Apollo byl kromě nesporného vědeckého významu v poznání Měsíce a vývoje sluneční soustavy obecně i silný pozitivní aspekt ekonomický. Na projekt bylo vydáno přibližně 24 miliard dolarů, avšak zisk národního hospodářství Spojených států z technických inovací a vědeckých poznatků v praxi přinesl během čtvrt století po prvním

přistání člověka na Měsíci kolem 350 miliard dolarů. Ironií osudu zůstává, že právě finanční omezení způsobilo zkrácení programu Apollo. Lunární program spotřeboval celkem přes šedesát procent celkového rozpočtu NASA, což znamenalo, že bylo nutné brát i z prostředků určených na jiné cíle. Musíme ale podotknout, že vedení NASA bylo programem Apollo postaveno před úkol světové reálné politiky, jež mělo účelně splnit, přičemž uvedené finanční prostředky by nikdy nebyly v takové míře poskytnuty na jiné kosmické projekty. Otázku nadále vyvolává smysluplné využití draze vyvinutých prostředků, jakým byla především nosná raketa Saturn V, jejíž následné využití se omezilo pouze pro vynesení orbitální stanice Skylab na oběžnou dráhu Země.

Apollo můžeme zkoumat z mnoha pohledů. V paměti lidí, kteří stáli mimo NASA, zůstanou osobní vzpomínky na nemotorně dopředu nakloněné astronauty poskakující v šestkrát menší gravitaci po Měsíci, na rozhovory mezi posádkami a řídicím střediskem plné odborné hantýrky a s typickými sekundovými přestávkami, které byly vyvolány velkou vzdáleností Měsíce od Země, anebo také vzpomínky na osobnosti, jakou je třeba Pete Conrad, který se usmíval a sám pro sebe spokojeně pomlaskával pokaždé, když pracoval v opuštěném koutu Oceánu bouří. Program Apollo pochopitelně znamenal nekonečně více. Třebaže jeho základy ležely v lůně světové politiky, měl také nesmírný filozofický význam pro celé lidstvo, jež si uvědomovalo, že udělalo první krok z kolébky popsané již Konstantinem Ciolkovským. Pro jeden takový „neocenitelný a báječný okamžik“ se muži i ženy téměř na celém světě stali jedním člověkem.

Říká se, že v noci z 20. července 1969 se na hrobě zavražděného prezidenta Johna F. Kennedyho v Arlingtonu objevila malá kytička s lístkem a krátkým textem: „Pane prezidente, Orel přistál.“

Seznam použité literatury:

Dokumenty:

NASA Historical Archives: Dopis Wernhera von Brauna viceprezidentu Lyndonu Johnsonovi, 29. dubna 1961.

NASA Historical Archives: Memorandum prezidenta Kennedyho viceprezidentu Lyndonu Johnsonovi, 20. dubna 1961.

U.S. Congress, House, Committee on Science and Astronautics, Space, Missiles, and the Nation, 86th Congress, 2nd Session (1960), s. 55-56.

Publikace:

Akens, D. S.: *Saturn illustrated chronology*. Houston, Texas 1971.

Astronautics and Aeronautics, 1967: *Chronology of Science, Technology, and Policy*. (NASA SP-4008), Washington, D.C., 1968.

Arnold, H. J. P., a kol.: *Člověk a Vesmír - Ilustrovaná historie kosmických letů*. Praha 1996.

Bates, J. R., Lauderdale, W. W., Kernaghan, H.: *ALSEP Termination Report*. (NASA Reference Publication 1036), Houston, Texas 1979.

Benson, Ch. D., Faherty, W. B.: *Moonport A History of Apollo Launch Facilities and Operations*. (NASA SP-4204), Washington, D.C., 1978.

Bilstein, R. E.: *Stages to Saturn - A Technological History of the Apollo/Saturn Launch Vehicles*. (NASA SP-4206), Washington, D. C., 1996.

Bryan, C., Strasburger, W.: *Lunar module structures handout LM-5*. (NASA-MSC LSG 770-154-10 LM-5), Houston, Texas 1969.

Cernan, E., Davis, D.: *Poslední muž na Měsíci*. Praha 2003.

Codr, M.: *Sto hvězdných kapitánů*. Praha 1982.

Cortright, E. M.: *Report of Apollo 13 Review Board*. (NASA, N70-76479), Washington, D.C., 1970.

Costes, N. C., Farmer, J. E., George, E., B.: *Mobility performance of the Lunar Roving Vehicle: Terrestrial studies-Apollo 15 Results*. (NASA TR R-401), Washington, D.C., 1972.

Ertel, I. D., Morse, M. L.: *The Apollo Spacecraft, A chronology*, díl I., (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1969.

- Ertel, I. D., Newkirk, R. W.: *The Apollo Spacecraft*. díl. IV. (NASA SP-4009), Washington, D.C., 1978.
- Ezell, L., N.: *NASA Historical Data Book, Programs and Projects 1958-1968*. díl II. (NASA SP-4012), Washington, D.C., 1988.
- George C. Marshall Spaceflight Center: *Saturn V – Flight manual*. (NASA MSFC-MAN-503), Houston, Texas 1968.
- Grumman Aerospace Corporation: *Apollo Operations Handbook Lunar Module LM 10 and Subsequent, volume I., Subsystems Data*. (LMA790-3-LM 10), New York 1971.
- Grün, M.: *Kosmonautika, současnost a budoucnost*. Praha 1983.
- Hansen, J. R.: *Enchanted Rendezvous: John C. Houbolt and the Genesis of the Lunar-Orbit Rendezvous Concept*. Washington, D.C., 1995.
- Kleczek, J.: *Velká encyklopedie vesmíru*. Praha 2002.
- Lála, P., Vitek, A.: *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Praha 1982
- Lovell, J., Kluger, J.: *Apollo 13*. Praha 1996.
- Lyndon B. Johnson Space Center: *Apollo Program Summary Report*. (NASA JSC-09423), Houston, Texas 1975.
- Marshall Space Flight Center, Kennedy Space Center, Manned Spacecraft Center: *Analysis of Apollo 12 Lightning Incident*. (NASA MSC-01540), Houston, Texas 1970.
- Manned Spacecraft Center: *Apollo 7 Mission report*. (NASA MSC-PA-R-68-15), Houston, Texas 1968.
- Manned Spacecraft Center: *Apollo 8 Mission report*. (NASA MSC-PA-R-69-1), Houston, Texas 1969.
- Manned Spacecraft Center: *Apollo 11 Mission report*. (NASA MSC-00171), Houston, Texas 1969.
- Manned Spacecraft Center: *Apollo 12 Mission report*. (NASA MSC-01855), Houston, Texas 1970.
- Manned Spacecraft Center: *Mission operations report – Apollo 13*. (NASA MSC-02680), Houston, Texas 1970.
- Orloff, R. W.: *Apollo by the numbers: A Statistical Reference*. (NASA SP-2000-4029), Washington, D.C., 2000.
- Pacner, K.: *...A velký skok pro lidstvo*. Praha 1971.
- Pacner, K.: *Sojuz volá Apollo*. Praha 1976.
- Pacner, K.: *Tajný závod o Měsíc*. Olomouc 1997.

- Pacner, K.: *Kolumbové vesmíru, 1. díl: Souboj o Měsíc*. druhé, přepracované a doplněné vydání, Praha – Litomyšl 2006.
- Pacner, K.: *Kolumbové vesmíru, 2. díl: Souboj o stanice*. Praha 2007.
- Pacner, K., Vítek, A.: *Půlstoletí kosmonautiky*. Praha 2008.
- Reynolds, D. W.: *Apollo: the epic journey to the moon*. San Diego, California 2002.
- Seamans, R. C., Jr.: *Project Apollo, The Tough Decisions*. (NASA SP-2005-4537), Washington D.C., 2005.
- Shepard, A., Slayton, D.: *Cíl Měsíc*. Frýdek-Místek, 1996.
- Tomek, P.: *Ztracený Měsíc*. Praha 2008.
- Toufar, P.: *Vzestup a pád Jurije Gagarina*. Praha 2001.
- Vítek, A.: *Stopy na Měsíci*. Praha 2009.
- Ward, B.: *Doktor Vesmír, život Wernhera Von Brauna*. Praha 2008.

Články:

- Grün, M., Koubský, P.: *MOP nebo Apollo*. in: *Letectví + kosmonautika 1968*, XLIV, č. 16, s. 686.
- Koubský, P., Vítek, A.: *Saturn V má premiéru (AS-501)*. in: *Letectví + kosmonautika 1968*, XLIV, č. 4, s. 140.
- Krupička, J., Vítek, A.: *...a velký skok pro lidstvo*. in: *Letectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 14, s. 55/1089.
- Krupička, J., Vítek, A.: *...a velký skok pro lidstvo*. in: *Letectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 15, s. 56/1174.
- Krupička, J., Vítek, A.: *...a velký skok pro lidstvo*. in: *Letectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 16, s. 55/1257.
- Krupička, J., Vítek, A.: *...a velký skok pro lidstvo*. in: *Letectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 17, s. 55/1341.
- Krupička, J., Vítek, A.: *...a velký skok pro lidstvo*. in: *Letectví + kosmonautika 1994*, LXX, č. 18, s. 51/1421.
- SPACE: *Hledal jsem Surveyor 3*. in: *Letectví + kosmonautika 1970*, XLVI, č. 6, s. 23/223.
- SPACE: *Hledal jsem Surveyor 3*. in: *Letectví + kosmonautika 1970*, XLVI, č. 7, s. 24/264.
- SPACE: *Odyssea ve znamení Vodnáře*. in: *Letectví + kosmonautika 1970*, XLVI, č. 13, s. 25/505.
- SPACE: *Bloudění mezi balvany*. in: *Letectví + kosmonautika 1971*, XLVII, č. 10, s. 27/387.

- SPACE: *Bloudění mezi balvany*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 11, s. 27/427.
- SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 23, s. 26/946.
- SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 25, s. 33/993.
- SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 26, s. 21/1021.
- SPACE: *Tulák ze základny Hadley*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 2, s. 22/62
- SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 15, s. 26/586.
- SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 16, s. 26/626.
- SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 17, s. 26/666.
- SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 18, s. 27/707.
- SPACE: *Přistání se odkládá*. in: Letectví + kosmonautika 1972, XLVIII, č. 19, s. 33/753.
- SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 7, s. 24/264.
- SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 8, s. 24/304.
- SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 9, s. 24/344.
- SPACE: *Sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1973, XLIX, č. 10, s. 23/383.
- Toufar, P.: *Rover - vozidlo pro Měsíc*. in: Letectví + kosmonautika 1971, XLVII, č. 18, s. 23/703.
- Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Labyrint vývoje*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 17, s. 24/664.
- Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Zrození kosmické lodi*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 18, s. 25/705.
- Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Je tu ošklivý oheň!*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 19, s. 24/744.
- Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vánoce nad měsíčními krátery*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 20, s. 24/784.
- Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Pavouk se učí létat*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 21, s. 24/824.
- Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Základna Tranquillity*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 22, s. 24/864.
- Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, Vsaďte na třináctku*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 23, s. 24/904.

Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, s „Tulákem“ na Měsíci*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 24, s. 24/944.

Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, sbohem Měsíci!*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 25, s. 26/986.

Vítek, A., Krupička, J.: *Apollo, a co dál?*. in: Letectví + kosmonautika 1989, LXV, č. 26, s. 24/1024.

Časopisy:

Flight international

Letectví + kosmonautika

Webové odkazy:

<<http://www.astronautix.com/>> [online 18.11.2010]

<<http://www.lib.cas.cz/space.40/INDEX1.HTM>> [online 18.11.2010]

<<http://spaceflight.nasa.gov/home/index.html>> [online 18.11.2010]