

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY

**PROJEKT APOLLO A JEHO ZAČLENĚNÍ DO VÝUKY FYZIKY
NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE**
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Martin Královec


Učitelství pro základní školy, obor matematika - fyzika

Vedoucí práce: PhDr. Ing. Ota Kéhar, Ph.D.

Plzeň, 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 1. března 2016

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes.

.....
vlastnoruční podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování PhDr. Ing. Otovi Kéharovi, Ph.D. za jeho cenné rady a trpělivost při vedení mé diplomové práce. Rovněž bych chtěl poděkovat za vstřícnost a pomoc při získání potřebných informací a podkladů.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta pedagogická
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin KRÁLOVEC**
Osobní číslo: **P14N0044P**
Studijní program: **N7503 Učitelství pro základní školy**
Studijní obory: **Učitelství fyziky pro základní školy**
Učitelství matematiky pro základní školy
Název tématu: **Projekt Apollo a jeho začlenění do výuky fyziky**
na základní škole
Zadávající katedra: **Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Poznatky o Měsíci a kosmických letech na základní škole
2. Fyzikální a astronomické aspekty projektu Apollo
3. Vytvoření webových stránek o projektu Apollo jako součást stránek astronomia.zcu.cz
4. Vytvoření praktických úloh (alespoň 3) s tematikou pohybu Měsíce a kosmických sond pohybujících se k Měsíci

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **40 - 60**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Učebnice pro 1. a 2. stupeň základní školy

Webové stránky NASA www.nasa.gov

Multimediální učební text Astronomia astronomia.zcu.cz

Vedoucí diplomové práce:

PhDr. Ing. Ota Kéhar


Katedra, matematiky, fyziky a technické výchovy

Datum zadání diplomové práce: **9. prosince 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2016**


Doc. PaedDr. Jana Coufalová, CSc.
děkanka




Doc. PaedDr. Jarmila Honzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 11. prosince 2014

ANOTACE

Diplomová práce se zaměřuje na historii kosmických letů s cílem přistání člověka na Měsíci. V práci se nachází dotazníkové šetření, které zkoumá znalosti žáků základní školy týkající se letů do vesmíru a na Měsíc. Součástí textu jsou i návrhy na dlouhodobé seminární práce s tematikou kosmických letů a experimenty s touto tematikou, které lze uskutečnit v hodinách fyziky. V závěru práce je k nahlédnutí vzhled webových stránek astronomia.zcu.cz, které byly v rámci této diplomové práce doplněny o odborný text týkající se kosmických letů.

ANNOTATION

This thesis focuses on the history of spaceflights with the goal of landing people on the Moon. It contains a survey, which examines knowledge of pupils at elementary schools about flights into space and to the Moon. You can also find proposals for long-term seminar works about space flights and experiments with this theme, which can be implemented to physics lessons. In the end of the thesis there is a view of website astronomia.zcu.cz, which have been accompanied by a scholarly text about the space flights.

KLÍČOVÁ SLOVA

Program Apollo, Saturn V, let na Měsíc, astronaut, lunární modul, velitelský modul

KEYWORDS

Project Apollo, Saturn V, Flight to the Moon, Astronaut, Lunar Module, Command Module

OBSAH

SEZNAM ZKRATEK	3
ÚVOD	6
1 DOBÝVÁNÍ MĚSÍCE.....	8
1.1 NA ÚSVITU KOSMICKÉHO VĚKU.....	8
1.1.1 Program Explorer.....	9
1.1.2 Program Pioneer.....	10
1.1.3 Program Luna	11
1.1.4 První člověk ve vesmíru	13
1.1.5 Výzva J. F. Kennedyho.....	14
1.1.6 Neznámý muž na sovětské straně — K. Sergej.....	16
1.1.7 Strategický význam družic	16
1.2 AUTOMATY MÍŘÍCÍ K MĚSÍCI.....	17
1.2.1 Americké automaty mířící k Měsíci	17
1.2.2 Sovětské automaty mířící k Měsíci	20
1.3 PROGRAMY PILOTOVANÝCH LETŮ V RÁMCI NASA	22
1.3.1 Program Mercury	22
1.3.2 Program Gemini.....	28
1.4 PROGRAM APOLLO	31
1.4.1 Svízelná cesta k Měsíci.....	32
1.4.2 Apollo 1 — smrt na počátku cesty.....	35
1.4.3 Podivuhodné číslování misí Apollo	37
1.4.4 Apollo 4 až 6	38
1.4.5 Apollo 7 až 8	39
1.4.6 Apollo 9 až 10	42
1.4.7 Apollo 11.....	43
1.4.8 Navigační systém	71
1.5 FYZIKÁLNÍ A ASTRONOMICKÉ ASPEKTY PROGRAMU APOLLO.....	78
2 PRŮZKUM — CO ŽÁCI ZŠ VĚDÍ O VESMÍRNÝCH LETECH.....	80
2.1 JAK SE JMENOVAL PRVNÍ ČLOVĚK VE VESMÍRU?	81
2.2 JAKÉ NÁRODNOSTI BYL PRVNÍ ČLOVĚK VE VESMÍRU?.....	82
2.3 JAK SE JMENOVAL PRVNÍ ČLOVĚK NA MĚSÍCI?	82
2.4 JAK SE JMENOVAL DRUHÝ ČLOVĚK NA MĚSÍCI?	83
2.5 KOLIKAČLENNÁ BYLA POSÁDKA KOSMICKÉ LODI, KTERÁ SE VYDALA NA MĚSÍČ?	84
2.6 V JAK VELKÉ LODI SE ASTRONAUTI VRÁTILI NA ZEMI?	84
2.7 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU.....	85
3 PRAKTICKÉ ÚLOHY A EXPERIMENTY ZAMĚŘENÉ NA MĚSÍČ A VESMÍRNÉ LETY	86
3.1 PRAKTICKÁ ÚLOHA: UŽITÍ MATEMATIKY NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE PRO STANOVENÍ POHYBU MĚSÍČE.	86
3.2 PRAKTICKÁ ÚLOHA: POZOROVÁNÍ VÝCHODU A ZÁPADU MĚSÍČE A SLUNCE	88
3.3 EXPERIMENT: APOLLO 13 A VÝROBA FILTRU	91
3.4 EXPERIMENT: JAK JE TĚŽKÉ TREFIT MĚSÍČ	94
3.5 EXPERIMENT: SPRÁVNĚ NAČASOVANÉ PŘISTÁNÍ	94
3.6 EXPERIMENT: APOLLO 11 A PODIVNÉ STÍNY.....	96
3.7 EXPERIMENT: LIHOVÁ RAKETA.....	98
3.8 EXPERIMENT: NESNÁZE KOSMICKÝCH LETŮ.....	99
4 WEBOVÉ STRÁNKY ASTRONOMIA.....	102
ZÁVĚR.....	105

RESUMÉ	106
PŘÍLOHA 1: ZÁVĚREČNÁ PRÁCE ŽÁKA ZŠ	I
PŘÍLOHA 2: APOLLO 13 A VÝROBA FILTRU	X
PŘÍLOHA 3: JAK JE TĚŽKÉ TREFIT MĚSÍC.....	XII
PŘÍLOHA 4: MODEL RAKETY SATURN V.....	XIV
PŘÍLOHA 5: DOTAZNÍK.....	XX
PŘÍLOHA 6: APOLLO 11 A PODIVNÉ STÍNY	XXI
SEZNAM GRAFŮ	XXV
SEZNAM TABULEK	XXVI
SEZNAM OBRÁZKŮ	XXVII
SEZNAM CITACÍ.....	XXIX
SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ	XXXI
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	XXXV

SEZNAM ZKRATEK

AGC	Apollo Guidance Computer – automatický naváděcí systém umístěný na palubě kosmické lodi Apollo.
ALSEP	Apollo Lunar Surface Experiments Package – vědecké přístroje instalované posádkami programu Apollo na povrchu Měsíce.
AMU	Astronaut Maneuvering Unit – raketový batoh umožňující lepší pohyb astronautů ve volném prostoru.
ATV Agena	Agena Target Vehicle – druhý stupeň rakety Titan 2 sloužící pro nácvik spojovacích operací ve vesmíru.
CIA	Central Intelligence Agency – zpravodajská a špionážní služba USA.
CM	Command Module – velitelský modul, který umožnil astronautům v rámci programu Apollo provést bezpečné přistání na Zemi.
CSM	Apollo Command/Service Module – velitelský a servisní modul tvořil kosmickou loď Apollo. Spolu s lunárním modulem se používal pro přistání na Měsíci.
EASEP	Early Apollo Scientific Experiments Package – vědecké přístroje instalované posádkou Apolla 11 na Měsíci. Jednalo se o redukovanou verzi ALSEP.
EMR Shift	Engine Mixture Ratio Shift – operace provádějí se při startu rakety Saturn V, která snížila hladinu tekutého kyslíku v nádržích druhého stupně. Tato operace se prováděla pro co největší spotřebování paliva z druhého stupně.
EMU	Extravehicular Mobility Unit – skafandr určený pro pohyb astronautů mimo kosmickou loď.
EVA	Extravehicular Activity – aktivita astronautů mimo kosmickou loď.
LEC	Lunar Equipment Conveyor – speciální lanovka umožňující posádkám Apollo přenést vědecké zařízení z paluby LM na povrch Měsíce a zpět.
LES	Launch Escape System – únikový systém pro případ poruchy na nosné raketě při startu.

LGC	LM Guidance Computer – naváděcí počítač umístěný na palubě LM.
LLRV	Lunar Landing Research Vehicles – létající тренаžér, na kterém astronauti trénovali přistání na Měsíci.
LM	Lunar Module (někdy také označováno jako Lunar Excursion Module – LEM) – speciální kosmická loď určena k přistání na Měsíci.
LRL	Lunar Receiving Laboratory – laboratoř nacházející se v Houstonu určená ke zkoumání měsíčních předmětů a karanténě astronautů programu Apollo.
MESA	Modularized Equipment Stowage Assembly – schránka umístěná na boku lunárního modulu, kde se nacházela vlajka, lopatka a kontejnery určené na vzorky půdy.
MIT	Massachusetts Institute of Technology – Massachusettský technologický institut je soukromá výzkumná univerzita ve městě Cambridge (USA).
NACA	National Advisory Committee for Aeronautics – Federální úřad Spojených států zabývající se podporou leteckého výzkumu. Úřad v roce 1958 zanikl a jeho aktivity připadly NASA.
NASA	National Aeronautics and Space Administration – Národní úřad pro letectví a astronautiku je americká vládní agentura založena v roce 1958. NASA zodpovídá za americký kosmický program a výzkum letectví všeobecně.
NORAD	North American Aerospace Defense Command – Severoamerické velitelství protivzdušné obrany monitoruje americký a kanadský vzdušný prostor a zajišťuje obranu Severní Ameriky.
S-IC	První stupeň rakety Saturn V.
S-II	Druhý stupeň rakety Saturn V.
S-IVB	Třetí stupeň rakety Saturn V.
SLA	Spacecraft Lunar Module Adapter – aerodynamický kryt chránící lunární modul při startu rakety Saturn V.

- SM Service Module – servisní modul společně s CM tvořil kosmickou loď Apollo. SM obsahoval SPS, nádrže s palivem pro SPS, palivové články, nádrže s kyslíkem, vodíkem a dusíkem. Obsahoval také trysky určené ke stabilizaci lodi.
- SPS Service Propulsion System – motor SM.
- STG Space Task Group – pracovní skupina inženýrů NASA vytvořená v roce 1958 podílející se na programu Mercury a Gemini.
- TASS Телеграфное агентство Советского Союза – Tisková agentura Sovětského svazu.
- TLI Trans-Lunar Injection – trajektorie, po které je kosmická loď navedena na oběžnou dráhu kolem Měsíce. Dělí se na bezpečnou a nebezpečnou.

Úvod

Pro svou diplomovou práci jsem si vybral téma *Projekt Apollo a jeho začlenění do výuky fyziky na základní škole*. Toto téma jsem zvolil z důvodů mého zájmu o kosmonautiku a pro velký potenciál vytvořit studijní materiál, který by byl srozumitelný žákům na základní škole. Ve své práci se zabývám počátky dobývání vesmíru se zaměřením na lety na Měsíc v rámci programu Apollo. Dílčím cílem práce je také zjistit dotazníkovým šetřením, jaké jsou znalosti žáků o kosmických letech, zejména pak lety člověka na Měsíc.

Mým cílem je vytvořit seznam experimentů uskutečnitelných na základní škole, které by pomohly popularizovat lety do vesmíru a vyvrátit některé konspirační teorie o přistání člověka na Měsíci. Úkolem je uvést zejména experimenty, při kterých jsou žáci zapojeni do praktické činnosti. V rámci diplomové práce jsem také navrhl úlohy s astronomickou tematikou, které by žáci řešili samostatně jako dlouhodobé seminární práce.

Práce je strukturována do čtyř bloků. První pojednává o začátcích kosmických letů, kdy člověk musel ovládnout raketovou techniku. Hlavní část tohoto bloku je zaměřena na program Apollo, ve kterém astronauti posádky Apolla 11 stanuli na Měsíci. Právě mise Apolla 11 uzavírá tento blok, ačkoliv tímto letem program Apollo zdaleka neskončil.

V rámci druhého bloku zjišťuji, jaké jsou znalosti žáků na základní škole v oblasti letů do vesmíru se zaměřením na lety na Měsíc. Pro tento účel se jako zajímavý stroj jeví zejména raketa Saturn V, která nasměrovala kosmickou loď Apollo k Měsíci. V dotazníkovém šetření jsem se tedy snažil zjistit, zda žáci mají povědomí o tom, jak velká část této rakety se vrátí společně s astronauty na Zemi. Za tímto účelem jsem také vytvořil model rakety Saturn V v měřítku 1:96, na kterém by v hodinách fyziky bylo možné ukázat, jak takový let na Měsíc probíhal.

Třetí blok obsahuje náměty na seminární práce a experimenty, které jsou proveditelné na základní škole. Hlavním kritériem byla zejména přímá aplikovatelnost matematických dovedností ze základní školy napříč všemi ročníky. Navržené experimenty mají potenciál stát se atraktivní součástí výuky fyziky při probírání kosmických letů. Mým cílem bylo vytvořit také experimenty, které by vyvracely konspirační teorii o přistání člověka na Měsíci.

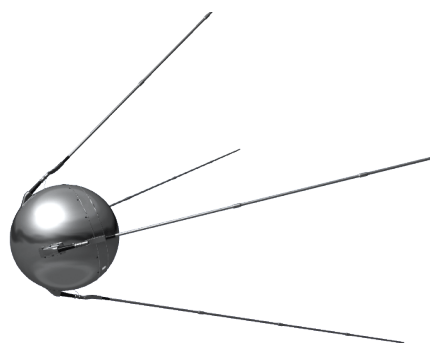
Poslední blok se zaměřuje na tvorbu odborného textu webových stránek astronomia.zcu.cz. Cílem bylo vytvořit studijní materiál, který pojednává o historii kosmických letů, konkrétně o letech sond na Měsíc a amerických vesmírných programech Mercury, Gemini a Apollo.

Při shromáždění a studiu odborné literatury jsem podobnou práci, která by byla ve většině bodů totožná, neobjevil. Hlavními zdroji této práce jsou především knižní publikace *Tajný závod o Měsíc* (Karel Pacner) a *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru* (Gelis Sparrow). Na druhé zmiňované publikaci se také podílel druhý člověk na Měsíci – Buzz Aldrin.

1 DOBÝVÁNÍ MĚSÍCE

1.1 NA ÚSVITU KOSMICKÉHO VĚKU

Píší se 50. léta 20. století a studená válka je v plném proudu. Sovětský svaz se po 2. světové válce zaměřil na vývoj mezikontinentálních balistických raket a v dobývání vesmíru vede před Američany. Tato nadvláda se projevila 4. října 1957, kdy Sovětský svaz dokázal vypustit první družici s označením Sputnik 1. Tato družice sférického tvaru o hmotnosti 83,6 kg a o průměru 58 cm



Obrázek 1: Vesmírná družice Sputnik 1.^[15]

uměla pouze vysílat signály o své existenci, nicméně důležitější byl fakt, že Sověti dokázali vyslat do vesmíru první družici před Američany. V ten samý den v oficiálním tiskovém prohlášení agentury TASS zaznělo:

„... nová socialistická společnost proměňuje i ty nejmělejší sny člověka ve skutečnost.“^[1]

Spojené státy na základě analýzy agentů CIA nepovažovaly vývoj mezikontinentálních balistických raket jako vojensky významný a spoléhaly se spíše na své bombardéry dlouhého doletu, které byly schopny ze základen v Evropě a Asii zasáhnout kteroukoliv část území Sovětského svazu. Jednalo se například o letoun B-52 Stratofortress s doletem necelých deseti tisíc kilometrů. Samozřejmě Sovětský svaz nebyl zaměřen pouze na



Obrázek 2: Nosná raketa R-7, pro účely kosmonautiky přejmenována na raketu Sputnik.^[16]

raketový výzkum, ale taktéž disponoval bombardéry dlouhého doletu, jako byl například Tupolev TU-16 s doletem necelých 6 tisíc kilometrů. Co se týče vize budoucího vedení boje, byl Sovětský svaz o krok před Spojenými státy.

Tento postoj byl utvrzován prezidentem Spojených států D. D. Eisenhowerem¹, který požadoval zejména zajištění

funkčního a spolehlivého hospodářství. Jeho ochota investovat do vesmírného programu

¹ Generál Dwight David Eisenhower (14. října 1890 – 28. března 1969) byl americký pětihvězdičkový generál a 34. prezident Spojených států amerických mezi lety 1953 až 1961.

tak lpěla pouze na předpokladu, že by si to vyžadovala bezpečnost státu. Nicméně Spojené státy disponovaly také raketovým výzkumem, ale v menším měřítku. Většina pokusů o vyslání družic do vesmíru ale skončila, vlivem nedokonalosti raket, neúspěchem.

Změna postoje k výzkumu mezikontinentálních balistických raket nastala v období kolem 18. srpna 1957, tedy půl druhého měsíce před vypuštěním Sputniku 1, kdy Sovětský svaz uskutečnil první zkoušku dvoustupňové rakety R-7 Semjorka, která následně vynesla družici Sputnik 1 do vesmíru.

Následovala družice Sputnik 2 dne 3. listopadu 1957, kdy Sovětský svaz vynesl na oběžnou dráhu prvního živého tvora, psa Lajku. Návratové operace v té době technika neumožňovala, a tak se předpokládalo, že Lajka zemře po 7–10 dnech letu na nedostatek kyslíku. Díky technické poruše však na lodi vznikla teplota přesahující 40 °C.



Obrázek 3: Lajka, první živý tvor pocházející z planety Země ve vesmíru.^[17]

Lajka tak po 7 hodinách letu v důsledku přehřátí a vysoké míry stresu umřela.

Tyto úspěchy už byly pro analytiky CIA dostatečně velké, aby v memorandu z 10. prosince 1957 CIA dospěla k závěru, že vývoj těchto raket je v Sovětském svazu vysoce prioritní a je třeba na něj adekvátně zareagovat.

1.1.1 PROGRAM EXPLORER

Reakcí Spojených států na úspěchy Sovětského svazu byl program Explorer. Ten přinesl první úspěchy na poli raketové techniky dne 31. ledna 1958, kdy se podařilo vypustit čtyřstupňovou nosnou raketu Juno s družicí Explorer 1. Družice se skládala ze tří vědeckých přístrojů – teplotní čidlo, mikrofonní systém pro záchyt mikrometeoritů a Gaigerův-Müllerův počítač pro detekci částic. Explorer 1 dále obsahoval rádiový vysílač, díky němuž byla naměřená data předávána na Zemi.



Obrázek 4: Model družice Explorer 1.^[18]

Družice Explorer 1 dosáhla oběžné dráhy Země a stala se v té době s výškou 2 520 km nejvzdálenějším vypuštěným předmětem. Po uskutečnění přibližně 56 tisíc obletů a objevení tzv. Van Allenových pásů družice dne 31. března 1970 zanikla v zemské atmosféře. Tvůrci této rakety, W. H. Pickering², J. A. Van Allen³ a Wernher von Braun⁴, byli následně veřejnými sdělovacími prostředky uvítáni jako hrdinové, kteří dávají naději v souboji se Sovětským svazem.

1.1.2 PROGRAM PIONEER

Po úspěchu družice Explorer 1 byl americké veřejnosti představen program Pioneer, který si kladl za cíl zkoumání Měsíce. Bohužel tento program zaznamenal více neúspěchů než úspěchů, když z celkem 9 sond mířících k Měsíci splnila svůj úkol pouze jedna.

Program Pioneer započal v roce 1958, kdy byla vyžadována řada nových řešení pro konstrukci sond a přístrojů. Jedním z největších problémů byl velký teplotní rozdíl mezi předměty, které jsou buď přímo osvětleny slunečním zářením, nebo jsou ve stínu (např. Země). Tento extrémní rozdíl teplot přinášel rozpínání, smršťování a narušení součástí sond. Řešením se jevila postříbřená izolace schopná sluneční paprsky odrážet nebo vodivé tepelné trubice, které dokáží odvádět žár z horkých ploch k chladnějším částem.

Program Pioneer lze sice považovat za neúspěšný, jelikož jedna úspěšná mise (z celkových devíti) nemůže představovat uspokojivý výsledek. Program však pokračoval až do roku 1978 průzkumy planet sluneční soustavy, ze kterých už výsledky přinesl. V následující tabulce jsou zmíněny všechny lety v rámci programu Pioneer, které se týkaly průzkumu Měsíce.

² William Henry Pickering (15. února 1858 – 17. ledna 1939) byl americký astronom, který se podílel mimo jiné na utváření názoru o vzniku Sinusových brázd na Měsíci, tedy zvláštního druhu lávových koryt na povrchu některých planet či měsíců.

³ James Alfred Van Allen (7. září 1914 – 9. srpna 2006) byl americký vědec, podle něhož jsou pojmenovány tzv. Van Allenovy radiační pásy. Ty objevil na základě požadavku umístění Geigerova-Müllerova počítače na družicích Explorer 1 a 3.

⁴ Dr. Wernher Magnus Maximilian svobodný pán von Braun, známý jako Wernher von Braun (23. března 1912 – 16. června 1977) byl konstruktér německých a amerických raket.

Sonda	Start	Průběh mise
Pioneer 1	17. 8. 1958	Neúspěšný start. Havárie nosné rakety.
Pioneer 1 (stejný název)	11. 10. 1958	Neúspěšný start. Dosaženo výšky 113 766 km. Po 43 hodinách se sonda vrátila k Zemi, kde shořela v atmosféře. Sonda přinesla informace o radiačních pásech.
Pioneer 2	8. 11. 1958	Neúspěšný start, porucha nosné rakety. Dosaženo výšky 1 550 km, poté se sonda vrátila k Zemi, kde zanikla v atmosféře.
Pioneer 3	6. 12. 1958	Neúspěšný start. Předčasné vyčerpání paliva prvního stupně nosné rakety. Dosaženo výšky 102 203 km, poté se sonda vrátila k Zemi, kde shořela v atmosféře.
Pioneer 4	3. 3. 1959	První americký průlet kolem Měsíce ve vzdálenosti 59 000 km. Pro srovnání: Luna 1 uskutečnila 2. ledna 1959 průlet kolem Měsíce ve vzdálenosti 5 000 až 6 000 km.
Pioneer P-1	24. 9. 1959	Selhání nosné rakety před startem.
Pioneer P-3	26. 11. 1959	Selhání nosné rakety těsně po startu.
Pioneer P-30	25. 9. 1960	Selhání nosné rakety – spadla do moře.
Pioneer P-31	25. 9. 1960	Selhání nosné rakety – spadla do moře.

Tabulka 1: Lety sond k Měsíci v rámci programu Pioneer.

1.1.3 PROGRAM LUNA

Sovětský svaz odpověděl na program Pioneer svým vesmírným programem pro zkoumání Měsíce s označením Luna, který však byl ze začátku pro své neúspěchy utajován před veřejností. Zde je vidět základní rozdíl mezi Východem a Západem v přístupu informování veřejnosti, který se postupně stupňoval. Ve Spojených státech byly veřejnosti ohlašovány jak úspěchy, tak i neúspěchy. Pro Sovětský svaz neúspěch nepřípadal v úvahu, a tak se veřejnost dozvíдалa pouze pokroky v Sovětském kosmickém programu.

Obrázek 5: Kosmická sonda Luna 2.^[19]

Mezi 23. zářím 1958 a 4. prosincem 1958 proběhly tři lety sond se shodným označením Luna, ale všechny tři lety skončily výbuchem nosné rakety krátce po startu. Tyto lety proto byly udržované v tajnosti a nebyly ohlášeny.

Změna nastala 2. ledna 1959, kdy nosná raketa Vostok-L vynesla sondu Luna 1, která se stala první umělou „planetkou“. Cílem sondy bylo zasáhnout Měsíc, který však minula

o 5 až 6 tisíc kilometrů. Zásah Měsíce se podařil 13. září 1959, kdy sonda Luna 2 dopadla na Měsíc. Posledním úspěšným pokusem na dlouhý čas byla Luna 3, startující 4. října 1959, když vyfotografovala odvrácenou stranu Měsíce.

Za povšimnutí stojí následující tabulka, která ukazuje všechny lety sond programu Luna. Pokud bychom vzali v potaz pouze číselně označené sond (Luna X), tak můžeme nabýt dojmu, že Sovětský svaz dosáhl v programu Luna 100% úspěšnosti, jelikož všechny lety, při nichž selhala nosná raketa, byly neohlášené. Pokud se stalo, že sonda dopadla na povrch Měsíce a nárazem byla zničena, nebyl oznámen její skutečný úkol.

Sonda	Start	Průběh mise
Luna	23. 9. 1958	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna	12. 10. 1958	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna	4. 12. 1958	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna 1	2. 1. 1959	Neúspěšný pokus o zasažení Měsíce. Průlet kolem Měsíce ve vzdálenosti 5 000 km – první umělá planetka.
Luna	18. 6. 1959	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna 2	12. 9. 1959	První sonda ze Země, která dopadla na Měsíc.
Luna 3	4. 10. 1959	První snímkování odvrácené strany Měsíce.
Luna	15. 4. 1960	Výbuch rakety na oběžné dráze kolem Země - neohlášeno.
Luna	16. 4. 1960	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna	4. 1. 1963	Porucha na sondě – neohlášeno.
Luna	3. 2. 1963	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna 4	2. 4. 1963	Neúspěšný pokus o měkké přistání. Skutečný úkol nebyl oznámen.
Luna	31. 3. 1964	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna	20. 4. 1964	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna	10. 4. 1965	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna 5	9. 5. 1965	Neúspěšný pokus o měkké přistání. Sonda dopadla na Měsíc. Skutečný úkol nebyl oznámen.
Luna 6	6. 8. 1965	Neúspěšný pokus o měkké přistání. Sonda dále putovala do meziplanetárního prostoru. Skutečný úkol nebyl oznámen.
Luna 7	4. 10. 1965	Neúspěšný pokus o měkké přistání. Sonda dopadla na Měsíc.
Luna 8	3. 12. 1965	Neúspěšný pokus o měkké přistání. Sonda dopadla na Měsíc.
Luna 9	31. 1. 1966	První úspěšné přistání na Měsíci. Odvysílány čtyři panoramatické snímky.
Luna 10	31. 3. 1966	První umělá družice Měsíce. Sonda prováděla na oběžné dráze kolem Měsíce vědecká měření.
Luna 11	14. 8. 1966	Umělá družice Měsíce.

Luna 12	22. 10. 1966	Umělá družice Měsíce. Odvysíláno neznámé množství fotografií Měsíce.
Luna 13	21. 12. 1966	Měkké přistání na Měsíci. Odvysílány tři panoramatické snímky.
Luna	7. 2. 1968	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna 14	7. 4. 1968	Umělá družice Měsíce.
Luna	19. 2. 1969	Neúspěšný start s lunárním vozidlem – neohlášeno.
Luna	14. 6. 1969	Neúspěšný start sondy určené k automatickému nabrání vzorků a návratu na Zemi – neohlášeno.
Luna 15	13. 7. 1969	Neúspěšný pokus přistání na Měsíci. Skutečný úkol nebyl oznámen.
Luna 16	12. 9. 1970	První automatický odběr vzorků. Získáno 108 g hornin.
Luna 17	10. 11. 1970	Dálkově řízený Lunochod 1 dopraven na povrch Měsíce. Fungoval 10,5 měsíce. Pořizoval fotografie, televizní záběry, zkoumal pevnost půdy a dělal chemické rozborů.
Luna 18	2. 9. 1971	Sonda tvrdě dopadla na povrch Měsíce. Skutečný úkol nebyl oznámen.
Luna 19	28. 9. 1971	Umělá družice Měsíce.
Luna 20	14. 2. 1972	Druhý úspěšný odvoz vzorků (100 g) z povrchu Měsíce.
Luna 21	8. 1. 1973	Úspěšná přeprava lunárního vozítka Lunochod 2 na povrch Měsíce.
Luna 22	29. 5. 1974	Umělá družice Měsíce.
Luna 23	28. 10. 1974	Neúspěšný pokus o získání vzorků půdy. Sondě se porouchal vrták. Podrobnosti neoznámeny.
Luna	16. 10. 1975	Neúspěšný start – neohlášeno.
Luna 24	9. 8. 1976	Úspěšné odebrání vzorků (170 g) na Měsíci.

Tabulka 2: Seznam letů k Měsíci v rámci programu Luna.^[2]

1.1.4 PRVNÍ ČLOVĚK VE VESMÍRU

Dne 12. dubna roku 1961 zachytil NORAD⁵ na Aleutských ostrovech dialog, vedený v ruském jazyce, mezi kosmickým tělesem a pozemními stanicemi. Tento dialog potvrdil sovětský úspěch v podobě vyslání prvního člověka do vesmíru. Kosmonautem v kosmické lodi Vostok 1 byl Jurij Alexejevič Gagarin⁶. Zajímavostí toho letu je, že J. F. Kennedy⁷ věděl už 23 minut po startu rakety o sovětském úspěchu, zatímco sovětský rozhlas informoval veřejnost až 50 minut po startu.

⁵ NORAD (Severoamerické velitelství protivzdušné obrany) je společné velitelství Kanady a Spojených států amerických poskytující varování před leteckým či raketovým útokem, zajištění vzdušné svrchovanosti a obrany Severní Ameriky.

⁶ Jurij Alexejevič Gagarin (9. března 1934 – 27. března 1968) byl sovětský kosmonaut a první člověk ve vesmíru.

⁷ John Fitzgerald Kennedy (29. května 1917 – 22. listopadu 1963) byl 35. prezident Spojených států amerických v období mezi lety 1961 až 1963. Jednalo se o velkého propagátora a zastávce vesmírných letů. V listopadu 1963 zemřel na následky střelného zranění při atentátu v Dallasu.

N. S. Chruščov⁸ tento význačný krok využil k propagaci funkčního socialistického režimu, propagovaného Sovětským svazem, naproti ztrouchnivělosti kapitalistického režimu představující Spojené státy. Studená válka se tak naplno přesunula do kosmického prostoru, kde spolu soupeřily dvě myšlenky – myšlenka komunistické diktatury řízená Moskvou a myšlenka demokratických zemí vyznávající kapitalismus.

Ve Spojených státech si vrcholní představitelé začali pokládat otázku, jak tento úspěch Sovětského svazu překonat. Jednou z možností bylo vytvoření orbitální stanice na oběžné dráze kolem Země. Dále se uvažovalo o obletu Měsíce kosmickou lodí s lidskou posádkou. Všechny tyto návrhy by však nedokázaly zasadit Sovětskému svazu dostatečně odpovídající úder. Jedinou možností bylo přistání astronautů na Měsíci. Tento program byl často srovnáván s programem Manhattan⁹, který stál přes dvě miliardy dolarů. Odhad ceny tohoto programu byl 40 miliard dolarů a to vše bez záruky, že Spojené státy vstoupí jako první na Měsíc.

Program však dostává maximální prioritu po neúspěšném vylodění kubánských exulantů podporovaných CIA v zátocě Sviní na Kubě mezi 17. a 19. dubnem roku 1961, kdy se z Kuby stává diktatura sovětského typu řízená Fidelem Castrem s podporou Moskvy.

1.1.5 VÝZVA J. F. KENNEDYHO

Dne 25. května 1961 byl pronesen jeden z nejproslulejších a zřejmě nejdůležitějších projevů v historii astronautiky. Znamenal počátek zvratu v dobývání Měsíce. Řečnického



Obrázek 7: Jurij Alexejevič Gagarin – první člověk, který vzlétl do vesmíru.^[20]



Obrázek 6: J. A. Gagarin na poštovní známce

⁸ Nikita Sergejevič Chruščov (15. dubna 1894 – 11. září 1971) byl vůdcem Sovětského svazu a 1. tajemníkem Komunistické strany Sovětského svazu mezi lety 1953 a 1964.

⁹ Program Manhattan byl krycí název pro tajný americký program vývoje atomové bomby během 2. světové války.

pultu v americkém Kongresu se tehdy ujal 35. americký prezident – J. F. Kennedy, který prohlásil:

„Věřím, že tento národ si může vytyčit za cíl přistání člověka na Měsíci a jeho bezpečný návrat na Zemi do konce tohoto desetiletí. Ve skutečnosti to nebude jediný člověk, který poletí na Měsíc, bude to celý národ. Prosím Kongres a celou zemi, aby daly souhlas k této cestě, k cestě, která bude trvat celá léta a která bude velmi nákladná. Kdybychom chtěli dojít jenom na půl cesty anebo omezit své požadavky tváří v tvář obtížím, bylo by lépe se na ni vůbec nevydávat.“ Kennedy, 1961^[2]



Obrázek 8: J. F. Kennedy promlouvá v roce 1961 ke Kongresu Spojených států amerických.^[22]

Dle průzkumů veřejného mínění^[1] s tímto programem nesouhlasilo 58 % dotázaných amerických občanů, nicméně stanovisko Bílého domu a Kongresu bylo neměnné.

Největší problém Spojených států tkvěl ve výkonnosti raket. Rusové používali raketu R-7 Semjorka, která dokázala na oběžnou dráhu kolem Země vynést náklad o hmotnosti až 6 tun. Naproti tomu Američané užívali raketu Atlas Agena, která byla schopna vynést pouhých 2,6 tun užitého zatížení. Tato raketa byla užívaná například v programu Pioneer nebo Ranger (viz kap. 1.1.2, resp. 1.2.1). Co se týče výkonnosti raket, měl Sovětský svaz navrch.

Sovětská dominance pramenila zejména ze silnějších raket, které byly vyvíjeny již od konce 2. světové války. Předpokládalo se, že tyto rakety ponесou jednoho dne jaderné hlavice a budou hrát zásadní roli v možné třetí světové válce. Nevýhodou sovětských jaderných hlavic, a posléze kosmických lodí, byla jejich hmotnost, která musela být kompenzovaná silou rakety. Na druhé straně americké rakety neměly takovou výkonnost, naproti tomu jejich jaderné hlavice prošly miniaturizací a měly tak menší hmotnost. K vypuštění bylo zapotřebí méně výkonných raket, než měl Sovětský svaz. Miniaturizace se ale netýkala pouze jaderných zbraní, nýbrž i kosmických lodí, družic a sond.

Američané kromě miniaturizace měli ještě jeden schovaný trumf v podobě kabin Mercury, které bylo možné řídit, zatímco sovětské kosmické lodi Vostok byly plně automatizované a kosmonaut se v ní pouze vezl.

1.1.6 NEZNÁMÝ MUŽ NA SOVĚTSKÉ STRANĚ — K. SERGEJ

Dne 14. října 1961 byl otisknut v ústředním komunistickém deníku Pravda článek od K. Sergeje:

„Ovládnutí kosmického prostoru okolo Země představuje spolehlivou základnu pro další rozvoj dalekých kosmických letů. Nejdříve to budou lety automatických stanic k Měsíci s přistáním na jeho povrchu. Potom oblet Měsíce člověkem a jeho vysazení na povrchu. Až bude na Měsíci vytvořena stálá vědecká stanice a později i průmyslová základna, bude možno využít nedotčené a ještě neznámé zásoby našeho nejbližšího nebeského tělesa pro vědu a národní hospodářství...“^[3]

CIA brzy vypátrala, kdo se skrývá pod pseudonymem K. Sergej. Jednalo se o vedoucího sovětského raketového a kosmického výzkumu, Sergeje Pavloviče Koroljova¹⁰. Další článek byl otisknut v deníku Pravda 31. prosince 1961, kde K. Sergejev potvrzuje, že Měsíc je prvořadým cílem. Těmito články tedy oficiálně mohl začít souboj o Měsíc.

1.1.7 STRATEGICKÝ VÝZNAM DRUŽIC

V dobývání vesmíru nešlo pouze o prestiž, ale také o využití vojenského potenciálu družic, které je mnohem složitější objevit než špionážní letouny. Špionáž byla prováděna jak Sovětským svazem, tak Spojenými státy, ale nevýhodou letecké špionáže bylo možné sestřelení špionážních letadel a následné zajetí pilotů, což se v praxi také dělo. Američané využívali především letouny Lockheed U-2, později RB-45 a Lockheed SR-71 Blackbird. Pokud bychom chtěli najít nějaká Sovětská špionážní letadla, nastal by problém, jelikož Sovětský svaz byl vždy velice uzavřený vzhledem ke svým technologiím, zvláště vojenského charakteru.

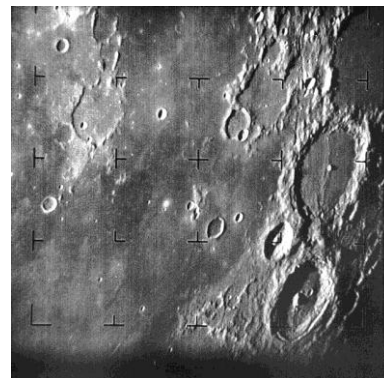
¹⁰ Sergej Pavlovič Koroljov (12. ledna 1907 – 14. ledna 1966) byl zakladatelem sovětského vesmírného programu. Výrazně se zasloužil o první úspěchy Sovětského svazu v cestách do vesmíru. Byl mnohokrát oceněn. Dvakrát získal titul Hrdina socialistické práce, stal se laureátem Leninovy ceny (jedno z nejvyšších vyznamenání SSSR).

1.2 AUTOMATY MÍŘÍCÍ K MĚSÍCI

1.2.1 AMERICKÉ AUTOMATY MÍŘÍCÍ K MĚSÍCI

Program Ranger

K bezpečnému přistání lidské posádky na Měsíci bylo potřeba Měsíc důkladně prozkoumat. Tohoto průzkumu se po nepříliš povedeném programu Pioneer ujal v roce 1961 program Ranger. Předpokládalo se, že sondy krátce před dopadem na měsíční povrch odešlou na Zemi pomocí šesti kamer snímky povrchu Měsíce. Všechny sondy měly hmotnost přibližně 300 až 365 kg a byly vybaveny slunečními bateriemi, chemickými bateriemi a, jak již bylo zmíněno, také šesti kamerami, z nichž dvě byly širokouhlé a čtyři úzkouhlé.



Obrázek 9: První snímek Měsíce v rámci programu Ranger. Snímek byl vyfotografován sondou Ranger 7.^[23]

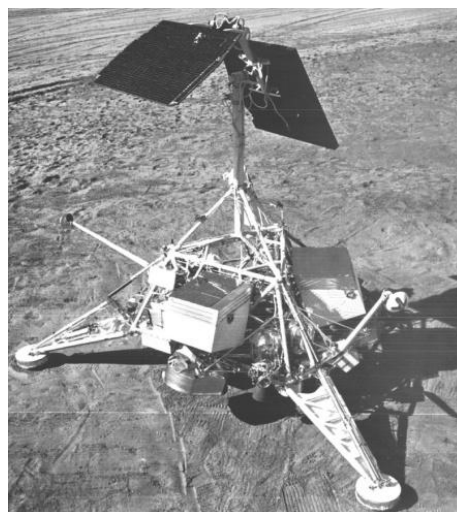
Sonda	Start	Průběh mise
Ranger 1	30. 8. 1961	Nezdařený opětovný zážeh rakety na oběžné dráze. Sonda zůstala na nízké oběžné dráze kolem Země a po 7 dnech shořela v zemské atmosféře.
Ranger 2	18. 11. 1961	Opětovný zážeh rakety se nezdařil. Sonda zůstala na nízké oběžné dráze Země a po 2 dnech shořela v atmosféře.
Ranger 3	26. 1. 1962	Neúspěšný pokus o přistání. Průlet okolo Měsíce ve vzdálenosti 36 793 km.
Ranger 4	23. 4. 1962	Neúspěšný pokus o přistání. Vlivem dopadu na odvrácenou stranu Měsíce bylo se sondou ztraceno spojení.
Ranger 5	18. 10. 1962	Neúspěšný pokus o přistání. Průlet okolo Měsíce ve vzdálenosti 720 km.
Ranger 6	30. 1. 1964	Úspěšný pokus o tvrdé přistání. Televizní aparaturu však nebylo možno vlivem technické poruchy zapnout.
Ranger 7	28. 7. 1964	Úspěšný pokus o tvrdé přistání. Snímkování bylo zahájeno ze vzdálenosti 3 200 km od měsíčního povrchu. Bylo pořízeno celkem 4 316 záběrů z Moře oblaků (později přejmenováno na Moře poznání).
Ranger 8	17. 2. 1965	Úspěšný pokus o tvrdé přistání. Bylo odesláno 7 137 snímků Moře ticha.
Ranger 9	21. 3. 1965	Úspěšný pokus o tvrdé přistání. Bylo odesláno 5 814 fotografií z kráteru Alfonsus s detaily až 25 cm.

Tabulka 3: Lety sond v rámci programu Ranger.

Zkoumání Měsíce přineslo mnoho úspěchů. Bylo zjištěno, že povrch měsíčních moří je tvořen relativně rovnou vrstvou jakési napěněné hmoty. Nejdůležitější však bylo zjištění, že povrch Měsíce je dostatečně pevný pro přistání lunárního modulu.

Program Surveyor

V období mezi lety 1966 a 1968 bylo vysláno celkem sedm robotických sond na povrch Měsíce. Hlavním úkolem bylo prověřit proveditelnost měkkého přistání na povrchu Měsíce a otestovat robotické lopatky určené k průzkumu měsíčního povrchu. Bylo zapotřebí zjistit zejména to, jak je hluboká prachová vrstva na Měsíci. Pokud by byla příliš hluboká, astronauti by nemohli na Měsíci přistát. Až program Surveyor prokázal, že na Měsíci je možné provést bezpečné přistání. SONDY BYLY VYBAVENY TAKÉ ZEMĚMĚŘICKÝMI NÁSTROJI, KTERÉ UMOŽNILY ANALYZOVAT CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŮDY.



Obrázek 10: Sonda Surveyor 5.^[24]

Program dále otestoval naváděcí a kontrolní systém při sestupu k měsíčnímu povrchu a radarové systémy potřebné k určení výšky a rychlosti sondy. SONDY SURVEYOR BYLY PRVNÍMI SONDAMI VYSLANÝMI NASA, KTERÉ TAKOVÝMI TO SYSTÉMY DISPONOVALY A OTESTOVALY JE V EXTRÉMNÍCH PODMÍNKÁCH V BLÍZKOSTI MĚSÍCE.

Pokud srovnáme první úspěšné přistání americké sondy Surveyor 1 na Měsíci v červnu roku 1966 a první přistání sovětské sondy Luna 9 v únoru roku 1966, je zde patrné, že měsíční programy byly na obou stranách velice vyrovnané.

Sonda	Start	Průběh mise
Surveyor 1	30. 5. 1966	Sonda měkce přistála v Oceanus Procellarum (Oceán bouří), 16 km od plánovaného místa přistání. Sonda odvysílala 11 147 fotografií.
Surveyor 2	20. 9. 1966	Neúspěšný pokus o měkké přistání důsledkem selhání korekce dráhy.
Surveyor 3	17. 4. 1967	Měkké přistání v oblasti kráteru Fra Mauro (plánované místo přistání Apolla 13) a Lansberg, 4 km od plánovaného místa přistání. Bylo získáno 6 326 fotografií. Lopatka sondy zkoušela pevnost půdy.
Surveyor 4	14. 7. 1967	Neúspěšný pokus o měkké přistání v důsledku poruchy na rádiovém spojení.

Surveyor 5	8. 9. 1967	Měkké přistání v oblasti Mare Tranquillitatis (místo přistání Apollo 11), 3 km od plánovaného místa přistání. Sonda odvysílala 19 118 fotografií a uskutečnila poprvé dva chemické rozborů půdy.
Surveyor 6	7. 11. 1967	Měkké přistání v Sinus Medii (Záliv středu), získáno 2 992 fotografií, byl proveden chemický rozbor půdy, na pokyn řídicího střediska sonda povyskočila do výšky 3 m a do vzdálenosti 2,5 m. Tímto způsobem testovala pevnost půdy. Tato sonda byla poslední, která se účastnila výběru míst pro přistání na Měsíci v rámci programu Apollo.
Surveyor 7	7. 1. 1968	Měkké přistání u kráteru Tycho, 2,5 km od plánovaného místa přistání, bylo pořízeno 21 274 fotografií.

Tabulka 4: Lety sond v rámci programu Surveyor.

Program Lunar Orbiter

Program Lunar Orbiter probíhal mezi lety 1966 a 1967. Jeho hlavním cílem bylo zmapování povrchu Měsíce a následné doporučení místa přistání pro posádky letů Apollo. V rámci programu bylo vysláno k Měsíci 5 sond, z nichž všechny lety byly úspěšné. Bylo zmapováno 99 % povrchu Měsíce s přesností od 60 m do 1 m. Během misí Lunar Orbiter byly také pořízeny první fotografie Země jako celku. Povedlo se tak díky sondě Lunar Orbiter 5 dne 8. srpna 1967.

Obrázek 11: Sonda Lunar Orbiter 1.^[25]

Sonda	Start	Průběh mise
Lunar Orbiter 1	10. 8. 1966	Umělá družice Měsíce, snímkovala 9 potenciálních přistávacích míst posádek Apollo. Vyfotografovala 206 širokoúhlých a 11 detailních fotografií.
Lunar Orbiter 2	7. 11. 1966	Získáno 200 stereo záběrů ¹¹ dalších 13 potenciálních míst pro přistání posádek Apollo.
Lunar Orbiter 3	5. 2. 1967	Průzkum přistávacích oblastí. Bylo přijato 27 snímků, na jednom se nacházela sonda Surveyor 1.
Lunar Orbiter 4	4. 5. 1967	Mapování Měsíce. Bylo zmapováno 75 % přivrácené a 90 % odvrácené strany Měsíce.
Lunar Orbiter 5	1. 8. 1967	Mapování Měsíce. Cílem bylo doplnění informací o pěti vytipovaných místech pro přistání. Zmapovala 99 % přivrácené a 95 % odvrácené strany Měsíce.

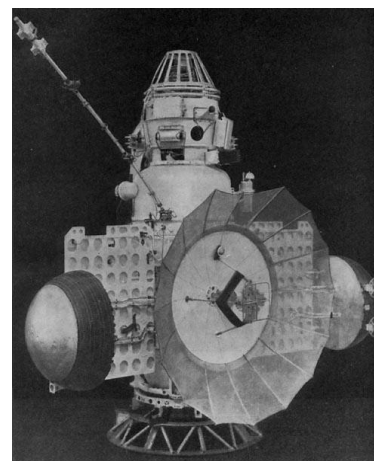
Tabulka 5: Lety sond v rámci programu Lunar Orbiter

1.2.2 SOVĚTSKÉ AUTOMATY MÍŘÍCÍ K MĚSÍCI

Program Zond

Tento program se uskutečnil v letech 1964 až 1970, přičemž byl velice sledovaný NASA z důvodu užívání odlehčené verze kosmické lodi Sojuz 7K-L1, která měla potenciál dopravit prvního sovětského občana na Měsíc.

První tři mise byly zaměřeny na zkoumání Venuše a Marsu. Bohužel pro sovětskou kosmonautiku byly neúspěšné. Naopak mise s označením Zond 4 byla úspěšnou, když se sondě podařilo 20. července 1965 teprve podruhé v historii lidstva vyfotografovat odvrácenou stranu Měsíce.

Obrázek 12: Sonda Zond 2.^[26]

Lety Zond 4 až Zond 8 byly zaměřeny na plánovaný pilotovaný oblet Měsíce za pomoci kosmických lodí Sojuz 7K-L1, které byly patřičně odlehčené na hmotnost 5 000 kg. Jako nosná raketa zde byla využívána raketa Proton. Tato raketa však nebyla dostatečně silná pro navedení sondy na oběžnou dráhu kolem Měsíce, proto sondy obletěly Měsíc a vrátily se zpět na Zemi.

¹¹ Stereo záběr nebo také stereo pohled je kombinace dvou odlišných fotografií vhodných k vytvoření tzv. „stereoskopického páru“. Tyto dva snímky zachycují scénu jenom z trochu odlišných míst, zhruba odpovídající vzdálenosti mezi lidskýma očima. Kombinací dvou odlišných snímků, z nichž je jeden obarven červeně a druhý modře při odpovídajícím posunutí vytvoří stereo efekt, pokud se ovšem díváme červenomodrými brýlemi s červeným sklem na levém oku. Barevné filtry způsobují, že každé oko vidí pouze obraz, jenž odpovídá správnému bodu pohledu a mozek pak interpretuje výsledek jako normální stereoskopický pohled. ^[4]

Úspěchy, popř. neúspěchy, sond v rámci programu Zond jsou zmíněny v následující tabulce, která popisuje pouze sondy vyslané k Měsíci. Jsou tedy vyřazeny první tři mise, které měly zkoumat Venuši a Mars. Všimněme si číselně neoznačených misí Zond, které byly neohlášeny. Totožný postup měl Sovětský svaz i při programu Luna, kdy neúspěšné mise vyřadil z databáze. Veřejnost v Sovětském svazu tak byla držena v domnění, že Sovětský vesmírný program je bezchybný.

Sonda	Start	Průběh mise
Zond	28. 9. 1967	Havárie při startu. Selhal motor druhého stupně. Poprvé zafungoval sovětský havarijní systém.
Zond	22. 11. 1967	Havárie při startu. Selhal motor druhého stupně.
Zond 4	2. 3. 1968	Kosmická loď Sojuz úspěšně obletěla Měsíc. Porucha výškového senzoru zapříčinila špatnou návratovou dráhu k Zemi. Dne 9. 3. 1968 byla dálkově zničena z obav dopadu na přilehlé území Spojených států.
Zond 5	15. 8. 1968	Kosmická loď Sojuz úspěšně obletěla Měsíc. Poprvé byly vyslány biologické vzorky ve formě želv, plazů, mušek rodu <i>Drosophila</i> , řas <i>Chlorella</i> , zvířecí a lidské tkáně. Díky poruše navigačního systému přistála loď v Indickém oceánu, odkud byla vyzvednuta a přemístěna do Sovětského svazu. Původně mělo být místo přistání na území Kazachstánu.
Zond 6	10. 11. 1968	Kosmická loď Sojuz úspěšně obletěla Měsíc. Na palubě nesla stejný typ biologických vzorků jako při letu Zond 5. Dvakrát vyfotografovala povrch Měsíce. Následně přistála na území Kazachstánu. Předčasné otevření hlavního padáku, který se při vysoké rychlosti roztrhl, způsobilo destrukci lodi. Želvy a další biologický materiál nepřežil.
Zond	20. 1. 1969	Havárie druhého a třetího stupně nosné rakety Proton. Po 501 sekundách letu byl aktivován systém záchrany. Kosmická loď Sojuz byla zachráněna. Na palubě nesla stejný typ biologických vzorků jako při letu Zond 5.
Zond 7	7. 8. 1969	Kosmická loď Sojuz úspěšně obletěla Měsíc. Na palubě nesla stejný typ biologických vzorků jako při letu Zond 5. Dvakrát vyfotografovala povrch Měsíce. První barevné snímkování Měsíce. Následně přistála na území Kazachstánu.
Zond 8	20. 11. 1970	Kosmická loď Sojuz úspěšně obletěla Měsíc. Na palubě nesla stejný typ biologických vzorků jako při letu Zond 5. Vyfotografovala Zemi ze vzdálenosti 65 000 km. Díky poruše navigačního systému přistála loď v Indickém oceánu, odkud byla vyzvednuta a přemístěna do Sovětského svazu. Původně mělo být místo přistání na území Kazachstánu.

Tabulka 6: Lety sond v rámci programu Zond

1.3 PROGRAMY PILOTOVANÝCH LETŮ V RÁMCI NASA

1.3.1 PROGRAM MERCURY

V červenci roku 1958 byl zřízen Národní úřad pro letectví a astronautiku, zkráceně NASA¹². O necelého půl roku později NASA oznamuje, že vytvoří program pilotovaných letů do kosmu s názvem Mercury. Původně měl tento program nést název *Astronaut*, ale dle prezidenta Eisenhowera tento název přitahoval přílišnou pozornost k astronautům. Program byl plánován již od roku 1953, nicméně byl oficiálně schválen Kongresem až 7. října 1958.

Program Mercury počítal s postupným vývojem v závislosti na prostředcích. K dispozici byla raketa Little Joe, která byla schopna do velkých výšek vynášet makety kabin. Později byla využívána také k testování únikového systému lodí Mercury a Apollo. Dále byly k dispozici rakety Redstone a Jupiter, které umožňovaly tzv. „balistické skoky“ do vesmíru. Raketa schopna vynést kabinu na oběžnou dráhu kolem Země byla stále ve vývoji. Touto raketou se později stala raketa Atlas.

V počátcích byla také snaha dostat prvního člověka na oběžnou dráhu kolem Země před Sovětským svazem, což se ale nepodařilo. V rámci programu Mercury bylo vypuštěno na dvě desítky nepilotovaných letů a šesti pilotovaných letů s lidskou posádkou. Dalším úspěchem programu Mercury bylo vyslání dvou šimpanzů do vesmíru.

Lety se zvířecí posádkou

Nepilotované lety měly za úkol testovat zejména nosné rakety. V rámci programu Mercury byly využívány rakety Little Joe, Redstone a Atlas D. První dvě zmíněné rakety však měly nedostačující výkon, a tak byly určeny pouze k testování únikového modulu



Obrázek 13: Logo programu Mercury.^[27]



Obrázek 14: Šimpanz Ham po jeho suborbitálním letu.^[27]

¹² NASA (Národní úřad pro letectví a astronautiku) je americká vládní agentura, která je zodpovědná za americký vesmírný program a výzkum v oblasti letectví. Byla založena 29. července 1958 z tehdejšího Národního poradního výboru pro letectví (NACA).

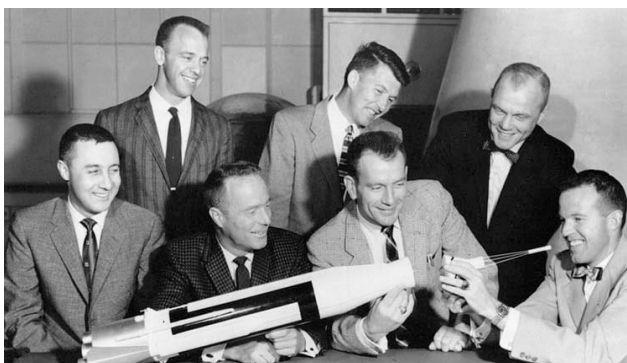
či k suborbitálním letům. Raketa Atlas D již však poskytla dostatečný výkon k orbitálním letům a otevřela dveře americkému vesmírnému cestování.

Lety do vesmíru absolvovali čtyři primáti, ale pouze dva z nich překonali Kármánovu mez¹³ sta kilometrů nad zemským povrchem. Prvním americkým návštěvníkem vesmírného prostoru, dle mezinárodně uznávané Kármánovy meze, se stal šimpanz Ham, který 31. ledna 1961 překonal výšku 100 km. Pokud tento úspěch srovnáme se startem Sputniku 2 v roce 1957, Američané zaostávali ve vývoji za Sověty o více jak tři roky.

Jméno	Druh	Datum letu	Jméno lodi	Charakteristika
Sam	Makak rhesus (samec)	4. 12. 1959	Little Joe 2	výška 85 km
Miss Sam	Makak rhesus (samice)	21. 1. 1960	Little Joe 1B	výška 15 km
Ham	Šimpanz (samec)	31. 1. 1961	Mercury-Redstone 2	suborbitální let
Enos	Šimpanz (samice)	29. 11. 1961	Mercury-Atlas 5	2 oblety Země

Tabulka 7: Opice a šimpanzi vypuštěné do vesmíru v rámci programu Mercury.

Výběr pilotů



Obrázek 15: Astronauti programu Mercury s modelem nosné rakety Atlas. Zadní řada zleva: Alan Shepard, Wally Schirra a John Glenn. Dolní řada zleva: Gus Grissom, Scott Carpenter, Deke Slayton a Gordon Cooper.^[27]

Během Vánoc 1958 dospěl prezident Eisenhower k názoru, že astronautem v programu Mercury se může stát pouze vojenský pilot, který má patřičné zkušenosti. To se stalo osudným N. Armstrongovi, který byl civilním zkušební pilotem NACA (NASA).

Uvažovalo se taktéž o ženě, která by se stala první americkou astronautkou.

Tento návrh přednesl dr. Randolph Lovelace¹⁴, který zvažoval lékařská hlediska letu. Lovelace zdůrazňoval, že ženy jsou lehčí a menší než muži. Dále jsou odolnější vůči stresu a spotřebují méně kyslíku. Testy adeptek ukázaly, že jsou stejně vhodnými uchazeči jako

¹³ Kármánova mez je hranice mezi zemskou atmosférou a kosmickým prostorem. Je určena výškou 100 km nad zemským povrchem. Po jejím překročení lze pasažéra lodi označovat za astronauta. Ve Spojených státech se však užívá mez 50 mil (80 km).

¹⁴ William Randolph "Randy" Lovelace II (30. prosince 1907 – 12. prosince 1965) byl americký lékař a zaměstnanec NASA podílející se na programu Mercury. Byl velkým zastáncem letů žen do vesmíru. V roce 1964 byl jmenován ředitelem vesmírné medicíny v NASA.

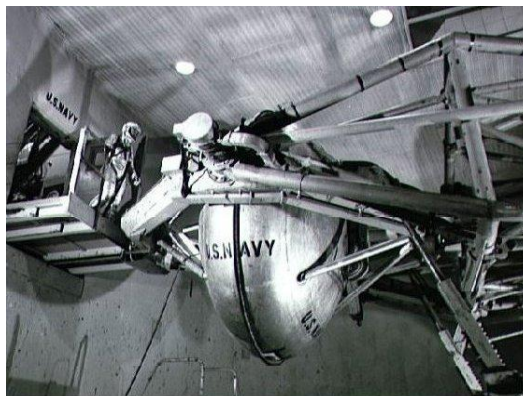
muži. Příčinou společenských postojů ale žádná žena v programu Mercury do kosmu nevzlétla.

K plánovaným pilotovaným letům se na začátku ledna 1959 přihlásilo celkem 508 zkušených pilotů, kteří byli ochotni podstoupit smrtelné riziko při dobývání vesmíru.

Astronaut musel splnit několik podmínek, mezi nimiž lze uvést:

- Věk od 25 do 40 let
- Výška minimálně 1,8 m
- Držitel vysokoškolského vzdělání v oblasti vědy a techniky

Poslední zmíněný požadavek vysokoškolského vzdělání vyřadil ze seznamu uchazečů např. Ch. Yeagera¹⁵, který jako první překročil rychlost zvuku. Později se stal velkým kritikem vesmírných letů a vypouštění opic a šimpanzů do vesmíru.



Obrázek 16: Trénink astronautů na odstředivce.^[28]



Obrázek 18: Letový тренаžér kosmické lodi Mercury.^[28]

Z 508 kandidátů přihlášených do programu Mercury jich bylo vybráno 110, kteří následně podstoupili vstupní pohovory. Z těchto kandidátů bylo připuštěno 32 letců k fyzickým a duševním testům. Byl zkoumán zrak, sluch, tolerance k nepříjemnému hluku a vibracím, schopnost přizpůsobit se osobní izolaci nebo změnám teplot. Nelze také opomenout

centrifugu pro simulování přetížení. Ve speciálních místnostech byla testována schopnost konat předepsané úkony za matoucích podmínek. Uchazeči dále dostali dotazník s více jak 500 osobními otázkami a Rorschachův test.

¹⁵ Charles Elwood „Chuck“ Yeager (13. února 1923) byl armádní generál a zkušební pilot USAF. V letadle Bell X-1 jako první člověk překročil rychlost zvuku. Byl také jedním ze členů komise vyšetřující havárii raketoplánu Challenger v roce 1986.

Tímto sítím fyzických a psychických dovedností neprošel například J. Lowell¹⁶, který se později stal astronautem v programu Gemini a Apollo. Po provedení všech zkoušek zbylo finálních 14 astronautů.

Na řadu se dostala politika. Počítalo se se sedmi pilotovanými lety. Výběrová komise z těchto čtrnácti uchazečů vybrala tři členy z námořnictva, tři členy z letectva a jednoho člena námořní pěchoty.

Astronauty pro program Mercury se stali:

- Scott Carpenter
- L. Gordon Cooper
- John Glenn
- Virgil "Gus" Grissom
- Wallter Schirra
- Allan Sheppard
- Donald "Dake" Slayton



Obrázek 19: Simulace stavu beztlíže v letounu C-131.^[28]

Těchto 7 astronautů prošlo výcvikovým programem, kde absolvovali např. simulaci přetížení při startu a přistání kosmické lodi. Přetížení v těchto situacích odpovídá hodnotě 6 g, astronauti byli trénováni na přetížení až 7 g.

Dalším tréninkem byla simulace stavu beztlíže, která se prováděla v dopravním letadle, které se pohybovalo po parabolické trajektorii. Dále lze uvést let na simulátoru nebo opuštění kabiny po dopadu do moře. Nelze opomenout ani výcvik přežití v poušti nebo na vodě, pokud by přistání proběhlo neplánovaně na nepřátelské území.

Astronauti dále absolvovali přednášky z astronomie, kosmologie a technických oborů. Jediným zklamáním byla pro piloty kabina, jelikož v počátcích byla automatizována takovým způsobem, že v ní neměli téměř nic na práci. Astronauty v tom utvrzovaly nářky na plánované vyslání šimpanzů do vesmíru. V průběhu času byly v konstrukci lodi provedeny změny, které zachovávaly možnost řídit loď ze Země, nicméně astronauti

¹⁶ James Arthur "Jim" Lovell, Jr. (25. března 1928) byl kapitánem v Námořnictvu Spojených států a astronautem NASA. Je proslaven svou rolí velitele mise Apollo 13, které se přezdívá *Šťastná prohra*.

mohli ovládat řídicí trysky a tím upravovat směr letu lodi. Dále bylo astronautovi umožněno spouštět ručně brzdící rakety při návratu do atmosféry.

NASA od počátku chtěla komunikovat s médii prostřednictvím rozhovorů nebo konferencí. Při první konferenci se ukázala obrovská rivalita mezi astronauty. Na otázku, kdo podle jejich mínění poletí jako první do vesmíru, zvedli ruku všichni. Výjimkou byli astronauti Schirra a Glenn, kteří zvedli obě ruce.

Popis kosmické lodi

Hlavním konstruktérem kosmické lodi Mercury byl M. Faget¹⁷, který zahájil výzkum vesmírných letů s posádkou ještě za existence NACA. Jeho loď byla 3,3 m vysoká a 1,89 m široká. Po přidání startovacího únikového systému byla výsledná výška lodi 7,91 m. S obytným prostorem 2,8 m³ byla pilotní kabina dostatečně objemná pro jednočlennou posádku. Výroba lodi byla následně provedena firmou McDonnell Aircraft Corporation.

Loď měla kuželovitý tvar s úzkým hrdlem na vrcholu. Měla konvexní základnu, která nesla tepelný štít (2). Tento štít byl tvořen hliníkovou voštinou pokrytou několika vrstvami sklolaminátu. K tomuto štítu byl připevněn tzv. Retropack (1), který se skládal ze tří raket určených k zpomalení lodi při návratu na Zemi. Mezi těmito třemi

hlavními raketami se nacházely další tři menší rakety, které měly za úkol oddělit kosmickou loď od nosné rakety. Za tepelným štítem byl prostor pro posádku (3). Uvnitř lodi byl astronaut připoután zády k tepelnému štítu do formovatelného sedadla. Pozice, kdy astronaut seděl zády k tepelnému štítu, měla své opodstatnění v silách, které působí na astronauta při startu a při přistání. Bylo zjištěno, že v této poloze na něj působí nejmenší přetížení. Před astronautem se nacházely přístroje. Pod astronautovým



Obrázek 20: Kosmická loď Mercury.^[28]

¹⁷ Maxime Allen Faget (26. srpna 1921 – 10. října 2004) byl americký strojní inženýr, který navrhl kapsli Mercury. Později se podílel na vývoji kosmických lodí Gemini, Apollo a raketoplánů. Vymyslel a následně nechal patentovat zařízení a způsob pro spojování kosmických lodí.

sedadlem byl umístěn řídicí systém, který se staral o dodávky kyslíku a tepla, ale také o filtraci oxidu uhličitého ze vzduchu.

Řídicí systém uložený pod sedadlem dále zadržoval astronautovu moč. V zúženém konci lodi se nacházel záložní prostor (4), kde byly uloženy tři padáky, z nichž první padák sloužil ke stabilizaci volného pádu a zbylé dva byly padáky primární a záložní. Na konci záložního prostoru byla sekce pro anténu (5), která obsahovala dvě antény – komunikační a navigační.

Lod' disponovala také klapkami zajišťující správné natočení lodi, tedy tepelným štítem napřed. Startovací únikový systém (6) byl připevněn na úzkém konci lodi. Ten obsahoval tři malé palivové rakety, které mohly být zažehnuty při jakékoliv poruše během startu, aby byl zachráněn život astronauta. V případě aktivace záchranného systému se vystřelená kapsle snesla na padácích do moře.

Pilotované lety

Po úspěchu Gagarinova letu byla NASA nucena uspišit svůj vesmírný program s vysláním prvního člověka do vesmíru. První pilotovaný let se uskutečnil 5. května 1961 astronautem A. B. Sheppardem¹⁸ v kosmické lodi Mercury-Redstone 3. Tento 15 minut trvající let byl pouze suborbitální a vynesl prvního amerického astronauta do výšky 187,42 km nad Zemí.

O titulu *první americký astronaut*¹⁹ lze polemizovat, jelikož existuje několik definic, kdy se člověk stane astronautem. Nicméně obyčejní Američané nerozuměli odlišnosti Sheppardova a Gagarinova letu, důležitější byl zisk veřejné podpory americkému vesmírnému programu.

¹⁸ Alan Bartlett Shepard, Jr. (18. listopadu 1923 – 21. července 1998) byl prvním Američanem ve vesmíru a pátým člověkem, jenž stanul na Měsíci. V roce 1977 byl uveden do Národní letecké síně slávy.

¹⁹ Kosmonaut nebo též astronaut či tchajkonaut je člověk, který uskutečnil kosmický let nebo absolvoval přípravu na let. Podle definice komitétu pro kosmický výzkum COSPAR se za kosmický let považuje let trvající nejméně jeden oběh kolem Země nebo let kosmickým prostorem trvající nejméně 90 minut. Podle sportovních pravidel FAI lze za cestu do vesmíru považovat let do výšky vyšší než 100 km. Americké vojenské letectvo USAF jako nejnižší dosaženou výšku pro uznání kosmického letu stanovilo dokonce jen 50 mil, tj. 80,5 km. [2]

Podobný suborbitální let absolvoval V. I. Grissom²⁰ v lodi Mercury-Atlas 4 dne 21. července 1961, který dosáhl výšky 190,39 km nad Zemí. Tento 16minutový let však málem skončil tragédií, když vlivem technické závady došlo předčasně k odpálení vstupního průlezu a kabina se začala naplňovat vodou, než se potopila v Atlantském oceánu.

První orbitální let uskutečněný Spojenými státy se konal 20. února 1962 v kosmické lodi Mercury-Atlas 6. Pilotem této mise byl John H. Glenn²¹, který se stal po Gagarinovi a Titovovi třetím skutečným astronautem a prvním skutečným americkým astronautem.

Následovaly další tři lety, které daly mnoho dalších technologických poznatků následujícím vesmírným programům. Díky programu Mercury získaly Spojené státy poznatky z fungování vesmírných skafandrů, informace o rizicích představující radiace a mikrometeority, ovladatelnosti kosmických lodí, nespočet fotografií a zkušenosti z průběhů kosmických letů. Program si svými úspěchy získal velkou podporu obyvatelstva a přispěl k úspěšnému přistání posádky Apollo 11 na Měsíci.

1.3.2 PROGRAM GEMINI

Paralelně s programem Mercury a Apollo probíhal program pilotovaných letů s označením Gemini. Jednalo se v pořadí o druhý americký vesmírný program pilotovaných letů v období mezi lety 1961 a 1966. Cílem tohoto programu byl nácvik operací nezbytných pro let a přistání na Měsíci. Jednalo se zejména o nácvik manévrování ve vesmíru nebo dlouhodobý let vícečlenné posádky. Hlavním úkolem byl ovšem nácvik setkávání a vzájemná koordinace dvou těles na oběžné dráze.



Obrázek 21: Logo programu Gemini.^[29]

Pro dopravu astronautů na oběžnou dráhu kolem Země bylo využíváno nosné rakety Titan 2 GLV, která byla užívána pouze v rámci tohoto programu. Raketa byla vybavena systémem pro detekci závad, který byl propojen přímo s pilotní kabinou. Druhý stupeň

²⁰ Virgil Ivan „Gus“ Grissom (3. dubna 1926 – 27. ledna 1967) byl americký astronaut, který se aktivně podílel na programech Mercury, Gemini a Apollo. Tragicky zahynul v roce 1967 při požáru na palubě Apollo 1.

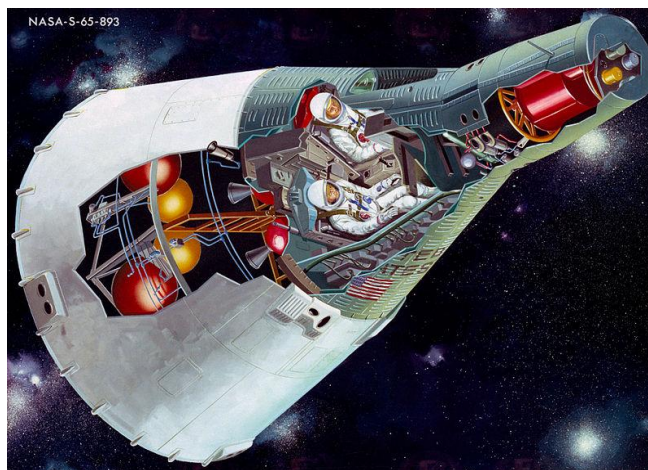
²¹ John Herschel Glenn Jr. (18. července 1921) byl americký astronaut, letec a následně politik. Byl prvním Američanem, který se dostal na oběžnou dráhu Země. V roce 1998 se účastnil mise STS-95 raketoplánu Discovery a stal se ve věku 77 let nejstarším astronautem na světě.

rakety Titan 2, označovaný Agena (dále jen ATV – Agena Target Vehicle), byl vybaven spojovacím zařízením, které umožnilo spojení s kosmickou lodí řízenou astronauty.

Popis kosmické lodi

Velký technologický pokrok získala také kosmická loď, která byla zkonstruována firmou McDonnell Aircraft Corporation. Kosmická loď kuželovitého tvaru měla na výšku 5,61 m a skládala se ze tří částí: přístrojová sekce, brzdící sekce a návratový modul.

Posádka se při letu musela vtěsnat do návratového modulu. O přísun elektrické energie a kyslíku se starala přístrojová sekce. Brzdící sekce byla vybavena manévrovacími tryskami k úpravě oběžné dráhy a brzdícími raketami, které sloužily k zahájení sestupu do atmosféry.



Obrázek 22: Řez kosmické lodi Gemini.^[29]

Pilotní kabina dostala od programu

Mercury také spousty změn. Do lodi byl nainstalován naváděcí systém, který tak nahradil logaritmické pravítko a znalosti astronautů z astronomie. Nicméně tyto znalosti astronauti využívali pro kontrolu i při letech v rámci programu Apollo.

Zajímavostí je, že tato loď nedisponovala věží, jako to bylo běžné u lodí v programu Mercury nebo Apollo. Únikový systém v případě poruchy při startu rakety byl řešen pomocí vystřelovacích křesel. V kosmické lodi tak nebyl jeden, nýbrž dva vstupní otvory, kterými by v případě nehody byli astronauti zachráněni.

Kosmická loď byla vybavena na přídí spojovacím zařízením pro spojení s ATV. To bylo vypuštěno na oběžnou dráhu vždy před startem lodi. Loď byla dále vybavena úchyty pro výstup do volného prostoru. Kabina byla vybavena orientačními tryskami, které sloužily pro řízení lodi ve vesmíru.

Přípravné a pilotované lety

První dva lety byly nepilotované a sloužily k testování kosmické lodi Gemini. Následovalo deset pilotovaných letů, při kterých bylo do vesmíru vyneseno celkem 16 astronautů.

Označení mise	Kapitán	Pilot	Datum mise	Doba letu
Gemini 1	Nepilotovaný let		8. - 12. 4. 1964	3d 23h
Úkolem bylo ověření funkčnosti lodi na oběžné dráze kolem Země. Loď nesla přístrojové vybavení, které odesílalo údaje při startu a během letu na orbitě. Loď nebyla vybavena přistávacím zařízením. Po vstupu do atmosféry byla zničena.				
Gemini 2	Nepilotovaný let		19. 1. 1965	18m 16s
Krátký suborbitální let, který měl za cíl otestovat tepelný štít při návratu do atmosféry.				
Gemini 3	Grissom	Young	23. 3. 1965	4h 52m 31s
První pilotovaný let v rámci programu Gemini. Posádka učinila 3 oběhy kolem Země. Astronauti vyzkoušeli nové motory nainstalované na lodi a poprvé ve vesmíru změnili svou oběžnou dráhu. Astronauti také snědli sendvič s naloženým hovězím, který Young propašoval na palubu.				
Gemini 4	McDivitt	White	3. - 7. 6. 1965	4d 1h 56m 12s
Během letu se stal White prvním Američanem, který vstoupil do volného prostoru (EVA). Během EVA strávil White ve volném prostoru 22 minut. Bylo provedeno několik vědeckých experimentů. Neúspěchem skončil pokus o těsné přiblížení k ATV.				
Gemini 5	Cooper	Conrad	21. - 29. 8. 1965	7d 22h 55m 14s
Na loď byly nainstalovány nové palivové články, které umožnily pobyt ve vesmíru v délce téměř 8 dní. Provedla se řada vědeckých experimentů. Bylo vykonáno 120 oběhů kolem Země. Poprvé byl vyzkoušen navigační systém pro budoucí spojování lodí na oběžné dráze.				
Gemini 7	Borman	Lovell	4. - 18. 12. 1965	13d 18h 35m 01s
Dlouhodobý let trvající téměř 14 dní. Zkoumání vlivu dlouhodobého letu ve vesmíru na lidský organismus. Přiblížení se k lodi Gemini 6A na vzdálenost 30 cm.				
Gemini 6A	Schirra	Stafford	15. - 16. 12. 1965	1d 1h 51m 24s
První přiblížení dvou kosmických lodí na oběžné dráze kolem Země s lodí Gemini 7. Astronauti si na vzdálenost 30 cm zamávali. Neměli k dispozici spojovací zařízení, které by umožnilo plavidla spojit. Přejmenování mise bylo v důsledku havárie nosné rakety Titan, která měla vynést do kosmu upravený stupeň ATV. Po naléhání astronautů na vedení NASA bylo odsouhlaseno vzájemné přiblížení s lodí Gemini 7.				
Gemini 8	Armstrong	Scott	16. 3. 1966	10h 41m 26s
První spojení s ATV. Tělesa začala po chvíli nebezpečně rotovat a let musel být předčasně ukončen. Po odpojení došlo k prvnímu nouzovému přistání v rámci vesmírných programů NASA.				
Gemini 9	Stafford	Cernan	3. - 6. 6. 1966	3d 0h 20m 50s
Původní hlavní posádka (Elliott See, Charles Basset) zahynula při letecké havárii. Záložní posádka měla za cíl setkání s ATV, které se ale nepodařilo dopravit na oběžnou dráhu v důsledku havárie. Urychleně byla vyslána bezpilotní loď Gemini 9A. Přiblížení proběhlo hladce, ale z Gemini 9A neodpadl aerodynamický kryt, který tak znemožňoval spojení. Na palubě Gemini 9 byl k dispozici tzv. raketový batoh (AMU), který měl astronautům ulehčit pohyb ve vesmíru. Byl umístěn z vnějšku kabiny. Příčinou nedostatku úchyty se k němu Cernan nemohl dlouho dostat. Po úspěšném získání AMU musel Cernan přepojit přívod elektřiny a kyslíku na zdroje AMU. V důsledku vyčerpání a silně zamlženého průzoru přilby se po 128 minutách ve volném prostoru Cernan vrátil do lodí. Plán letu byl neúspěšný, nicméně přinesl další				

poznatky, bez kterých by nešly provádět operace ve volném prostoru. Jednalo se zejména o úchyty zajišťující astronauta při pohybu ve volném prostoru.

Gemini 10	Young	Collins	18. - 21. 7. 1966	2d 22h 46m 39s
-----------	-------	---------	-------------------	----------------

Spojení s vlastním stupněm ATV a následná zkouška motorů k úpravě své oběžné dráhy kolem Země k dopravení se k ATV, které bylo zanecháno na oběžné dráze kolem Země, Gemini 8. Collins dokonce při výstupu do volného prostoru dokázal přejít na cizí těleso v podobě ATV.

Gemini 11	Conrad	Gordon	12. - 15. 9. 1966	2d 23h 17m 09s
-----------	--------	--------	-------------------	----------------

Už po 85 minutách od startu bylo zaznamenáno úspěšné spojení s ATV. Po návratu astronautů na nižší oběžnou dráhu Země nechala posádka obě tělesa rotovat kolem společného těžiště. Byla tak získaná slabá umělá gravitace.

Gemini 12	Lovell	Aldrin	11. - 15. 11. 1966	3d 22h 34m 31s
-----------	--------	--------	--------------------	----------------

Ověřování postupů prováděné v rámci programu Apollo. Spojování, rozpojování a manévrování s ATV. Kabina byla vybavena dodatečnými úchyty, Aldrin tak mohl strávit ve volném prostoru téměř dvě a půl hodiny. Provedl řadu úkonů, které dokázaly, že astronaut je schopen plnit užitečné úkoly mimo loď.

Aldrin mimo jiné odmontoval z vnějšku lodi zařízení pro záchyt mikrometeoritů. Později bylo zařízení analyzováno, zda neobsahuje známky organismů schopných přežít v kosmu.

Tabulka 8: Seznam pilotovaných letů v rámci programu Gemini.

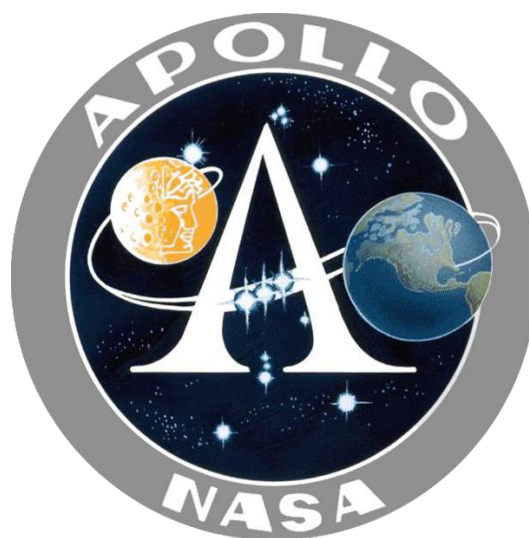
Přesto, že měl program Gemini úspěchy, bývá veřejností opomíjen. Věhlasem se nemohl vyrovnat programu Mercury, který vynesl prvního Američana do vesmíru. Otestoval ale možnosti dlouhodobého pobytu astronautů ve vesmíru, výstup mimo kosmickou loď, manévrování a spojování se s jinou lodí. Zvláště nácvik spojování dvou lodí ve vesmíru se ukázal jako klíčové, jelikož v programu Apollo bylo nutné při cestě na Měsíc provést spojení velitelského a lunárního modulu.

1.4 PROGRAM APOLLO

„Je to malý krůček pro člověka. Velký skok pro lidstvo.“^[1]

Bylo to národní úsilí, které umožnilo astronautovi Neilovi Armstrongovi vyslovit tato slova, jakmile vstoupil na povrch Měsíce.

Došlápnout lidskou nohou na povrch Měsíce ale nebylo jediným cílem programu Apollo. V sázce byla také prestiž Spojených států, výzkum nových technologií umožňující splnění



Obrázek 23: Logo programu Apollo.^[31]

národních zájmů ve vesmíru, provádění vědeckých experimentů nebo rozvíjení schopností člověka pracovat v lunárním prostředí. Program Apollo přinesl člověku během jedenácti let ohromný technologický rozvoj, nicméně cesta k tomuto obrovskému úspěchu nebyla dlážděná, ale mnohdy trnitá a svízelná.

1.4.1 SVÍZELNÁ CESTA K MĚSÍCI

V roce 1961 se po schválení programu Apollo objevila otázka, jakým způsobem kosmická loď doletí a přistane na Měsíci. Existovaly celkem čtyři návrhy průběhu letu, které se podstatně lišily ve svém provedení, technologické náročnosti i bezpečnosti.

Lunar Surface Rendezvous (Setkání na povrchu Měsíce)

Tato metoda počítala s vysláním dvou raket v relativně blízkém čase na velice blízké dráhy. První raketa by plnila funkci zásobovací stanice, která by přistála na povrchu Měsíce. Za touto raketou by se vydala druhá, která by dopravila astronauty k Měsíci. Po přistání by astronauti provedli přečerpání paliva a vrátili by se zpět na Zemi.

Riziko přečerpávání paliva na Měsíci s sebou ale přinášelo nebezpečí exploze, ke které by mohlo během přečerpávání dojít. V roce 1961 také nikdo nemohl zaručit, že dvě rakety velikosti Saturnu V bude možno vyslat v relativně krátkém čase na relativně blízké dráhy. Proto byl tento návrh vedením NASA zamítnut.

Direct Ascent (Přímý let)

V roce 1961 byl přímý let variantou, která měla největší podporu u vedení NASA. Měla být využita nově vyvíjená superraketa Nova, která byla v témž roce ve fázi vývoje a s jejím praktickým využitím se počítalo až po roce 1970, což bylo vzhledem ke Kennedyho termínu nepřijatelné. Nova by se vypravila přímo k Měsíci, kde by její dva horní stupně s kosmickou lodí přistály. V této fázi letu by raketa disponovala dostatkem paliva pro návrat na Zemi.

Výhodou takového letu by byla absence setkavicích a spojovacích manévrů, které budily začátkem 60. let velké obavy. Na druhé straně by vyslání jedné superrakety znamenalo nutnost použití většího množství paliva než u ostatních uvažovaných variant letu. Při přistání na Měsíci by měla dvoustupňová raketa s kosmickou lodí výšku minimálně 20 metrů. To by znamenalo špatnou ovladatelnost lodi při přistání. Výstup astronautů na povrch Měsíce by byl také znemožněn.

Earth Orbit Rendezvous (Setkání na oběžné dráze kolem Země)

Při této variantě letu se předpokládalo s vypuštěním dvou raket velikosti Saturn V v relativně blízké době a na relativně blízké dráhy. První raketa by představovala obrovské pohonné těleso, které by využila posádka kosmické lodi vynesena druhou raketou. Na oběžné dráze kolem Země by došlo ke spojení pohonného tělesa a kosmické lodi za účelem dotankování pohonných hmot potřebných na cestu k Měsíci a zpět na Zemi.

V roce 1961 nemohl nikdo zaručit vyslání dvou raket velikosti Saturnu V za tak krátký čas. Vyskytl se také problém s přečerpáváním pohonných hmot ve vesmíru, které byly vysoce explozivní. Spojování lodí nebylo taktéž vyzkoušené. První úspěšné spojení dvou kosmických těles se uskutečnilo až v roce 1966 v rámci mise Gemini 8. V roce 1961 měly Spojené státy za sebou pouze dva pilotované lety do vesmíru, které trvaly zhruba 15 minut. Naproti všem těmto nedostatkům a rizikům propagoval Wernher von Braun tuto variantu letu.

Lunar Orbit Rendezvous (Setkání na oběžné dráze kolem Měsíce)

Poslední uvažovaná metoda letu přinášela zvýšená rizika pro posádku z důvodu letových manévřů astronautů, kteří by museli provést spojení kosmických lodí na oběžné dráze kolem Měsíce. Nicméně nároky na velikost lunárního modulu by se výrazně snížily. Také by nemusely být přečerpávány pohonné látky, které by mohly explodovat. Na celou misi by stačila pouze třístupňová raketa velikosti Saturnu V, která by udělila kosmické lodi dostatečnou rychlost pro cestu na Měsíc. Po navedení na oběžnou dráhu kolem Měsíce by se dva astronauti v lunárním modulu odpojili od velitelského modulu, kde by setrval jeden z astronautů, a přistáli by na Měsíci. Po návratu astronautů z Měsíce měl být lunární modul spojen s velitelským a posléze odhozen. Astronauti by se vraceli na Zemi ve velitelském modulu.

Houboltova bitva

S myšlenkou spojování na oběžné dráze kolem Měsíce přišel v roce 1960 John C. Houbolt²², který se stal propagátorem spojování lodí ve vesmíru. Jeho myšlenka

²² John C. Houbolt (10. dubna 1919 – 15. dubna 2014) byl americký letecký inženýr a přední zastánce metody setkání na oběžné dráze kolem Měsíce. Díky jeho návrhu zachránil Kennedyho termín a umožnil tím přistání prvního člověka na Měsíci před koncem desetiletí.

byla poprvé představena Vědeckému poradnímu výboru vojenského letectva v Pentagonu v listopadu 1960, ale byla zamítnuta. V prosinci 1960 byla Houboltova vize představena odborníkům ze Space Task Group²³, ale byla opět zamítnuta.

V roce 1961 nebylo stále rozhodnuto, jak se Spojené státy k Měsíci vypraví. STG navrhlo prověřit Houboltovy výpočty na počítači. Ukázalo se, že technika setkávání se v blízkosti Měsíce je výhodnější, snazší a rychlejší než ostatní návrhy. Houboltův návrh však narazil u J. E. Webba, který prosazoval spojování lodí na oběžné dráze kolem Země. Po politické bitvě Houbolt v listopadu 1961 napsal velice ostrý dopis R. Seamansovi, který v té době působil jako náměstek ředitele NASA.

„Vím, že nyní vystupuji z řady. Vím, že za napsání tohoto dopisu mohu být i propuštěn. Myslím si ale, že obrácení Vaší pozornosti k tomuto tématu je natolik důležité, že jsem ochoten riskovat svou kariéru.“ Houbolt, 1961^[7]

Houbolt získal na svou stranu silného spojence, který začal propagovat jeho myšlenku nejvyššímu vedení NASA. Dne 7. června 1962 se sešli členové Střediska pilotovaných letů z Houstonu společně s Houboltem na poradu ve Washingtonu. Byla předložena studie prokazující výhody setkávání u Měsíce, jejímž autorem byl Houbolt, a také studie setkávání na oběžné dráze kolem Země, kterou prosazoval Wernher von Braun. Po všech prezentacích přednesených toho dne rozhodl Wernher von Braun ve prospěch Houbolta.

„Jsem na svou skupinu opravdu hrdý. Byla to úžasná prezentace, vše bylo velice pečlivě zváženo. Musím Vám ale říci, že to není to, co se chystám doporučit. Doporučím, abychom zvolili spojování lodí na oběžné dráze kolem Měsíce.“ Wernher von Braun, 1962^[8]

Tímto překvapivým rozhodnutím, které nečekal ani jeho vlastní tým zabývající se myšlenkou spojování lodí na oběžné dráze kolem Země, bylo rozhodnuto o průběhu mise. Toto brzké rozhodnutí mělo zásadní vliv na vývoj lunárního modulu, jelikož do této chvíle nebylo možné říci, jak bude lunární modul vypadat a jaké bude mít technické požadavky.

²³ STG (Space Task Group) byla pracovní skupina inženýrů NASA vytvořená v roce 1958 podílející se na programu Mercury a Gemini.

1.4.2 APOLLO 1 – SMRT NA POČÁTKU CESTY

„Pokud zahyneme, netruchlete pro nás. Máme riskantní povolání a tahle rizika na sebe bereme. Vesmírný program je pro tuto zemi příliš důležitý, než aby se nadmíru zdržel, pokud by někdy došlo k neštěstí.“ – G. Grissom v rozhovoru tři týdny před požárem na palubě Apolla 1.^[9]

Ze strachu ze sovětského prvenství dobytí Měsíce byl v prvopočátcích program Apollo uspěchaný.

Když dne 27. ledna 1967 posádka Apolla 1 usedla do velitelského modulu na vrcholu rakety Saturn IB ke cvičnému startu, byla si vědoma faktu, že velitelský modul obsahuje řadu konstrukčních nedostatků.

Ve velitelském modulu se nacházela celá řada hořlavých materiálů, jako je nylon, který byl použit pro výrobu suchého zipu. Také nebyla dořešena elektroinstalace. Elektrické kabely nebyly uchyceny a jejich izolace byla řešena izolační páskou. Po elektroinstalaci se také běžně šlapalo, což způsobovalo poškození izolace kabelů. Ani posádka Apolla 1 nebyla s konstrukcí spokojena, jak naznačuje obr. 23.



Obrázek 24: Posádka Apolla 1 vyjadřuje své obavy z konstrukce velitelského modulu. Fotografie byla pořízena 9. srpna 1966, tedy půl roku před požárem na palubě Apolla 1.^[35]



Obrázek 25: Dvojitý systém dveří u kosmické lodi Apolla 1.^[35]

O těchto nedokonalostech vědělo vedení NASA několik měsíců před tragédií a požadovalo po výrobci velitelského modulu, North American Aviation, nápravu. To by ale znamenalo výrazné zpoždění dodávky uspokojivého velitelského modulu. Proto NASA rozhodla označit tyto nedostatky za *uspokojivé*, aby nebyl ohrožen termín vytyčený J. F. Kennedym.

Dalším nevyhovujícím prvkem byl vstupní průlez, který znemožňoval případnou evakuaci posádky. Vstupní průlez se skládal ze dvou dílů, jelikož loď měla dvojitý plášť. Vnitřní díl se otevíral směrem do kabiny, vnější díl směrem ven z kabiny. Poklopy byly dále uzavřeny v aerodynamickém krytu. Celkové otevření dveří tak trvalo více jak 90 sekund.

Tento složitý systém uzavírání byl zapříčiněn nehodou ze dne 21. července 1961, kdy se shodou okolností Grissom málem utopil po náhlém otevření únikového poklopu. Konstrukteři chtěli zabránit neočekávanému otevření poklopu při přistání nebo při samotném letu v kosmickém prostoru.

V den testování startu astronauti neustále komunikovali s řídicím centrem, ale spojení nebylo dokonalé. Velice často místo zvuku slyšeli ve svých sluchátkách pouze chrčení. Jedenáct minut před simulovaným startem bylo testování pozastaveno a tým spojařů se snažil problém vyřešit.

V tu chvíli byla atmosféra kabiny tvořena čistým kyslíkem s tlakem 111 kPa, který měl odhalit netěsnosti kabiny. V důsledku zkratu v elektroinstalaci vzplanul čistý kyslík. Následovalo náhlé zvýšení teploty a tlaku v kabině, který byl na hodnotě 275 % tlaku atmosférického. Takovýto tlak znemožňoval otevření vnitřních dveří.



Obrázek 26: Kabina Apolla 1 po požáru.^[35]

Záchranné týmy v tu dobu nebyly připraveny, jelikož pohotovost protipožárních čet byla pouze v době, kdy bylo v nosiči natankované palivo. Necelých 11 sekund byl slyšet křik astronautů z velitelského modulu, poté bylo spojení přerušeno.

Po několika minutách praskl v důsledku přetlaku vnější plášť kabiny a plameny se dostaly ven z modulu. Startovací rampa byla okamžitě zahalena dýmem a záchranné týmy, které nebyly vybaveny dýchacími maskami, byly evakuovány do bezpečí, aby jim byla poskytnuta první pomoc. Po sedmi hodinách ochladl plášť na dostatečně nízkou teplotu, aby se technikům podařilo otevřít poklop lodi. Byla vytažena pouze zuhelnatěná těla astronautů, kteří se zadusili během několika sekund kouřem.

„Víte, řekl bych, že člověk se spíš smíří se ztrátou přítele za letu, ale ztratit je při nějakém pozemním testu, to vážně bolelo. Byla to vlastně obžaloba nás ostatních. Tím myslím, že jsme prostě někde udělali chybu.“ Neil Armstrong, 2001^[10]

Po této tragédii byly veškeré další mise Apollo zastaveny a bylo nařízeno vyšetřování nehody. Do čela vyšetřovací komise se postavil astronaut F. F. Borman²⁴. Vyšetřovatelé zjistili, že program Apollo byl tak uspěchaný, že k velitelskému modulu neexistovala ani kompletní technická dokumentace. Vyšetřování také prokázalo nedostatečně chráněnou elektroinstalaci a velké množství hořlavého materiálu v konstrukci velitelského modulu. Bylo tedy nutné razantní přepracování konstrukce modulu včetně vstupního průlezu.

Novinkou nového modulu bylo otevírání průlezu pouze směrem ven z lodi. Do modulu byla také přidána podlaha, aby bylo zajištěno, že se po kabelech nebude moci chodit. Atmosféra kabiny byla nově tvořena z 60 % dusíkem a 40 % kyslíkem. Tento velký pokrok se podařil během 18 měsíců. Dalo by se říci, že tato nehoda celému programu prospěla, jelikož se přišlo na nespočet závažných poruch, které by v budoucnu mohly způsobit mnoho dalších nehod.

„Katastrofa, k níž došlo na Kennedyho mysu 27. ledna 1967, je tragédií nejenom pro Spojené státy. Žal amerického lidu sdílají národy všech zemí. Kosmonauti jsou v jistém smyslu vyslanci celé Země, všeho lidstva ve vesmíru bez hranic, bez ohledu na to, ze které země vzlétli.“ Tisková zpráva sovětského velvyslanectví, 1. února 1967.^[11]

1.4.3 PODIVUHODNÉ ČÍSLOVÁNÍ MISÍ APOLLO

Před tragédií Apolla 1 se uskutečnilo deset bezpilotních testů rakety Saturn I a následně tři bezpilotní testy rakety Saturn IB v rámci programu Apollo. Saturn I se využíval zejména k testování nosné rakety a vynášel do vesmíru pouze makety kosmické lodi Apollo. Následovaly lety AS-201, AS-203 a AS-202, které využívaly nosné rakety Saturn IB. Během těchto tří letů už byla využívána funkční kosmická loď Apollo.

Lety AS-201, AS-203 a AS-202

První bezpilotní let rakety Saturn IB se uskutečnil 26. února 1966. Mise AS-201 měla za úkol prověřit nosnou raketu a fungování CSM (velitelský a servisní modul). Během tohoto letu se projevilo nesprávné fungování mnoha systémů CSM a zkratech v elektroinstalaci CM (velitelský modul), který se nedal ovládat při návratu do atmosféry.

²⁴ Frank Frederick Borman (14. března 1928) je americký astronaut, který se podílel na programu Gemini a Apollo. Účastnil se misí Gemini 7 a Apollo 8. V rámci letu Apollo 8 se stal společně s J. Lovellem a W. Andersem prvním člověkem, který překonal druhou kosmickou rychlost.

Zpožděním dodávky kosmické lodi Apollo následovala 5. července 1966 mise AS-203. Hlavním cílem bylo ověřit funkčnost druhého stupně rakety Saturn IB ve stavu beztláče, jelikož měl být tento stupeň využit při pilotovaných letech k Měsíci. Celkem 83 senzorů a 2 kamery byly umístěny do nádrže druhého stupně, aby bylo možné zjistit chování pohonných látek ve stavu beztláče. V závěru mise byl druhý stupeň na oběžné dráze kolem Země příčinou vysokého tlaku zničen. Mise byla označena za úspěšnou, jelikož byla nádrž druhého stupně záměrně natlakována na hodnotu, kterou nemohl druhý stupeň vydržet. To přineslo vývojářům informace o limitech maximálního možného namáhání druhého stupně.

O necelé dva měsíce později, 25. srpna 1966, odstartovala raketa Saturn IB k misi AS-202. Třetí let Saturnu IB měl obdobné cíle jako předešlý let, ale s náročnějším průběhem. Byly vykonány čtyři zážehy CMS, z nichž první trval 215 sekund. Při misi AS-201 byly vykonány pouze dva zážehy, z nichž nejdelší trval 184 sekund. Pro ověření funkčnosti okamžitého restartu motoru CSM trvaly poslední dva zážehy tři sekundy a byly provedeny v desetisekundovém intervalu. Tyto krátké restarty motorů se později využívaly ke korekci dráhy CSM.

Zvláštnosti v číslování misí Apollo

Po tragédii Apolla 1 následoval 9. listopadu 1967 let Apolla 4. Toto nejasné číslování bylo způsobeno v prvopočátcích programu Apollo. Astronauti přišli s návrhem, aby označení Apollo 1 dostala už mise AS-201, nicméně NASA chtěla toto pojmenování udělit prvnímu pilotovanému letu. Po požáru na palubě Apolla 1 měla být vyslána další pilotovaná loď, která měla nést totožné označení. Na žádost vdov astronautů ale nebyl žádný další let takto označen. V roce 1967 bylo NASA navrženo přejmenování misí AS-201, AS-202 a AS-203 na Apollo 1A, 2 a 3. K tomuto přejmenování už ale nedošlo a 9. listopadu 1967 byla vyslána do vesmíru bezpilotní loď Apollo 4.

1.4.4 APOLLO 4 AŽ 6

První bezpilotní zkouška rakety Saturn V proběhla v rámci mise Apollo 4, která byla uskutečněna 9. listopadu 1967. Úkolem bylo otestovat tepelný štít velitelského modulu při vstupu do atmosféry druhou kosmickou rychlostí. Jedná se o rychlost, kterou má kosmická loď při návratu z Měsíce na Zemi. Saturn V také vynesl do kosmického prostoru

maketu lunárního modulu. Po tomto veleúspěšném letu, při kterém se objevilo pouze pár drobných závad, následoval let Apollo 5.

Dne 22. ledna 1968 odstartovala bezpilotní loď Apollo 5 pomocí nosné rakety Saturn IB. Cílem této mise bylo otestovat nově vyvinutý lunární modul od společnosti Grumman. Tento modul byl identický lunárnímu modulu, který měl být využit při přistání na Měsíci. Po úspěšném testování bylo rozhodnuto přerušit bezpilotní testování lunárního modulu a zahájit lety s lidskou posádkou.

Posledním bezpilotním testem v rámci programu Apollo byla mise Apollo 6. Dne 4. dubna 1968 odstartovala raketa Saturn V s cílem simulovat oblet Měsíce a následně otestovat tepelný štít velitelského modulu při návratu do atmosféry druhou kosmickou rychlostí. Během startu se objevila porucha na všech motorech druhého stupně, což mělo za následek jejich předčasné vypnutí. O urychlení Apolla 6 se postaral motor třetího stupně, který ale musel hořet déle a spotřeboval tak více paliva, než bylo plánováno. Díky této poruše nebylo dosaženo při návratu velitelského modulu na Zemi druhé kosmické rychlosti. Velitelský modul se v pořádku vrátil po necelých deseti hodinách letu na Zemi.

I přes tento neúspěch bylo rozhodnuto přejít k pilotovaným letům, jelikož by byl ohrožen Kennedyho termín, nehledě na finanční náročnost jediného startu Saturnu V.

1.4.5 APOLLO 7 AŽ 8

Obavy ze sovětského úspěchu

Spojené státy byly v roce 1968 nuceny přistoupit k pilotovaným letům a nácvikům operací ve vesmíru, které byly nezbytné pro úspěšné přistání na Měsíci. K takovému kroku vedly Spojené státy zejména informace o pokroku sovětského vesmírného programu. Dne 21. března 1968 otiskl týdeník New Scientist článek britského astronautického odborníka Kennetha W. Gatlanda, ve kterém píše:

„Důkazy o sovětských možnostech v pilotovaných letech vzrostly od roku 1966, od madridského kongresu Mezinárodní astronautické federace, kde obíhaly pověsti o superraketě větší než americký Saturn V. Nejprve tomu byla věnována malá pozornost, ale krátce na to dr. James E. Webb, ředitel NASA, informoval kongresový výbor pro astronautiku ve Washingtonu, že nová sovětská raketa má mít tažnou sílu přes 10 miliónů

liber. Je to důvěryhodná informace, neboť byla získána z vysoce přesných fotografií pořízených americkými průzkumnými družicemi nad kosmodromem Tjuratam-Bajkonur, nedaleko severovýchodního okraje Aralského jezera v Kazachstánu, kde se po celé minulé čtyři roky intenzivně připravovalo startovací místo... V každém případě se dr. Webb domnívá, že nový sovětský nosič se objeví během roku 1968 nebo krátce po něm. První letové zkoušky budou zřejmě nepilotované, jako při vývoji Saturnu V... „^[12]

Nejistotu v úspěch programu Apollo přinášely sovětské úspěchy v podobě vypuštění nepilotované lodi Sojuz 2 a Sojuz 3, které se dokázaly vzájemně přiblížit 28. října 1968 na vzdálenost 200 metrů. Nicméně ve srovnání s programem Gemini byl Sovětský svaz více jak 3 roky za Spojenými státy, jelikož posádka Gemini 8 dokázala spojit dvě kosmická tělesa už začátkem roku 1966.

Sovětské nepilotované programy přinášely také úspěchy, zvláště pak program Zond. Bezpilotní kosmická loď Zond 5 dokázala v září 1968 úspěšně obletět Měsíc s biologickými vzorky na palubě. Všechny tyto úspěchy Sovětského svazu byly podnětem pro urychlení programu Apollo.

Domácí problémy Spojených států

Spojené státy tížily domácí problémy v podobě odezvy na Vietnamskou válku, která vypukla v roce 1955 a neustále vyčerpávala státní rozpočet. Také veřejná důvěra ve vládu Spojených států byla touto válkou otřesena, když stále více mladých mužů bylo posíláno do války. Koncem roku 1967 se jednalo o 463 000 vojáků ve věku od 18 do 19 let. Před Bílým domem se tak konaly desetitisícové demonstrace na protest proti této válce.

Další problém nastal v Kongresu, který nabyl dojmu, že Sověti se v boji o Měsíc dostali do popředí a na program Apollo by bylo zbytečné vydávat další peníze. To způsobilo škrty na výrobu rakety Saturn V pro rok 1973 a zastavení výzkumu nukleárního pohonu. Na protest proti těmto škrtnům odstoupil v roce 1968 z pozice šéfa NASA J. E. Webb.

Apollo 7

Mise Apollo 7 byla prvním pilotovaným letem do vesmíru v rámci programu Apollo. Dne 11. října 1968 byla vyslána tříčlenná posádka ve složení W. M. Schirra, D. F. Eisele a W. Cunningham na oběžnou dráhu kolem Země. Na tento téměř jedenáctidenní let vyslala posádka Apolla 7 raketa Saturn IB, která se používala k dopravení astronautů na oběžnou

dráhu kolem Země, namísto rakety Saturn V, která byla určena k dopravě lidí na Měsíc. Ve velitelském modulu se nacházel pilot lunárního modulu W. Cunningham, ačkoliv z důvodu zpoždění výroby nebyl lunární modul posádce k dispozici.

Mezi hlavní úkoly posádky patřilo prověření funkčnosti CSM včetně 29 orientačních trysek namontovaných na CSM. Ačkoliv se ukázala bezproblémová funkčnost kosmické lodi, objevily se u posádky zdravotní potíže. Krátce po startu vypukla u Schirra chřipka, která se přenesla na zbytek posádky.

„V normálním stavu na Zemi má hlen tendenci vytékat z nosních dírek, ale ve stavu bez tíže se v nich úporně drží. Bylo to hodně těžké, měli jsme strach z protržení ušních bubínků při náhlé změně tlaku při přistání.“ W. Schirra^[13]

Tyto zdravotní potíže vedly k podrážděnosti, která vyústila v neustálé hádky posádky s řídicím centrem. Schirra dokonce některé testy nazval jako *idiotské*. Astronauti také nebyli nadšeni z přítomnosti televizní kamery, díky které se stal let Apolla 7 prvním letem do vesmíru, při kterém se přenášel živý přenos na Zemi. Slayton, muž zodpovědný za výběr posádek v rámci letů programu Apollo, později celý průběh letu charakterizoval jako *první vesmírnou válku* a díky svému neprofesionálnímu jednání se žádný z těchto astronautů do vesmíru již nepodíval.

Apollo 8

V rámci urychlení vesmírného programu bylo rozhodnuto, že posádka Apolla 8 ve složení F. Borman, J. Lovell a W. Anders stráví šťedří den na oběžné dráze kolem Měsíce. Na palubě se opět nenacházel lunární modul, který stále nebyl připraven k letu. Nicméně 24. prosince 1968 získaly Spojené další prvenství – první lidé obletěli Měsíc.

„Měsíc je úplně šedivý. Žádná barva. Vypadá jako ze sádry anebo z nějakého našedlého písku. Vidíme dost podrobností. Moře plodnosti není tak výrazné jako při pohledu ze Země. Krátery jsou zaoblené, vypadají – zvláště ty kulaté – jako by byly vytvořeny po nárazu meteoritu či jiného tělesa.“ J. Lovell^[14]

„Každý z nás vidíme Měsíc trochu jinak. Na mne působí jako širá opuštěná mrtvá rozloha ničeho, připomínající spíše moře pemzy. Není to příliš pohostinné místo pro život či práci.“ F. Borman^[15]

„Obzor je ostře ohraničen. Nebe je naprosto černé a Měsíc je velmi jasný.“ W. Anders^[16]

Poprvé byla prověřena trasa k Měsíci, zejména její bezpečnost vzhledem k přítomnosti radiačních pásů, kterými astronauti několikrát proletěli. Nepříjemností byla pouze chřipka, kterou posádka Apolla 8 při letu k Měsíci dostala, nicméně i tuto peripetii astronauti zvládli. Odborníci tento let z technického hlediska označili za spolehlivý na 99,999 99 %, když se pouze na pěti z celkového počtu pěti miliónů součástek objevily závady, které však neohrožovaly misi.

Spojené státy ale mohly o své prvenství přijít, jelikož oblet Měsíce byl také cílem Sovětského svazu. Ten měl výhodu v podobě startovacího okna, které se nad Bajkonurem otevírá o několik dní dříve než nad Floridou. Podle zpravodajských informací se sovětský kosmonaut Beljajev přemístil 26. listopadu 1968 na Bajkonur. Raketa Proton-U ale byla před startem odvezena z rampy pomocí speciálního vlaku. Při startu 4. ledna 1969 raketa explodovala a bylo usouzeno, že se jednalo pouze o další bezpilotní test.

1.4.6 APOLLO 9 AŽ 10

Po zvládnutí pilotáže na oběžnou dráhu kolem Měsíce zbýval učinit poslední krok k přistání na Měsíci – otestovat lunární modul ve vesmíru. Stalo se tak během misí Apollo 9 a 10. Lunární modul byl nejprve otestován na oběžné dráze kolem Země posádkou Apolla 9 a následně se posádka Apolla 10 přiblížila v lunárním modulu k povrchu Měsíce na vzdálenost 15 km.



Obrázek 27: Lunární modul s volacím znakem *Spider* během letu Apolla 9.^[36]

Apollo 9

První kompletní sestava lodi Apollo vzlétla 3. března 1969 v rámci mise Apollo 9. Úkolem posádky ve složení J. McDivitt, D. Scott a R. Schweickart bylo prověření lunárního modulu ve stavu beztíže na oběžné dráze kolem Země. Vzhledem k tomu, že se kosmická loď měla během letu rozdělit na dvě, bylo astronautům umožněno pojmenovat volacími znaky CSM a LM. Lunární modul dostal volací znak *spider* (*pavouk*), kterému byl lunární modul podobný (obr. 26). CSM dostalo volací znak *Gumdrop* (*želé bonbón*). Toto pojmenování astronauty napadlo v době, kdy CSM dorazil do Kennedyho vesmírného centra zabalený v modrém celofánu.

Let Apolla 9 důkladně prověřil obě lodi na oběžné dráze kolem Země. V jeden okamžik se LM a CSM od sebe vzdálily dokonce na 179 km. Pilot LM také využil při pilotování oba jeho motory, tedy přistávací i vzletový. Během letu byl také uskutečněn první výstup do vesmíru v rámci programu Apollo pro otestování nového typu skafandru.

Apollo 10

Dne 18. května 1969 odstartovala posádka Apolla 10 k Měsíci. Posádku tvořili astronauti T. P. Stafford, J. W. Young a E. A. Cernan. Ti otestovali lunární modul s volacím znakem Snooply nad povrchem Měsíce. Jednalo se o poslední generální zkoušku před výstupem člověka na Měsíc. Po navedení CSM, volací znak Charlie Brown, na oběžnou dráhu kolem Měsíce byl LM odpojen. Astronauti Stafford a Cernan testovali cvičné přistání na povrchu Měsíce ve výšce až 15 km nad povrchem.

„Když se dostanete takhle blízko, vypadá to, že stačí jen vysunout podvozek a sednout si.“
T. P. Stafford, velitel Apolla 10.^[17]

Během tohoto sestupu vyfotografovali astronauti cílovou oblast pro přistání Apolla 11. Pro případ, že by astronauti chtěli podlehnout pokušení a vykonat přistání na Měsíci, plánovači mise nechali do LM natankovat jen minimální množství paliva, které by neumožnilo následný vzlet z povrchu Měsíce.

1.4.7 APOLLO 11

Dle informací zpravodajské služby disponoval Sovětský svaz v roce 1969 pětistupňovou raketou N1, také známou jako Lenin. Ta měla být zhruba 1,5krát silnější než Saturn V. N1 měla být schopna vynést do vesmíru náklad o hmotnosti až 180 tun, zatímco Saturn V byl schopen vynést „pouhých“ 130 tun nákladu. Změna nálad nastala až 3. července 1969, kdy špionážní družice vyfotografovala na základně Tjuratamu trosky po explozi této rakety. Dle seismografických údajů ze stanic v Evropě a Asii se jednalo o největší výbuch v historii kosmonautiky. Spojené státy získaly upokojení, že jim prvenství na Měsíci už nikdo nemůže vzít. Nicméně NASA nechtěla ponechat nic náhodě, a proto v případě neúspěchu Apolla 11 byla připravena vyslat posádky Apolla 12 a 13, které by v dvouměsíčních intervalech mohly zamířit k Měsíci.

Výběr posádky

Celkem 66 uchazečů se přihlásilo do astronautického výcviku v rámci programu Apollo. Po náročném výcviku zbylo 49 astronautů, kteří chtěli podniknout cestu na Měsíc. Bylo naplánováno 9 misí k Měsíci a několik dalších výprav určených k vybudování orbitální stanice v rámci programu Apollo Applications. Počet míst k letům do vesmíru byl ale limitován zkušenostmi astronautů. Žádný astronaut se nemohl vypravit k Měsíci bez předešlých zkušeností s vesmírným letem.

Výběrem posádky byl pověřen bývalý astronaut programu Mercury D. K. Slayton, který měl být prvním Američanem, který obletí Zemi. V důsledku mírné srdeční vady byl z programu v roce 1962 vyřazen a do vesmíru se podíval až v roce 1975 v rámci programu Sojuz-Apollo. Byla mu nabídnuta pozice vedoucího výcviku astronautů, kterou přijal. V následujících letech rozhodoval o složení posádek v programu Gemini a Apollo.



Obrázek 28: Donald Kent Slayton.^[37]

O osobě Slaytona a procesu výběru posádek Apollo napsala italská novinářka Oriana Fallaci²⁵, která se Slaytonem provedla rozhovor. Dle novinářky byl Dake, jak se mu přezdívalo, ušlechtilý, uzavřený, vysoký muž rychlých pohybů, bez fantazie a jakéhokoliv kulturního rozhledu.

„Jeho životem je trasa z Houstonu na Měsíc, s malou odbočkou směrem na Aljašku, kam jezdí lovit medvědy...Politické názory nemá, není schopen rozeznat maoistu od britského konzervativce.“^[18]

Při výběru posádky pro jednotlivé mise začal Slayton vždy velitelem. Muselo se jednat o člověka, který měl schopnost rozhodovat a usměrňovat zbytek posádky. Ve druhé fázi byl vybrán zástupce velitele. Ten měl za úkol setrvat v CSM během doby, kdy zbylí dva

²⁵ Oriana Fallaci (29. června 1929 – 15. září 2006) byla italská novinářka a spisovatelka. Byla známá svými osobitými názory, když například označila dialog s islámskými zeměmi za nemožný a zbytečný. Napsala rozhovory s Dalajlámou, H. Kissingerem nebo Muammarem al-Kaddáfim.

astronauti budou na Měsíci. Z jistého úhlu pohledu se jednalo o nejnáročnější úlohu – setrvat na oběžné dráze kolem Měsíce, zatímco jeho šťastnější kolegové se budou procházet po Měsíci.

„Zástupce velitele má za úkol dostat ty dva domů, z Měsíce. Když se mu to nepodaří, když je nedokáže připojit, když se lunární modul nezvedne z měsíčního povrchu, musí se vrátit sám, bičován jen svou bolestí. Víím, že ten, kdo je určen zůstat na oběžné dráze, není nikdy spokojen, protože není nic lehkého dostat se až tam, dívat se na Měsíc zblízka a nesmět si ani sáhnout. Ale co tady mohu dělat? Takový je život. Vždyť jsou konečně i takoví, kteří se na Měsíc musejí dívat ještě z větší dálky, jako například já...“ D. K. Slayton^[19]

Slayton společně s velitelem a zástupcem velitele vybrali třetího člena posádky, tedy pilota lunárního modulu. Poté byla posádka předložena vedení NASA ke schválení, což ale bylo vždy formalitou, jelikož Slayton měl takové renomé, že se nikdy nestalo, že by jím vybraná posádka neletěla.

Neil Alden Armstrong

Neil Alden Armstrong byl americkým pilotem, astronautem, univerzitním profesorem a zejména prvním člověkem, který vstoupil na povrch Měsíce. Narodil se 15. srpna 1930 v malém městečku Wakaponeta ležícím v západní části Ohia, ale v důsledku otcova zaměstnání státního revizora účtů se často stěhoval.

Poprvé se k letectví dostal ve věku dvou let, kdy ho jeho otec vzal na závody letadel. O čtyři roky později poprvé vylétl se svým otcem do výšin během vyhlídkového letu. V deseti letech začal

Armstrong poprvé vydělávat peníze sekáním trávy na hřbitově a prací v obchodě. Všechny vydělané peníze investoval do pilotní výuky a v den svých šestnáctých narozenin se stal držitelem pilotní licence.

„Přečetl o letectví všechno, co se mu dostalo do ruky. V obchodě, kde pracoval, četl vědecké časopisy. Pokud víím, během prvního roku na střední škole zhltl přes sto knih... Neil



Obrázek 29: Neil Alden Armstrong^[38]

vždycky musel něco dělat. Vždycky si pro sebe vytyčil nějaký úkol. Jednou zkonstruoval asi dva metry dlouhý aerodynamický tunel, v němž pro různé experimenty vytvářel vakuum.“ Armstrongův učitel ze střední školy – Grover Crites^[20]

V roce 1947, když bylo Armstrongovi 17 let, začal studovat letecké inženýrství na Purdueově univerzitě. Zvrat nastal v roce 1949, kdy byl Armstrong povolán do služby k námořnímu letectvu. O dva roky později získal kvalifikaci námořního letce schopného operovat na letadlové lodi. První zkušenosti bojového pilota získal v Korejské válce na letadlové lodi Essex, kde během osmasedmdesáti startů dokázal sestřelit tři nepřátelské letouny. V roce 1953 se opět vrátil ke studiu na Purdueově univerzitě, kterou úspěšně dokončil v roce 1955 s titulem *Bachelor of Science*. V té době potkal na univerzitě také svou budoucí ženu – Janet Elizabeth Shearonovou. S tou se po tříročním vztahu v roce 1956 oženil.

Armstrong se následně přihlásil ke studiu magisterského programu *letecké inženýrství* na univerzitě v Jižní Kalifornii a současně se stal zkušebním pilotem u NACA, kde testoval nově vyvinuté letouny F-100, F-120, F-104, F5D, B-47,... Jeho vynikající letové výsledky mu otevřely v roce 1960 dveře k testování experimentálního hypersonického raketoplánu X-15. O rok později ustanovil na tomto letounu dva rekordy – výškový s hodnotou 60 km nad zemí a rychlostní s rychlostí 6 000 km/h.

Armstrong si byl vědom, že tyto experimentální lety jsou předstupněm programu Mercury, který si kladl za cíl dostat prvního Američana do vesmíru. Do programu Mercury se ale nikdy nepřihlásil, jelikož byl přesvědčen, že cesta do vesmíru vede pro člověka přes raketoplány.

„Někteří z nás se pokoušeli Neilovi navrhnout, aby se přihlásil do první skupiny astronautů. To jej velmi rozčílilo. Prohlásil, že do vesmíru vede cesta přes raketoplán a lidé z programu Mercury jsou tupci.“ Armstrongův přítel^[21]

Názor změnil až v roce 1961, kdy byly uskutečněny první dva suborbitální lety s lidskou posádkou. V roce 1962 se přihlásil do výběrového řízení pro astronauty programu Gemini a uspěl.

O jeho výjimečných letových schopnostech se mohl Slayton přesvědčit během testování X-15 a také při letu Gemini 8, kdy zachoval chladnou hlavu a dokázal zabránit

katastrofě při nekontrolovatelné rotaci kosmické lodi spojené s ATV. Jeho kvalifikovanost pro tak důležitý let, jako byla mise Apolla 11, ukázal také při trénincích na lunárním simulátoru LLRV, kdy se dokázal katapultovat a zachránit si život.

Buzz Aldrin

Buzz Aldrin, rozený Edwin Eugene Aldrin, byl americký vojenský pilot, astronaut a také druhý člověk, který vstoupil na povrch Měsíce. Narodil se 20. ledna 1930 v městečku Montclair ležícím v New Jersey. K letectví měl velice blízko již od narození, jelikož jeho otec byl plukovníkem a bojovým letcem. Buzzův otec se také velice dobře znal s bratry Wrightovými a byl zakladatelem, společně s R. Goddardem, americké raketové techniky.



Obrázek 30: Buzz Aldrin, rozený Edwin Eugene Aldrin, Jr.^[40]

Aldrin se vydal ve své kariéře vojenskou cestou, když v roce 1951 úspěšně ukončil studium na vojenské akademii ve West Pointu s třetím

nejlepším prospěchem. Po absolvování pilotní školy se Aldrin zúčastnil Korejské války, kde si připsal dva sestřely nepřátelského letounu. Poté sloužil na leteckých základnách v Evropě a Asii. Během své vojenské služby studoval na MIT obor astronautika, ze kterého získal v roce 1963 doktorský titul. Jeho dizertační práce se zabývala řízením kosmických lodí při setkávání se a spojování se na oběžné dráze kolem Země.

Pro jeho vynikající letecké a intelektuální dovednosti byl velitelstvím letectva vyslán k astronautickému výcviku do programu Gemini. Tímto výběrovým řízením úspěšně prošel a v roce 1963 byl zařazen do seznamu astronautů programu Gemini.

Ve srovnání s klidným, rozvážným a nepříliš mluvným Armstrongem, který byl zejména vynikajícím pilotem, byl Aldrin považován za pilota překypujícího intelektem. Jeho přátelé ho dokonce označovali za neselhávajícího robota s výborným mozkiem.

Michael Collins

Michael Collins byl americký pilot a astronaut narozený 31. října 1930 v Římě. Stejně jako Aldrin, pocházel i Collins z vojenské rodiny. Jeho otec gen. J. Collins byl letecký stíhač a v době narození syna působil na velvyslanectví USA v Římě.

V roce 1952 ukončil Collins vojenskou akademii ve West Pointu a posléze se stal plukovníkem letectva Spojených států. V roce 1963 vstoupil Collins společně s Aldrinem do NASA, přičemž v té době měl Collins nalétáno více jak 4 000 hodin, z toho 3 200 hodin na proudových letounech.



Obrázek 31: Michael Collins^[41]

Během své kariéry astronauta se podíval dvakrát do vesmíru. Poprvé tomu bylo v rámci mise Gemini 10 v roce 1966. Během tohoto letu dokázal spojit kosmickou loď s tělesem ATV a provést výstup do vesmíru. Jeho druhým letem měla být mise Apollo 8, ale musel se podrobit operaci páteře. Jeho chvíle přišla během mise Apollo 11, kdy při výstupu Armstronga a Aldrina na povrch Měsíce setrval na oběžné dráze v CSM.

Rodinný život astronautů

Dle zvyku amerických žurnalistů nebyly ušetřeny mediálního zájmu ani rodiny astronautů, zejména pak posádky Apollo 11. Být manželkou astronauta byla velice náročná úloha, jelikož rodina bývala pro astronauty mnohdy až na druhém místě.

„Jeho vášní je létání. Se mnou je ženatý jenom osm hodin týdně.“ J. Armstrongová^[22]

Astronauti velice často podstupovali šestnáctihodinové pracovní dny, během kterých trénovali spojování lodí, pilotování lunárního modulu nebo výstup na Měsíc. Navštěvovali také firmy, které vyráběly jednotlivé části rakety Saturn V a kosmické lodi Apollo. Nelze opomenout ani teoretické hodiny týkající se např. nebeské mechaniky, řízení kosmické lodi nebo v neposlední řadě konference za přítomnosti novinářů.

„Často si myslím, že by bylo lepší, kdyby byl Buzz nějakým obyčejným truhlářem anebo jezdil s nákladním autem. Rozhodně bych byla klidnější.“ J. Aldrinová^[23]

Objevovaly se také články, které ukazovaly život astronauta jako americký rodinný sen. Jeden takový článek se před letem Apolla 11 dostal do ruky Aldrinovi, kterého patřičně rozhněval.

„Jak je to vzdálené od skutečnosti! Skutečnost – to je drásání nervů ve věčném vzájemném soupeření mezi astronauty, to je nelítostný boj různých klik v NASA, to jsou vyčerpávající přípravy na let, to je život plný odříkání. Skutečnost – to je bolestivé rozčarování manželky a dětí, kteří vidí otce zřídka, že si jej potom vůbec nemohou ztotožnit s tím usměvavým, spokojeným a vtipným člověkem z obrazovky. Místo šťastného člověka z televize vidí doma člověka zatrpklého a nemluvného, který jde už v osm hodin večer spát.“^[24]

Cesta na Měsíc

Start prvních lidí k Měsíci si nenechaly ujít milióny lidí, kteří ve středu 16. července 1969 navštívili okolí Kennedyho misu na Floridě a další desítky miliónů lidí po celém světě sledovaly start na svých televizních obrazovkách. Startu se ale paradoxně nezúčastnil prezident Nixon²⁶, který se urazil po oznámení ředitele NASA, když v den startu nebude možné se s posádkou sejít, jelikož se nacházeli v karanténě. Monumentální raketa Saturn V s hmotností přes 2 700 tun se tyčila do výšky více jak 110 metrů nad zemí. Síle rakety odpovídala také bezpečnostní zóna stanovená NASA na hodnotu 5 km. V případě výbuchu by výsledná exploze odpovídala výbuchu malé jaderné hlavice o síle 110 kTNT.

DVANÁCT MINUT PRAVDY

Předletové přípravy letu Apolla 11 začaly již osm hodin před startem záložní posádkou ve složení J. Lovell, W. Anders, F. Haise. Ta měla za úkol komplexně prověřit všechny systémy. V této chvíli bylo také zahájeno tankování nosné rakety, které trvalo necelých pět hodin. Mezi tím posádka Apolla 11 spala v Operační budově pilotovaných letů zhruba 15 km od startovací rampy. V 5:52 východoamerického letního času²⁷, pět hodin před startem, byla posádka vzbuzena k lékařské prohlídce a následné snídani, která se

²⁶ Richard Milhous Nixon (9. ledna 1913 – 22. dubna 1994) byl 37. prezident Spojených států. V důsledku aféry Watergate 9. srpna 1974 Nixon rezignoval na post prezidenta Spojených států a stal se tak prvním a doposud posledním americkým prezidentem, který na svůj post rezignoval.

²⁷ Všechny časové údaje uvedené v kapitole 1.4.7 jsou východoamerického letního času (UT+4h).

skládala ze steaku, míchaných vajíček, topinek, kávy a džusu. Po posledním jídle před letem jim byla na kůži nalepena elektronická čidla, která snímala jejich zdravotní stav. Následovalo oblékání do skafandrů, které byly taktéž vybaveny celou řadou senzorů, a připojení skafandrů tzv. pupeční šňůrou ke klimatizačnímu zařízení. Astronauti byli připraveni k poslednímu fotografování a nástupu do mikrobusu, který je dopravil na místo startu 2 hodiny a 55 minut před startem.

T – 002.40:00 hodin: Astronauti nastoupili do velitelského modulu. Velitel N. Armstrong byl usazen do levého křesla, zástupce velitele a pilot velitelského modulu M. Collins do pravého křesla a nakonec vstoupil do pilotní kabiny pilot lunárního modulu B. Aldrin, který byl usazen do prostředního křesla. Poté byl namontován na velitelský modul ochranný štít a vnitřek kabiny byl za sníženého tlaku napuštěn čistým kyslíkem.

Aby se předešlo ztrátě na životech astronautů v případě problémů s nosnou raketou, byly připraveny půl kilometru od startovací rampy tři obrněné transportéry se čtyřčlennou posádkou, které by se v případě problémů vydaly pro astronauty, kteří by se z výšky 96 m speciální skluzavkou evakovali během 54 sekund.

T – 001.55:00 hodin: V rámci předletové přípravy astronauti otestovali spojení kosmické lodi s řídicím centrem v Houstonu. Mezi tím natlakoval Aldrin nádrže pro stabilizační raketové motory velitelského, servisního a lunárního modulu, jelikož pohonné látky byly do motorů těchto sekcí vstříkovány pod určitým tlakem.

T – 001.50:00 hodin: Astronauti prováděli zkoušku bezpečnostního systému rakety, který by v případě zjištěné poruchy na raketě automaticky přerušil start. Tento systém se po aktivování, které proběhlo 3 minuty před startem, plně ujal řízení startu a nemohl být nikým přerušen, pouze samotným počítačem.

T – 000.42:00 hodin: Astronauti aktivovali záchranný systém (Launch Escape System – LES), který by v případě vážné závady na raketě vystřelil velitelský modul do bezpečné vzdálenosti od nosné rakety. Systém byl plně automatizovaný, nicméně astronauti ho mohli v případě nebezpečí aktivovat manuálně. V tomto okamžiku také technici zatáhli přístupový můstek do velitelského modulu.

T – 000.30:00 hodin: Astronauti vyzkoušeli přepnutí nosné rakety na baterie. Dále převedli napájení lunárního modulu na palubní baterie. Před startem byla nosná raketa i

kosmická loď napájena elektrickou energií, která byla dodávána mohutnými kabely ze startovací rampy.

T – 000.15:00 hodin: Astronauti přepnuli napájení kosmické lodi na palubní baterie.

T – 000.06:00 hodin: Všechny kontroly systému byly do této chvíle provedeny. Následovala komplexní závěrečná zkouška všech systémů.

T – 000.05:30 hodin: Astronauti odjistili nálože na čtyřech hydraulických držácích, které v té chvíli držely loď pevně připevněnou k zemi.

T – 000.03:10 hodin: Astronauti aktivovali program, který měl na starost řízení celého startu a byl plně automatizovaný. Pokud by počítač v tomto okamžiku zjistil jakoukoliv závadu, automaticky by přerušil start.

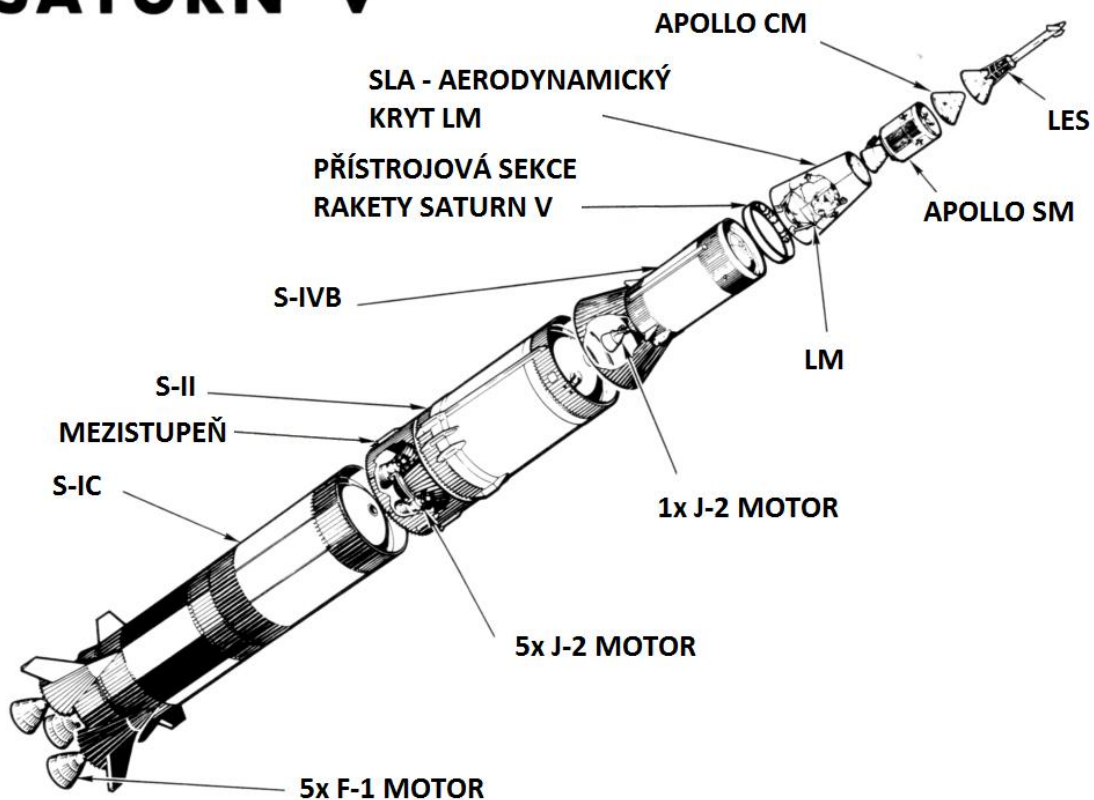
T – 000.00:50 hodin: Nosná raketa byla přepnuta na palubní baterie. Do této chvíle jí byla dodávána elektrická energie ze startovací rampy. Všechny části nosné rakety i kosmické lodi byly v tuto chvíli odkázány pouze na své interní baterie.

T – 000.00:08,9 hodin: Počítač aktivoval zážehovou sekvenci. V tomto okamžiku mohutná turbo čerpadla začala vhánět palivo do prvního stupně (S-IC) rakety Saturn V. Po třech sekundách vyrazily první plameny z pětice motorů F-1.

T – 000.00:02 hodin: Motory v tento okamžik byly na 90 % maximálního výkonu. Pětice motorů vytvářela tah přes 30 000 kN a spotřebovávala každou sekundou 13 000 litrů kapalného vodíku a kapalného kyslíku.

T – 000.00:00 hodin: Start. Byly odpojeny veškeré kotvící části, které držely raketu na startovací rampě. V tomto okamžiku nebylo možné bezpečně přerušit start. Jediným možným přerušením byla aktivace LES počítačem nebo astronauty.

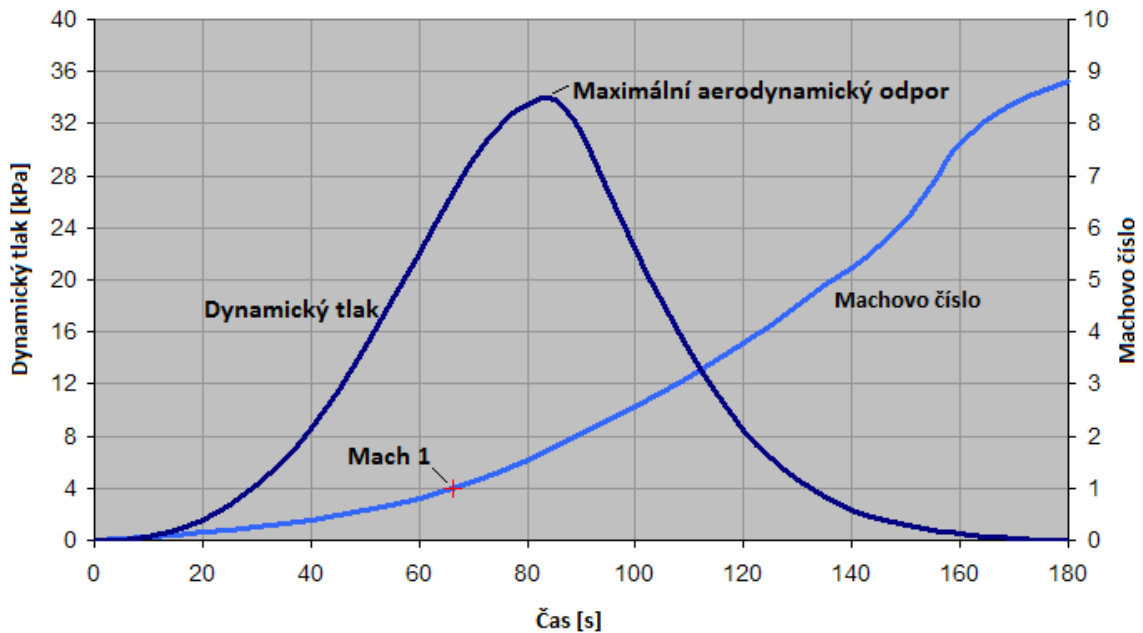
SATURN V



Obrázek 32: Raketa Saturn V s rozdělením na jednotlivé stupně a kosmická loď Apollo.^[42]

T + 000.01:21 hodin: Raketa dosáhla svého maximálního aerodynamického odporu. Při startu rakety byl odpor prostředí působící na raketu nulový, jelikož se nepohybovala. V tomto okamžiku měla hustota vzduchu hodnotu $1,29 \text{ kg/m}^3$. Při uvedení rakety do pohybu se začala projevovat hustota vzduchu, která ji zpomalovala. Hustota vzduchu je však nepřímo úměrná nadmořské výšce. Ve výšce 80 km činí pouhých $0,000\ 01 \text{ kg/m}^3$. Ve velkých výškách už tento prudký pokles hustoty nemůže kompenzovat ani výrazný nárůst rychlosti. Odporová síla tedy začne v jednom okamžiku klesat a tento okamžik nazýváme *maximální aerodynamický odpor*.

Ve vesmíru je pak odpor prostředí nulový, a to i za vysokých rychlostí, kterých kosmická loď dosahuje. Průběh hodnot dynamického tlaku a rychlosti rakety během úvodních 3 minut lze vyčíst z grafu 1.



Graf 1: Průběh letu Apolla 11. Na grafu je zaznamenána závislost dynamického tlaku na čase.

T + 000.02:15 hodin: Vypnut centrální motor S-IC, aby bylo sníženo přetížení působící na astronauty. Během letu spotřebovala pětice motorů většinu paliva S-IC, tím pádem se stal první stupeň lehčím. Motory nebylo možné regulovat, proto vypnutí centrálního motoru bylo nejjednodušším řešením. Pro korekci dráhy a v případě poruchy jednoho z krajních motorů byla možnost natáčet krajní motory do směru, který zajistí správnou korekci trajektorie rakety.

T + 000.02:42 hodin: S-IC s pěti mohutnými motory F-1 v tento okamžik vyhořel a zpětnými raketami byl oddělen od zbytku rakety. Při tomto manévru působilo na astronauty přetížení 4 g. S-IC se nacházel ve výšce 62 km, setrvačností ale vystoupal do výšky 110 km, odkud posléze spadl do Atlantského oceánu více jak 500 km od startovací rampy.

Po odpojení S-IC byl zažehnut druhý stupeň (S-II). Nejprve bylo aktivováno osm raketových motorů umístěných na plášti S-II po dobu čtyř sekund. Ty udělily raketě pozitivní zrychlení, o které přišla po dohoření S-IC. Následovalo zažehnutí pětice motorů J-2, které měly za úkol dopravit kosmickou loď do výšky více jak 185 km a udělit jí potřebnou rychlost 24 600 km/h (6,83 km/s). Tato rychlost je blízka 1. kosmické rychlosti, které je nutné dosáhnout pro stabilní pohyb na oběžné dráze kolem Země.

T + 000.03:12 hodin: Odhozena mezistupňová konstrukce. Jednalo se o velice nebezpečný manévr, jelikož mezistupňová konstrukce nesměla přijít do styku s pěticí motorů J-2. Ty

byly přitom od mezistupně vzdáleny pouhý jeden metr. V tomto okamžiku už mohli astronauti převzít řízení letu, pokud by počítač neudržel raketu na předepsaném kurzu.

T + 000.03:17 hodin: Odpojena záchranná věž.

T + 000.07:40 hodin: Vypnut centrální motor S-II z důvodu snížení přetížení. Motory J-2 nebyly taktéž regulovatelné, stejně jako motory F-1. Vypnutí centrálního motoru bylo nutné také v důsledku tzv. pogo oscilace²⁸, která by mohla zapříčinit rezonanci a následnou destrukci rakety. Zároveň proběhla operace zvaná EMR Shift (Engine Mixture Ratio Shift), během které se hladina tekutého kyslíku v nádržích snížila. To zapříčinilo změnu poměru obou složek paliva (kapalný kyslík – LOX, kapalný vodík – LH2). Výsledkem této operace bylo vyčerpání co největšího množství paliva nacházejícího se v S-II.

T + 000.09:11 hodin: Zbýlá čtveřice motorů S-II vyhořela. Druhý stupeň byl odpojen a posléze dopadl více jak 4 200 km od pobřeží Floridy.

T + 000.09:15 hodin: Zažehnutí motoru třetího stupně (S-IVB), který byl vybaven jedním motorem J-2.

T + 000.11:42 hodin: Vypnutí motoru třetího stupně. Astronauti v tomto okamžiku nepociťovali přetížení a poprvé během letu se mohli setkat se stavem beztlíže. Rychlost lodi v tomto okamžiku byla 7 620 m/s (7,62 km/s), což postačovalo k navedení na parkovací dráhu.

T + 000.11:52 hodin: Astronauti byli navedeni na oběžnou dráhu kolem Země, kde zkontrolovali všechny funkce kosmické lodi.

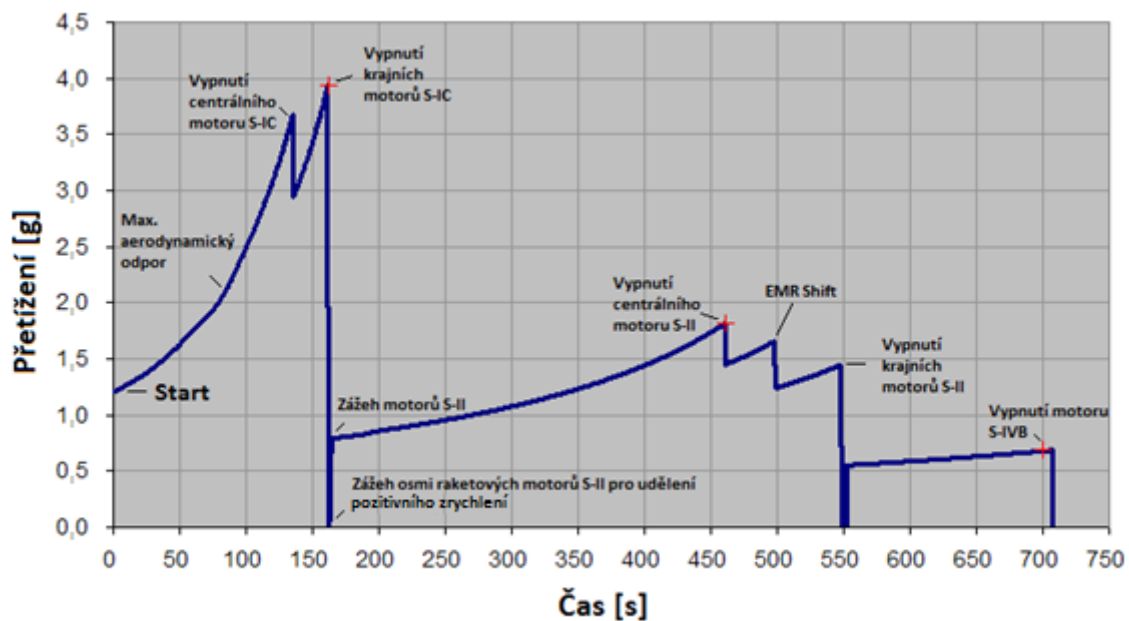
Během startu působilo na astronauty přetížení až 4 g. Největší přetížení pociťovali při dohoření S-IC, zvláště pak v okamžiku vypnutí krajních motorů. Astronauti byli na toto přetížení trénováni na centrifuze, kde museli vykonávat pracovní úkony při přetížení až 8 g.

Z hlediska fyziologie člověka může mít přetížení na člověka smrtelné následky, jelikož ztěžuje pohyby těla a také způsobuje přelévání krve v těle (překrvení a odkrvení).

²⁸ Pogo oscilace – jedná se o jev, kdy vibrace rezonují ve struktuře rakety natolik, že dochází k odchylkám v tlaku paliva a okysličovačla v potrubí a u ústí turbo čerpadel. Sloupec pohonných látek se začne „trhat“. Tah motorů začne „pulzovat“ a pokud je frekvence pulzů stejná jako rezonanční frekvence rakety, celá konstrukce se prodlužuje a smršťuje často i o několik centimetrů. Raketa se v ten moment podobá známé skákací tyči s názvem „pogo“ (odtud název „pogo oscilace“).^[25]

Nejmenší výdrž má tělo při tzv. negativním přetížení, které působí ve směru nohy – hlava. Člověk by zemřel už při přetížení 1 *g*. V opačném směru (hlava – nohy) už člověk vydrží po dobu několika stovek sekund přetížení 3 *g*.

Astronauti byli v pilotní kabině usazeni zády k motorům. Přetížení na ně působilo ve směru hrud' – záda a při této poloze člověk snese po dobu několika desítek sekund i přetížení až 20 *g*. Na grafu 2 jsou zaznamenány hodnoty přetížení, které na astronauty působilo během úvodních 12 minut letu.



Graf 2: Průběh letu Apollo 11. Na grafu je zaznamenána závislost přetížení na čase.

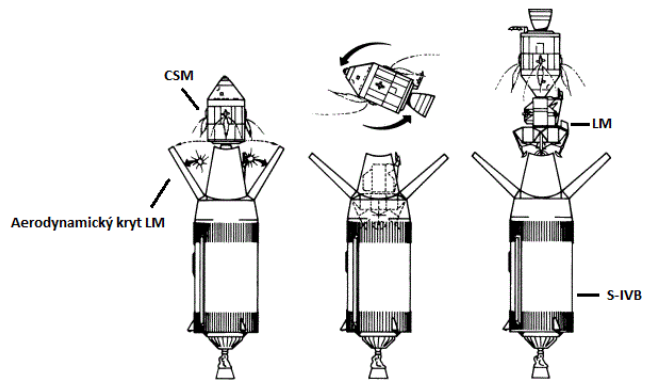
Cesta na Měsíc

T + 002.44:14 hodin: Astronauti restartovali motor S-IVB, který během necelých 6 sekund navedl kosmickou loď Apollo na translunární dráhu (TLI).

T + 003.05:03 hodin: Astronauti navedli Apollo do pozice pro oddělení s S-IVB. Po devíti minutách se CSM *Columbia* oddělila od S-IVB a pootočila se o 180°. Zároveň byl odhozen aerodynamický kryt LM. V této fázi letu měl pilot velitelského modulu za úkol provést transpozici a spojení. Po úspěšném spojení CSM *Columbia* a LM *Eagle* byl LM vytažen z S-IVB.

Během cesty na Měsíc konali astronauti velké množství úkonů, které jim nařizovalo řídicí středisko. Jednalo se o kontrolu jednotlivých přístrojů, přípravy navigační aparatury ke korekci dráhy či uskutečnění inspekce lunárního modulu. Po této kontrole následovala

každý den letu četba z denního tisku. Astronauti tak byli v kontaktu s děním na planetě Zemi. Dostali zprávy o vyslání Luny 15 na oběžnou dráhu kolem Měsíce, odmítnutí Mexika přijímat americké hippies jako turisty nebo rozhodnutí prezidenta Nixona, který dal zaměstnancům vládních úřadů a institucí v den přistání na Měsíci volno.



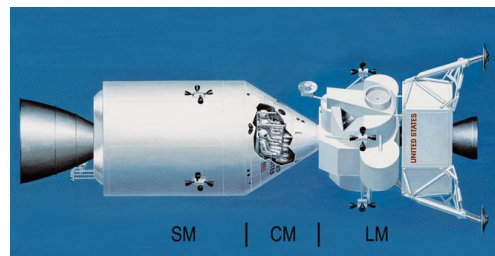
Obrázek 33: Schéma spojení CSM a LM. V první fázi se CSM odpoutá od třetího stupně. V druhé fázi je odhozen aerodynamický kryt LM a je provedeno otočení CSM o 180°. Ve třetí fázi se CSM spojí s LM.^[43]

Mezi články se našly i humorné pasáže. Anglická horní sněmovna žádala, aby americká ponorka, která měla v plánu zkoumat jezero Loch Ness, nepoškodila nebo nezaútočila na Lochnesskou příšeru. Většina deníků ale měla jedno společné: titulní stranu upozorňující na let Apolla 11.

V průběhu letu na Měsíc se uskutečnilo také několik přímých televizních vystoupení, při nichž astronauti popisovali zařízení jejich kosmické lodi, vysvětlovali úkoly astronautů a ukazovali planetu Zemi, která se každou hodinou zmenšovala.

Posledních 21 tisíc kilometrů k cíli

T + 073.10:00 hodin: V sobotu 19. července 1969 čekal posádka Apolla 11 brzký budíček v 10 hodin a 42 minut východoamerického letního času. Po třech dnech cesty k Měsíci se posádka blížila k oběžné dráze kolem Měsíce. I přes urputnou sovětskou propagandu jejich vesmírného programu nemohla tato cesta být zamlčena v sovětském tisku, který Armstrongovi udělil přezdívku *Car*.



Obrázek 34: Schéma kosmické lodi Apollo spojené s lunárním modulem.^[44]

T + 075.41:23 hodin: Astronauti se dostali na odvrácenou stranu Měsíce a spojení s velitelstvím bylo přerušeno. O osm minut později aktivovali motor servisního modulu pro snížení rychlosti a navedení na dráhu okolo Měsíce. Z bezpečnostních důvodů byla trajektorie letu po tzv. bezpečné translunární dráze, která by v případě selhání motoru umožnila volný návrat astronautům na Zemi.

T + 076.15.29 hodin: „Poprvé se blížíme k místu přistání. Právě přelétáváme Taruntius. Snímky a mapy z Apolla 8 a Apolla 10 nám hodně pomáhají při orientaci. Skutečně se to těm obrázkům dost podobá. Je to však stejný rozdíl, jako když se díváte na fotbal přímo anebo v televizi. Prostě být skutečně při tom, to se nedá ničím nahradit.“ N. Armstrong^[26]

Astronauti se nyní nacházeli ve výšce 99,3 – 121,3 km nad povrchem Měsíce s rychlostí 1,6 km/s. Při této výšce a rychlosti trval jeden oblet kolem Měsíce 2 hodiny, 8 minut a 37 sekund, z čehož při každém obletu neměl Houston spojení s posádkou, v důsledku letu na odvrácené straně Měsíce, 49 minut. Při druhém obletu kolem Měsíce nemohl chybět ani přímý televizní přenos, který vnesl do obyvatel planety Země napětí.

T + 096.43:00 hodin: Lunární modul *Eagle* zahájil samostatné rádiové spojení s velitelstvím v Houstonu.

T + 098:48:00 hodin: Aldrin aktivoval přistávací čtyřnožky LM do přistávací polohy.

T + 099:32:00 hodin: Po posledních prověrkách systémů zmizela kosmická loď Apollo za odvrácenou stranu Měsíce. Po 49 minutách se objevily dvě samostatné kosmické lodi Eagle a Columbia.

T + 100.36:14 hodin: Eagle se nacházel necelých 15 km nad povrchem Měsíce. V tomto okamžiku mohli Armstrong a Aldrin naposledy zrušit přistávací manévr v případě vážné poruchy. Sestupová dráha byla spočítána tak, aby se po přerušení přistávání mohl Eagle vrátit k Columbii bez složitého manévrování během necelé hodiny.

T + 102.33:04 hodin: Astronauti zažehli sestupový motor LM, který hořel až do samotného přistání.

I přes poplach 12 02²⁹, který signalizoval přetížení palubního počítače a vystrašil posádku i řídicí středisko, přistála posádka Eaglu po 102 hodinách 45 minutách a 40 sekundách letu dne 20. července 1969 na Měsíci v oblasti Moře klidu.

„Když jsme udělali krátkou kontrolu přístrojů, dali jsme si poprvé krátkou přestávku na oddech...Buzz Aldrin mi dlouze a důkladně potřásl rukou. Bylo to pro mě zadostiučinění, protože Buzze uznávám jako nejkompetentnějšího kritika mých výkonů.“ N. Armstrong^[27]

²⁹ Více o poplachu 12 02 v kapitole 1.4.8 Navigační systém

Základna Tranquility

„Rád bych využil této příležitosti a požádal každého, kdo poslouchá, ať je to kdokoliv, aby se na okamžik zastavil a rozjímal o událostech posledních dní.“ B. Aldrin^[28]

Po přistání na Měsíci a kontrole lunárního modulu byl naplánován spánek pro astronauty. Nicméně už během letu požádali astronauti, aby mohli vyjít na Měsíc okamžitě. Tento požadavek byl po konzultaci s lékařem schválen. Po krátkém odpočinku a konzumaci potravin astronauti pozvolna odhermetizovali kabinu a vypustili atmosféru z lodi.

T + 109.07:35 hodin: Armstrong a Aldrin oblečení do skafandrů opatřenými „batohy“ poprvé otevřeli dvířka vstupního průlezu a započali sestup na povrch Měsíce. Výstup z LM ve skafandru nebyla jednoduchá záležitost a to i přes to, že skafandr s pozemskou hmotností 86 kg měl nyní hmotnost pouhých 14 kg.

První vystoupil z lodi Armstrong, který během sestupu otevřel schránku MESA umístěnou na boku modulu. Zde byla uložena kamera, vlajka, lopatky a kontejnery na vzorky půdy. Před sestupem na povrch Měsíce nainstaloval kameru tak, aby snímala jeho první kroky na Měsíci a přenášela je více jak jedné miliardě lidí na Zemi.

T + 109.24:20 hodin: Povrchu Měsíce se poprvé dotkla lidská noha. Neil Armstrong vstoupil na cizí kosmické těleso.

„Jsem u dolního konce žebříku. Paty vzpěr modulu nejsou zabořeny víc než na jeden nebo dva palce. Je to skoro jako prach. Půda je velmi jemná. Teď sestoupím z lunárního modulu. Je to malý krůček pro člověka, obrovský skok pro lidstvo. Ano, povrch je jemný a prachový. Snadno se dá špičkou rozhrnout.“ N. Armstrong^[29]

V tuto chvíli se rozezněly tisíce kostelních zvonů po celé planetě. I přes hlubokou noc seděla západní Evropa u televizních obrazovek. Sovětský svaz a Čína tuto událost zaznamenávaly pouze sporadicky a braly ji jako pomíjivou událost.

„Povrch je velmi jemný a prašný. Snadno mi víří pod nohama. Ulpívá v jemných vrstvách jako práškové dřevěné uhlí na podrážkách a na povrchu mých přezůvek. Bořím se jenom zlomek centimetru.“ N. Armstrong^[30]

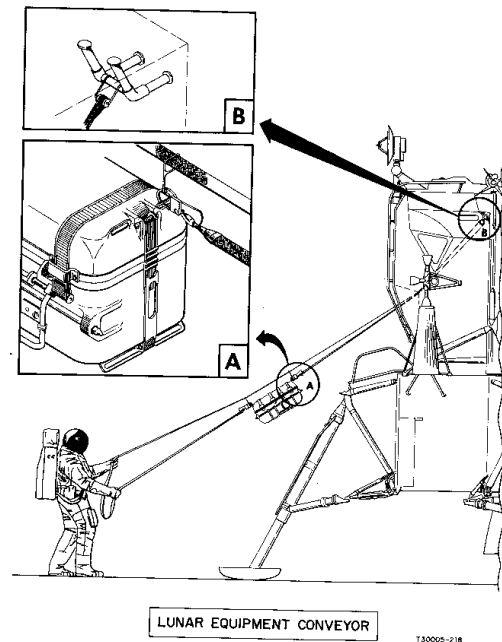
Po výstupu Armstronga z lunárního modulu následovalo přemísťování fotoaparátů a televizní kamery na povrch Měsíce pomocí speciální lanovky označované LEC (Lunar Equipment Conveyor).

Po devatenácti minutách sestoupil na povrch Měsíce Buzz Aldrin. V prvopočátku zkoušeli oba astronauti způsoby chůze, které nacvičovali při simulacích na Zemi. Následoval návrat k lunárnímu modulu, kde byla na přistávací noze umístěna plaketa, která zůstala na povrchu Měsíce. Ta vyobrazovala planetu Zemi jako dvě polokoule s nápisem:

„Zde se lidé z planety Země poprvé dotkli nohama Měsíce. Červenec L. P. 1969. Přišli jsme v míru jménem všeho lidstva.“^[31]

Dále se na plaketě nacházely podpisy posádky Apolla 11 a prezidenta Spojených států. Poslední informací byl pamětní list se jmény pětice astronautů, kteří se stali do roku 1969 oběťmi dobývání vesmíru. Jednalo se o V. I. Grissoma, E. H. Whitea, R. B. Chaffeeho, V. M. Komarova a J. A. Gagarina. Pamětní plaketa byla dále vybavena mikrotečkou, v níž bylo zaznamenáno poselství 73 státníků z celého světa. Po 45 minutách pobytu Armstronga na Měsíci následovalo slavnostní vztyčení vlajky Spojených států za doprovodu Nixonova projevu, při němž v přímém přenosu pogrataloval astronautům.

„Zdravím Vás, Neile a Buzz. Hovořím k vám telefonem z Oválné pracovny Bílého domu...Dnešek je pro každého Američana nepochybně okamžikem největší hrdosti v jeho životě...A když k nám mluvíte z Moře klidu, vzbuzuje to v nás odhodlání, abychom



Obrázek 36: Lanovka, kterou využívali astronauti po přistání na Měsíci k dopravě technického materiálu z LM na povrch Měsíce.^[45]



Obrázek 37: Plaketa zanechaná posádkou Apolla 11 na Měsíci.^[46]

zdvojnásobili úsilí o zajištění míru a klidu na Zemi. Na jeden nesmírně cenný okamžik v celých dějinách lidstva jsou všichni lidé na této zeměkouli skutečně zajedno: zajedno ve své hrdosti na to, co jste dokázali, a ve svých modlitbách, abyste se k nám na Zemi šťastně vrátili.“ R. Nixon^[32]

Astronauti nainstalovali během svého pobytu na Měsíci (21 hodin 36 minut a 20 sekund, z toho 2 hodiny 31 minut 40 sekund EVA) vědecké přístroje souhrnně označované ALSEP (Apollo Lunar Surface Experiments Package). Posádka Apolla 11 ale měla k dispozici pouze redukovaný soubor přístrojů označovaný EASEP (Early Apollo Scientific Experiments Package), který obsahoval koutový odražeč umožňující odrážet paprsky vyslané z povrchu Země na Měsíc. Tím bylo umožněno zjistit přesnější vzdálenost Měsíce od Země. Druhým vědeckým přístrojem, který posádka Apolla 11 zanechala na Měsíci, byl pasivní seismograf s vlastním zdrojem v podobě dvojice slunečních panelů pro měření otřesů Měsíce.

Posádka Apolla 11 během svého pobytu na Měsíci posbírala 21,55 kg hornin, které dělila na dvě skupiny. První skupinou byly tzv. dokumentované vzorky. Horniny se v první fázi vyfotografovaly v mateřském terénu a následně se sebraly do připravených přepravních boxů. Druhou skupinu představovaly dva sloupce horniny v trubicích, které byly zatlučeny a následně vyjmuty z Měsíce.

Celý výstup na Měsíc byl dokumentován a přenášen živě televizními stanicemi. Diváci ale byli ochuzeni o barevné záběry, protože bylo možno vysílat pouze černobílý záznam. Armstrong a Aldrin se celý svůj pobyt na Měsíci snažili co nejpřesněji popisovat okolí přistání, jelikož přistáli mimo plánované místo (jednotky kilometrů).

Při popisování okolí si astronauti všimli jedné zajímavosti – měsíční obzor se zdál mnohem blíže než na Zemi. Na Měsíci se nenachází atmosféra. Chyběl tedy opar, který by posloužil jako vodítko pro odhad vzdálenosti a velikosti okolních vrcholů.

Po 102 minutách vyšplhal Aldrin do lunárního modulu, aby byl Armstrongovi nápomocen s dopravou dvou beden vzorků po lanovce do lunárního modulu. Poté se i Armstrong po 133 minutách rozloučil s povrchem Měsíce a vyšplhal do LM.

V kabině LM si Aldrin a Armstrong sundali skafandry, najedli se a odpočinuli si v závěsných sítích natažených napříč kabinou. Tito dva muži poprvé zjistili, že kontaminací měsíčním

materiálem se nelze vyhnout. Jemný prášek se nacházel všude po lodi a jeho pach i chuť silně připomínala střelný prach.

Nixonův nevyřčený projev

Jedna z nejriskantnějších částí mise byla cesta z povrchu Měsíce. Vzletový stupeň lunárního modulu byl vybaven pouze jedním motorem, který nebyl nikdy předtím otestován z důvodu užívání vysoce korozivního paliva. To muselo být užito v kompenzaci s co možná nejjednodušší konstrukcí motoru. Motor tak čekala premiéra, na které byl závislý osud posádky. Pokud by motor nefungoval, neexistovala by naděje na záchranu posádky. Mnoho optimismu nedávalo ani dřívější testování motoru ve vesmíru, kdy při šesti pokusech celkem třikrát v nějaké míře selhal.

Z tohoto důvodu byl připraven pro Nixona smuteční projev pro celosvětové vysílání. Astronauti si ale tuto možnost nepřipouštěli. Již před letem na Měsíc Aldrin pronesl, že by se naděje nikdy nevzdal a společně s Armstrongem by veškerý čas, který by jim zbýval, věnovali opravě motoru.

„Osud tomu chtěl, že muži, kteří vstoupili na Měsíc a v míru jej zkoumali, zůstanou na něm odpočívat v pokoji. Tito dva hrdinní muži, Neil Armstrong a Edwin Aldrin, vědí, že není žádná naděje na jejich záchranu. Ale také vědí, že jejich objev je nadějí pro lidstvo.

Oba položili životy za nejsvětější úkol lidstva – za hledání pravdy a porozumění. Budou oplakáváni svými rodinami a přáteli, budou oplakáváni svým národem, budou oplakáváni lidmi celého světa, budou oplakáváni Matkou Zemí, která vyslala dva své syny do neznáma. Svou výpravou spojili lidi celé země, svou obětí ještě více upevní lidské bratrství.

Když v dávných časech pohlíželi lidé na hvězdy, viděli v souhvězdích své hrdiny. V dnešní době činíme totéž, ale naši hrdinové jsou lidé z masa a kostí. Další budou následovat a jistě se vrátí zpět. Hledání člověka se nezastaví. Tito muži byli první a zůstanou první i v našich srdcích.

Každý, kdo v noci pohlédne na Měsíc, bude vědět, že tam je kousek jiného světa, který zůstane navždy lidský.“ R. Nixon^[33]

Naštěstí se posádka Apolla 11 ve zdraví vrátila a Nixonův nepronosený projev objevili až po více než 30 letech archiváři.“

Motor se ale málem skutečně stal osudným posádce lunárního modulu. Když Buzz Aldrin vstoupil do lunárního modulu, zjistil, že při oblékání do skafandrů někdo z dvojice astronautů urazil část pojistky, která byla nutná k nastartování motoru. Astronauti museli najít improvizované řešení za pomoci věcí, které byly dostupné na palubě. Nakonec Aldrin využil k zasunutí pojistky pero a zachránil tak sebe i Armstronga.

Návrat na Zemi

T + 130.14:45 hodin: Posádka Eaglu se setkala s Columbií a všichni tři astronauti byli opět spolu na jedné lodi. O pět hodin později už Columbia bez Eaglu mířila směrem na Zemi.

Den před přistáním, 23. července 1969, se uskutečnilo poslední televizní vysílání z paluby Apolla 11, které mělo charakter zamyšlení se nad tím, čeho lidstvo za velice krátký čas dokázalo dosáhnout a událostmi posledního týdne či posledního desetiletí.

„Dobrý večer! Zde je velitel Apolla 11! Před sto lety napsal Jules Verne knihu o výpravě na Měsíc... Jeho Kolumbiáda startovala z Floridy a po obletu Měsíce přistála v Pacifiku. V okamžiku, kdy se Columbia moderního věku blíží k planetě Zemi, zdá se její posádce vhodné podělit se s vámi o několik úvah.“ N. Armstrong^[34]

„Tato cesta nás třech k Měsíci se vám může zdát jednoduchá anebo snadná. Chtěl bych vás však ujistit, že tomu tak nebylo. Saturn V, který nás navedl na dráhu, je neuvěřitelně složitým kouskem techniky. Přitom každá jeho součástka pracovala perfektně. Počítač, který vidíte nad mou hlavou, obsahuje slovník 38 tisíc slov, pečlivě vybraných, aby byl pro nás, pro posádku, co možná nejužitečnější. Vypínač, který skrývám v dlani, je pouze jedním ze tří set podobných ve velitelské sekci. Kromě toho jsou zde tisíce pojistek, pák, klíčků a jiných zařízení. Motor SPS na zádi naší pomocné sekce musel prostě fungovat bez poruchy, jinak bychom zůstali navěky uvězněni na dráze okolo Měsíce. Padáky nad mou hlavou musí ráno přesně zapracovat, jinak spadneme jako vržená olovnice do hlubin Tichého oceánu. Vždy jsme však našemu zařízení důvěřovali a důvěřovat nepřestaneme. Všechno se to stalo skutkem jenom díky krvi, potu a slzám mnoha lidí. Především to byli američtí dělníci, kteří dali v továrnách dohromady toto vele dílo techniky. Zadruhé díky vyčerpávající práci zkušebních týmů během montáže a přejímacích zkoušek. A konečně je to zásluha všech lidí ve Středisku pilotovaných letů – jak z vedení, tak z oddělení přípravy letových plánů, letové kontroly a v neposlední řadě i oddělení pro výcvik posádek. Tento let je něco

takového jako periskop ponorky. Vy vidíte jenom tři z nás, ale pod povrchem jsou tisíce dalších a jim všem bychom chtěli moc a moc poděkovat.“ M. Collins^[35]

„Když jsme tady na palubě kosmické lodi mezi sebou diskutovali o událostech posledních dvou či třech dnů, dospěli jsme k závěru, že to nebyla pouze cesta třech mužů k Měsíci. Dokonce to ani nebyl výsledek úsilí jednoho národa. Cítíme, že pronikat do neznáma se stalo symbolem nenasytné lidské zvědavosti. Domníváme se, že Neilova slova při prvním kroku po měsíčním povrchu tyto pocity pěkně vystihují. Myslím, že poměrná snadnost, s jakou jsme tuto expedici zvládli, jenom zdůrazňuje aktuálnost našeho rozhodnutí. Dnes cítím, že jsme schopni vytyčit si ještě větší úkoly při dobývání vesmíru.“ B. Aldrin^[36]

„Prameny naší cesty musíme především hledat v historii a v dílech velikánů vědy, jejichž práce předcházela našemu úsilí. Pak za ni vděčíme americkému národu, který projevil svou vůli a přání pustit se do něho. Dále čtyřem vládám a čtyřem kongresům, které tuto vůli uskutečnily. Konečně také NASA a průmyslovým kolektivům, které postavily naši kosmickou loď, Saturn, Columbiu, Eagle a EMU – skafandr, který byl naší malou kosmickou lodí na měsíčním povrchu. Zvláště bychom rádi poděkovali Američanům, kteří postavili, zkonstruovali a vyzkoušeli tuto kosmickou loď, vložili do ní svá srdce i svůj důvtip.“ N. Armstrong^[37]

Přistání

T + 194.48:06 hodin: Ve čtvrtek 24. července 1969 začala poslední fáze letu – přistání. Od velitelské sekce se oddělila sekce servisní. Způsob přistání letů Apollo byl odlišný od předchozích typů amerických kosmických lodí. Ty byly vždy vybaveny padáky a navíc brzdícími raketami, kterými kosmická loď nyní nedisponovala.

T + 195.03:06 hodin: Velitelská sekce s hmotností pouhých 5 570 kg se natočila tepelným štítem napřed a vstoupila do atmosféry ve výšce 120 km rychlostí 11 032 m/s. Takto velká rychlost byla zapříčiněna volným pádem, kterým padala kosmická loď z Měsíce na Zemi (380 000 km).

T + 195.03:25 hodin: Velitelská sekce se nacházela ve výšce 100 km. Oblak ionizovaného plynu postupně zahříval tepelný štít na teplotu 4 000 °C. Ten byl konstruován tak, aby se



Obrázek 39: Skica velitelského modulu při návratu do zemské atmosféry.^[50]

v atmosféře vlivem vysoké teploty postupně rozpadl. Dle předpokladů nemělo řídicí středisko s astronauty na necelé tři minuty rádiový kontakt. Na povrchu CM byly čtyři antény v podobě malých výstupků. Nefunkčnost rádiového spojení byla způsobena ionizovaným oblakem kolem CM.

T + 195.03:36 hodin: Velitelský modul se nacházel ve výšce 92 km nad zemí. Vlivem vysoké rychlosti sestupu a zvyšující se hustoty atmosféry se začal projevovat brzdící vliv atmosféry. Ploché dno, kterým byl velitelský

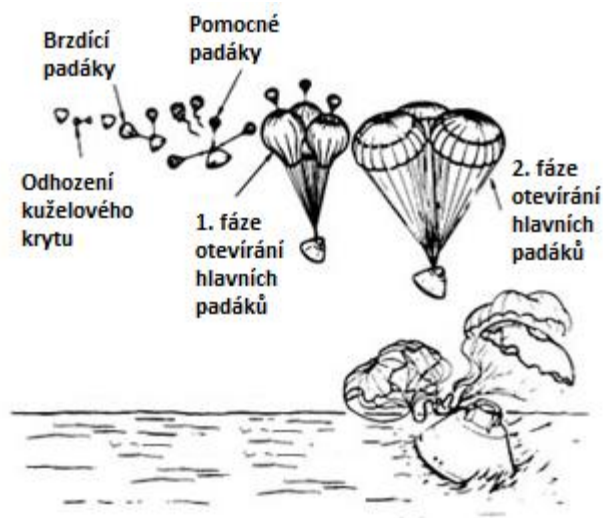
modul natočen při sestupu, pod sebou neustále stlačoval vzduch, který CM při sestupu zpomaloval. Ve výšce 60 km vzrostl vztlak natolik, že byl CM vynesena o 25 km vzhůru. Během sestupu uskutečnil CM dva takovéto skoky, které se využívají ke snížení z druhé kosmické rychlosti na první.

T + 195.05:22 hodin: CM snížil svou rychlost na 1. kosmickou rychlost.

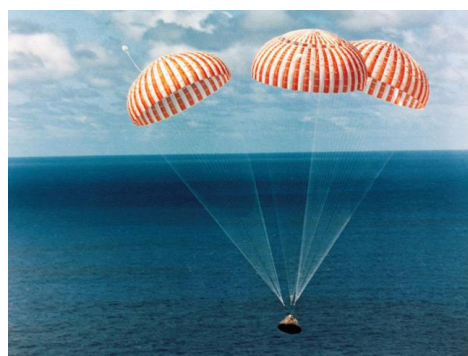
T + 195.06:29 hodin: Sledovací letoun EC-135 potvrdil vizuální kontakt s velitelským modulem, který se jako ohnivá koule řítil do vod Pacifiku. O půl minuty později bylo obnoveno rádiové spojení a posádka Apolla 11 z výšky 66 km nad zemí potvrdila, že je v pořádku.

T + 195.12:08 hodin: Ve výšce 7 500 m byla automaticky odvržena vrchní část kuželového krytu velitelského modulu, pod kterým se nacházely padáky. Následně byly ve výšce 7 100 m vypuštěny dva brzdící padáky o průměru 4 m, které snesly loď do výšky 4 200 m.

V této výšce měl velitelský modul rychlost 250 km/h. Brzdící padáky byly odhozeny ve výšce 4 200 m a



Obrázek 41: Schéma jednotlivých fází přistání velitelského modulu na Zemi.^[51]



Obrázek 42: Hlavní padáky snášející velitelský modul Apolla 11 na hladinu Tichého oceánu.^[52]

okamžitě byly vypuštěny tři pomocné padáky o průměru 3 m. Ty měly za úkol ve dvou fázích roztáhnout tři hlavní padáky. Dvě fáze otevírání padáků byly zvoleny pro snížení nárazu při otevírání hlavních padáků.

T + 195.12:56 hodin: Ve výšce 3 200 m byly odhozeny tři pomocné padáky a vypuštěny tři hlavní padáky o průměru 25 m. Při dopadu do vody se automaticky uvolnily.

T + 195.17:53 hodin: Po více jak 195 hodinách letu usedá 24. července 1969 velitelský modul s trojicí astronautů do vod Pacifiku.

Izolace

Po dosednutí velitelského modulu byly nafouknuty obrovské gumové plováky, které udržely velitelský modul na hladině. Do pěti minut byly u velitelského modulu helikoptéry s žabími muži opatřeny speciálními biologickými obleky. První skupina „žabích mužů“ se vydala pomoci posádce Apolla 11 při výstupu z lodi a zajištění velitelského modulu. Druhá skupina žabích mužů shodila



Obrázek 43: Velitelský modul Apolla 11 při přistání. Na snímku je posádka oblečena do biologických obleků.^[53]

z helikoptéry do již otevřených dveří velitelského modulu biologické kombinézy pro trojici astronautů. Poté se mohli astronauti přemístit do gumových člunů a začalo kropení astronautů, žabích mužů, člunů a kabiny speciální dezinfekcí kvůli zabránění zavlečení lunárních mikrobů na Zemi. Bylo zde také riziko, že by mikrobi byli rezistentní vůči



Obrázek 44: Posádka Apolla 11 vstupuje v biologických oblecích na palubu letadlové lodi Hornet.^[47]

dezinfekci a dostali by se do moře. Toto riziko NASA podstoupila, jelikož nebylo, dle jejích slov, žádné jiné možné bezpečnostní opatření.

Trvalo celou hodinu, než byl Aldrin vytažen na palubu helikoptéry vybavenou speciální kabinou biologické ochrany. Následoval Collins a dle tradice poslední opustil loď velitel. Vrtulník po čtyřech

minutách letu dosedl na palubu letadlové lodi Hornet a ihned sjel s astronauty do podpalubí, kde byla připravena mobilní karanténní stanice.

O den později odstartovaly z Hornetu dva letouny, z nichž jeden dopravil mobilní karanténní stanici s astronauty do Houstonu, druhý do téhož místa dopravil vzorky a filmy z Měsíce.

V Houstonu byla za 15 milionů dolarů vytvořena speciální karanténní stanice, která musela být po přistání astronautů izolována z důvodů možnosti infikování neznámými mikroby, které by mohly ohrozit lidstvo. Třípatrová budova označovaná LRL (Lunar Receiving Laboratory) vytvořila na dva týdny nový domov astronautům Apolla 11. Po přiletu se zde nacházelo dvanáct členů obsluhy: internista, lékařští technici, výpočtáři, číšníci, fotograf a tiskový mluvčí. V případě problémů mohlo v zapečetěné laboratoři pracovat až sto lidí.

LRL se skládal z operačního sálu, lékařské ordinace, haly pro sportovní hry, pracovny a konferenční místnosti. V případě nehody byl v celé budově udržován podtlak. Pokud by tedy nastal únik, vzduch by začal proudit do budovy.

Nejvyšší patro bylo vyčleněno pro zkoumání vzorků z Měsíce. Centrum tohoto patra tvořila místnost na obou stranách prosklená. Z těchto skel vyčnívaly pouze návleky na ruce, pomocí kterých se mohlo zacházet s lunárním materiálem. Všechny pokusy byly také řízeny dálkově. Veškeré vybavení dodaly atomové laboratoře v Oak Ridge.



Obrázek 45: Interiér karanténní stanice, ve které byli astronauti Apolla 11 po přistání umístěni.^[54]

V neděli 10. srpna 1969 byli astronauti propuštěni z karantény a mise Apolla 11 mohla být prohlášena za úspěšnou. Tři dny nato už absolvovali Armstrong, Aldrin a Collins cesty po velkých městech Spojených států, kde byli uvítáni jako hrdinové. Za jejich odvahu jim prezident Nixon předal nejvyšší americké vyznamenání – medaili Svobody.

Buzz Aldrin a výkaz služební cesty

Stejně jako všichni Američané vracějící se ze služební cesty ze zahraničí, tak i Buzz Aldrin musel vyplnit zprávu o výdajích a celní formulář, když se vrátil z Měsíce. Aldrin sdílel 30. června 2015 na svém twitterovém účtu dokumenty, které obsahují podpisy posádky Apolla 11 a celního inspektora z Honolulu, a jeden z nejpodivuhodnějších rozpisů tras v historii výkazu služebních cest: z Floridy na Měsíc, do Tichého oceánu, na USS Hornet, na Hawaj a zpět do Houstonu.

Aldrin požadoval po NASA 33,31 dolarů (dnes zhruba 215 dolarů po započtení inflace) za jeho cestovní výdaje. Nejspíše se jednalo o náklady na cestu autem mezi jeho domem a Ellingtonskou vojenskou základnou v Houstonu v Texasu. Zajímavé je, že si Aldrin našel na vyplňování cestovního příkazu čas při pobytu v lunárním modulu na Měsíci.

Po návratu musel Aldrin proclít předměty, které přivezla posádka Apolla 11 z měsíčního povrchu. Jednalo se zejména o kamení a vzorky půdy.

STANDARD FORM 1012-A
Title 7, GAO Manual
1012-210

TRAVEL VOUCHER MEMORANDUM

DEPARTMENT, BUREAU, OR ESTABLISHMENT NASA - Manned Spacecraft Center		VOUCHER NO. 014501
PAYEE'S NAME Col. Edwin E. Aldrin 00018		SCHEDULE NO.
MAILING ADDRESS PLEASE MAKE CHECK PAYABLE TO: Nassau Bay National Bank P.O. Box 58008 Houston, Texas 77032 Account #1-0348-9		PAID BY
OFFICIAL DUTY STATION Houston, Texas	RESIDENCE	
FOR TRAVEL AND OTHER EXPENSES FROM (DATE) 7-7-69 TO (DATE) 7-27-69	TRAVEL ADVANCE Outstanding \$	CHECK NO.
APPLICABLE TRAVEL AUTHORIZATION(S) NO. K-22002 DATE 6/18/69	Amount to be applied Balance to remain outstanding \$	CASH PAYMENT OF \$ RECEIVED (DATE)

TRANSPORTATION REQUESTS ISSUED

TRANSPORTATION REQUEST NUMBER	AGENT'S VALUATION OF TICKET	INITIALS OF CARRIER ISSUING TICKET	MODE, CLASS OF SERVICE, AND ACCOMMODATIONS*	DATE ISSUED	POINTS OF TRAVEL	
					FROM-	TO-
Gov. Air					Houston, Texas	Cape Kennedy, Fla. Moon Pacific Ocean (USN Hornett) Hawaii and return to Houston, Texas

Mr. Bird

8-4-69	AMOUNT CLAIMED	Dollars	Cts
	→	23	31

APPROVED (Supervisory and other approvals when required)

DIFFERENCES:

NEXT PREVIOUS VOUCHER PAID UNDER SAME TRAVEL AUTHORITY VOUCHER NO. : D.O. SYMBOL : DATE (MONTH-YEAR)	Total verified correct for charge to appropriation(s) (initials)	23 31
	Applied to travel advance (appropriation symbol)	

AUG 26 1969 **C. W. Bird**
Authorized Certifying Officer

NET TO TRAVELER → **23 31**

ACCOUNTING CLASSIFICATION
039-00-00-00-CA-2031-CB11

* Abbreviations for Pullman accommodations: MR, master room; DR, drawing room; CP, compartment; BR, bedroom; DSR, duplex single room; RM, roomette; DRM, duplex roomette; SOS, single occupancy section; LB, lower berth; UB, upper berth; LB-UB, lower and upper berth; S, seat.

Obrázek 46: Cestovní příkaz Buzze Aldrina – první strana [76]

SCHEDULE OF EXPENSES AND AMOUNTS CLAIMED

PREVIOUS TEMPORARY DUTY (Complete these blocks only if in travel status immediately prior to period covered by this voucher and if administratively required)

DEPARTURE FROM OFFICIAL STATION (DATE) (HOUR) TEMPORARY DUTY STATION LAST DAY OF PRECEDING VOUCHER PERIOD (LOCATION) (DATE OF ARRIVAL)

DATE	NATURE OF EXPENSE*	AUTHORIZED MILEAGE RATE 7		AMOUNT CLAIMED		
		SPEEDOMETER READINGS	No. OF MILES	MILEAGE	SUBSISTENCE	OTHER
7-7	LV: Residence 0445 POV		8	56		
7-7	AR: EAFB 0900					
7-7	LV: EAFB 0530 Gov. Air					
7-7	AR: Cape Kennedy, Fla. 0800					
7-16	LV: Cape Kennedy, Fla. 0832 Gov. Spacecraft					
7-19	AR: Noon 1925					
7-21	LV: Noon 2400 Gov. Spacecraft					
7-24	AR: Pacific Ocean 0600					
7-24	LV: Pacific Ocean 0800 USN Hornett					
7-25	AR: Hawaii 0900					
7-26	LV: Hawaii 1200 USAF Plane					
7-27	AR: EAFB 0100					
7-27	LV: EAFB 0215 Gov. Veh.					
7-27	AR: L.A. 0300					
Government meals and quarters furnished for all the above dates.						
POV was used for 100 miles official vicinity travel at Cape Kennedy, Fla. 10.00						
POV authorized for official vicinity travel at Cape Kennedy, Fla. in lieu of rental car.						
Thomas P. Stafford						
	1 day per diem (2) 8.00					
	19 1/4 days per diem (2) 17.25					
	Travel \$2.25 for meals (2) (4.50)					
Grand total to face of voucher (Subtotals, to be carried forward if necessary) →				23.31	56.22	75.10

*If per diem allowances for members of employee's immediate family are included, give members' names, their relationship to employee, and ages and marital status of children (unless this information is shown on the travel authorization).

Obrázek 47: Cestovní příkaz Buzze Aldrina – druhá strana^[76]

GENERAL DECLARATION
(Outward/Inward)
AGRICULTURE, CUSTOMS, IMMIGRATION, AND PUBLIC HEALTH

Owner or Operator NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION

Marks of Nationality and Registration U.S.A. Flight No. APOLLO 11 Date JULY 24, 1969

Departure from MOON (Place and Country) Arrival at HONOLULU, HAWAII, U.S.A. (Place and Country)

FLIGHT ROUTING
("Place" Column always to list origin, every en-route stop and destination)

PLACE	TOTAL NUMBER OF CREW	NUMBER OF PASSENGERS ON THIS STAGE	CARGO
CAPE KENNEDY	COMMANDER NEIL A. ARMSTRONG		
MOON	<i>Neil A. Armstrong</i>	Departure Place: Embarking NIL	MOON ROCK AND MOON DUST SAMPLES Cargo Manifests Attached
JULY 24, 1969 HONOLULU	COLONEL EDWIN E. ALDRIN, JR. <i>Edwin E. Aldrin, Jr.</i>	Through on same flight NIL	
	<i>Michael Collins</i> - LT. COLONEL MICHAEL COLLINS	Arrival Place: Disembarking NIL	
		Through on same flight NIL	

Declaration of Health

Persons on board known to be suffering from illness other than airsickness or the effects of accidents, as well as those cases of illness disembarked during the flight:

NONE

Any other condition on board which may lead to the spread of disease:

TO BE DETERMINED

Details of each disinsecting or sanitary treatment (place, date, time, method) during the flight. If no disinsecting has been carried out during the flight give details of most recent disinsecting:

Signed, if required
Crew Member Concerned

For official use only

HONOLULU AIRPORT
Honolulu, Hawaii
ENTERED

Ernest J. Marsa
Customs Inspector

I declare that all statements and particulars contained in this General Declaration, and in any supplementary forms required to be presented with this General Declaration are complete, exact and true to the best of my knowledge and that all through passengers will continue/have continued on the flight.

Obrázek 48: Celní prohlášení. Podepsáni jsou pod ním Armstrong, Aldrin, Collins a celní inspektor z Honolulu.^[76]

1.4.8 NAVIGAČNÍ SYSTÉM

Proslov Johna F. Kennedyho z roku 1961 o cestě člověka na Měsíc šokoval nemalou část lidí pracujících v NASA. Dle tehdejších plánů NASA nebyl lunární program na pořadu dne. Rakety a další technologie potřebné k cestě na Měsíc nebyly připravené, některé dokonce ani vynalezené. Počítačová technika byla teprve na počátku svého rozvoje. NASA musela pracovat s šibeničním termínem a dva měsíce po Kennedyho proslovu vypsal první zakázku pro Apollo. Netýkala se však rakety, nýbrž systému potřebného k navigaci rakety k Měsíci, bezpečnému přistání na Měsíci a návratu na Zemi.



Obrázek 49: Charles Stark "Doc" Draper.^[55]

NASA dávala navigačnímu systému velký význam. Žádná z velkých zakázek týkající se stavby rakety či lunárního modulu nebyla vyhlášena tak brzy. Zakázku získal Massachusettský technologický institut. Hned na začátku vývoje tohoto systému došlo k velkým kontroverzním diskuzím. Začátek 60. let byl na počátku rozvoje naváděcích systémů. Lidé pracující v tomto odvětví byli udiveni, že vládní zakázku na vývoj hardwaru prakticky provozovaných systémů dostala univerzita.

MIT byla a stále zůstává neobyčejnou univerzitou ve Spojených státech. Vedoucím přístrojové laboratoře se stal Charles Stark "Doc" Draper³⁰. Draper byl ve Spojených státech významnou osobností. Měl vzdělání v oblasti psychologie a fyziky, které mu dala vynikající odhad na výběr lidí pohybujících se okolo těchto technologií.

Draper patřil k elitě mezi inženýry. Dokázal si získat pozornost NASA navigační pomůckou, která v 50. letech neměla obdoby. Jednalo se o inerciální naváděcí systém. V roce 1953 tento vynález umožnil řídit letadlo autopilotem na cestě dlouhé 4 800 km z Bostonu do Los Angeles bez jakýchkoliv vnějších orientačních bodů.

³⁰ Charles Stark "Doc" Draper (2.10.1901 – 25.7.1987) byl americký vědec a inženýr, známý jako „otec inerciální navigace“. Byl zakladatelem a ředitelem přístrojové laboratoře na Massachusettském technologickém institutu. Obdržel více jak 70 vyznamenání a ocenění.

NASA věřila, že by se tato technologie dala využít při cestě člověka na Měsíc. To byla pro Dropera obrovská výzva a na jaře roku 1962 započala na MIT práce na navigačním systému pro Apollo. Základem se stala revoluční univerzitní naváděcí technologie skládající se z několika gyroskopů a zařízení na měření změn směru.



Obrázek 50: Ch. Draper na palubě bombardéru při testování navigačního přístroje.^[56]

Zařízení velikosti basketbalového míče mělo v sobě zabudované velice přesné gyroskopy, které udržovaly svou nosnou konstrukci dokonale vyrovnanou k tzv. inerciálnímu prostoru. Orientace takového prostoru není vztažena ani k Zemi, ani k obzoru, ale vytváří jakousi abstraktní představu nějakého místa. Systém byl založen na principu, kde osa roztočeného setrvačnicku zůstává v prostoru pevná, ať

se kolem ní děje cokoliv. Poskytuje tak pevnou základnu, neboli vztažnou soustavu, vůči které lze vypočítávat pohyb.

Dalším zařízením potřebným k vývoji navigačního systému byly akcelerometry. Jedná se o přístroje zjišťující zrychlení. Akcelerometry zjišťují, jakým směrem se pohybuje objekt vůči pevné ose udržované gyroskopy. Pokud je k dispozici záznam těchto pohybů, pak lze přesně určit, kde se pohybující objekt nachází.

Problém nastal v přesnosti takového zařízení. Nikdy předtím nikdo nepostavil tak přesný přístroj. Draper zavedl nové hygienické předpisy. Nedovolil například zaměstnancům jít do práce, když se vraceli ze slunečné dovolené, kde bylo zvýšené riziko odpadávání opálené kůže, nebo se ženy stavějící gyroskopy nesměly líčit.

Největší starosti dělalo sestavení kuličkových ložisek gyroskopů. Přesnost zde byla velice důležitá, jelikož i při sebemenší odchylce mohlo dojít ve vesmíru k obrovskému rozdílu vzdáleností. Byla zde pochybnost, zda nový systém bude dostatečně spolehlivý, proto se Draper rozhodl využít další přístroj – sextant. Na střeše MIT byl pro astronauty zřízen simulátor umožňující astronautům nacvičit kontrolu navigačního systému vzhledem ke hvězdám.

Posledním důležitým zařízením, které muselo MIT dodat, bylo elektromechanické zařízení, které údaje z gyroskopu převádělo na instrukce pro autopilota. Nebylo zde možno užívat Draperův systém, který dával pokyny autopilotovi letadla. K cestě na Měsíc byl zapotřebí důmyslnější systém. Novým úkolem se tak stalo zabudování moderního digitálního počítače do kosmické lodi, což se nikdy předtím nemuselo řešit.

V 60. letech byl počítač tak velký, že zabíral celé místnosti. Otázkou zůstávalo, jak vpravit takto ohromný počítač do kosmické lodi. Na tuto otázku dokázal odpovědět Richard "Dick" Horace Battin³¹. Battinův nový počítač měl vzniknout na základech nové technologie křemíkových čipů. Čipy však byly tak nové, že si nikdo nebyl jist jejich spolehlivostí. Výrobci se také stále učili tyto čipy vyrábět.

Testování spolehlivosti těchto čipů probíhalo jejich ponořením do freonové lázně. Po vyjmutí čipů z lázně a vysušení následovalo zvážení. Pokud hmotnost čipu byla po vyjmutí z lázně o několik mikrogramů vyšší, znamenalo to, že se v čipu nachází vada, jelikož nějaký freon musel proniknout do tohoto čipu. Pokud se taková chyba našla, čip byl odmítnut včetně celé série, ze které byl. Ze strany NASA zde byl velký tlak na kvalitu součástek, jelikož poprvé v historii lidstva měl být život člověka odkázán hardwaru s integrovanými obvody.

Ve vrcholné fázi programu Apollo byla NASA hlavním odběratelem čipů ve Spojených státech. Odebírala přes 60 % čipů vyrobených v USA. Čipy byly považovány za spolehlivé, byl zde však problém v rychlosti. Počet úloh, které čipy současně zpracovávaly, byl velice omezen.

Řešení tohoto problému přinesl J. Halcombe "Hal" Laning³². Přetížení počítače vyřešilo radikální řešení, kdy důležitější operace získaly vyšší prioritu. V 60. letech provoz počítačových systémů znamenal sdílení času mezi jednotlivými operacemi. Každý požadavek dostal přidělenou stejnou část strojového času jako jiné požadavky.

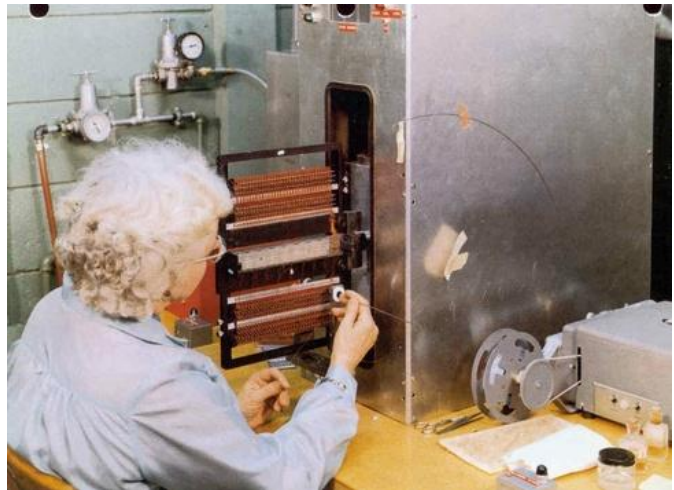
³¹ Richard "Dick" Horace Battin (3. 3. 1925 – 8. 2. 2014) byl americký inženýr, matematik a pedagog, který vedl návrh palubního počítače pro program Apollo.

³² Dr. J. Halcombe "Hal" Laning (14. 2. 1920 – 29. 5. 2012) byl americký počítačový průkopník, který v roce 1952 vynalezl algebraický kompilátor s názvem George, který umožnil zadávat matematické rovnice do počítače. Tento program se stal klíčovým při závodu o Měsíc. V letech 1955 – 1980 pracoval jako zástupce ředitele přístrojové laboratoře MIT. V roce 1983 byl zvolen do Národní akademie inženýrství za svou práci v leteckém průmyslu, zvláště pak v navádění raket. Byl také čestným členem Americké matematické společnosti.

Laning však přiřadil každé úloze jinou prioritu. Úloha s nízkou prioritou mohla být například aktualizace displeje, který astronautům něco ukazoval. Jednalo se pouze o indikaci toho, co se děje. Úlohou s vysokou prioritou bylo například navádění na přistání. Pokud se počítač dostane do problémů, může úlohy s nízkou prioritou odložit, aby bylo možné dokončit úlohy s vysokou prioritou. Tato metoda se v praxi ukázala jako klíčová, když umožnila přistání Apolla 11 na Měsíci.

Technologie však byla tak nová, že si nikdo nebyl jistý, co vlastně má počítač za úkol. Otázkou zůstávalo, zda se má starat o celý navigační systém, či je to pouze pomůcka pro astronauty. V následujících letech softwaroví inženýři nevěděli, jaké mají psát programy a co tyto programy mají dělat.

V počátcích 60. let se stalo slovo *software* zcela novým pojmem a také největším problémem v navigačním systému. Nikdo neuměl přesně říci, co by měl počítač vykonávat. Nikdo neuměl říci specifikace programu, proto softwaroví inženýři programovali prakticky to, co chtěli.



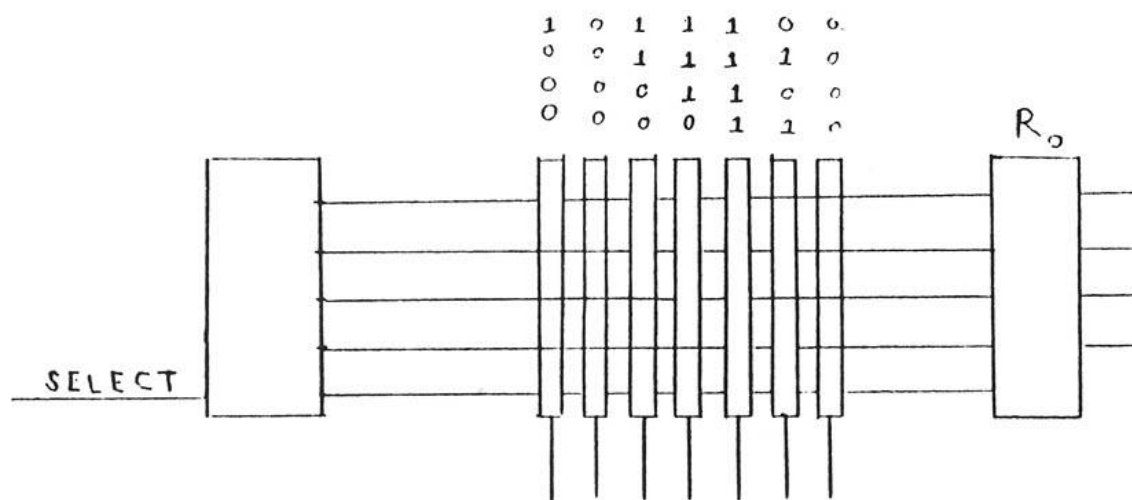
Obrázek 51: Žena zapisující program do pevné feritové paměti.^[59]

Když neexistovala specifikace programů, začaly narůstat dílčí programy. V 60. letech se veškeré

programy psaly ručně a následně se děrovaly do děrných štítků. Ty pak počítač dokázal číst. Zpracování těchto programů trvalo i několik hodin a výstupem byla hromada papírů z tiskárny. Pokud byl program napsán špatně, mohl mít štos papírů tloušťku i přes půl metru (místo jednoho centimetru). Hlavním problémem však byla paměť. Paměť programu naváděcího počítače Apolla odpovídala zhruba 72 kB v současném vyjádření. V dnešní době má průměrný chytrý telefon operační paměť o velikosti 2 GB, což je 3 500x více, než měl naváděcí počítač Apolla. Dalším problémem byla křehkost a nespolehlivost paměťových disků. Pro odstranění těchto problémů se začala užívat tzv. pevná feritová paměť.

Softwaroví inženýři napsali program, který byl následně odeslán do továrny. Tam byl software vetkán do pevné feritové paměti. Tato metoda byla nazvána *Little old Lady (LOL)*. Počítačový kód se skládá z jedniček a nul. V metodě LOL bylo důležité jejich fyzické rozlišení.

Paměť se skládala z prstencových jader a drátů. Feritová paměť byla založena na principu zmagnetování těchto jader. Pokud drát procházel skrz jádérko, představovalo to jedničku. Pokud drát šel kolem jádérka, představovalo to nulu. Takovýto zápis byl však velice zdoluhavý. Tkaní jednoho programu trvalo i několik měsíců. Pokud se v programu našla chyba, bylo velice obtížné ji opravit. To mělo za následek zpoždění celého softwaru a nervozitu v NASA i v Draperově laboratoři.



Obrázek 52: Princip zapisování kódu do pevné feritové paměti.^[63]

V roce 1966 NASA vyslala na vyřešení problému se softwarem Howarda Wilsona "Billa" Tindalla³³. Ten po prozkoumání systému Apollo napsal vedení NASA, že hrozí reálná šance, že se do konce desetiletí nepodaří dostat člověka na Měsíc, což bylo něco nemyslitelného. Po prozkoumání programu objevil také spousty duplicit a neefektivnosti celého programu,



Obrázek 53: Navigační počítač na palubě Apolla 8.^[64]

který byl plný chyb a příliš objemný. Velice často psal na ústředí NASA tzv. Tindallgramy. Jednalo se o zprávy, které hovořily o tom, že MIT zadaný úkol nezvládne, nemají požadovanou disciplínu a jejich postoj k celému problému je laxní. Tindall začal s neustálým tlakem na pracovníky laboratoří v MIT. V polovině roku 1966 se Draperův plán vytvořit palubní navigační systém řídící celou misi rozplynul.

Bylo rozhodnuto, že řízení navigace bude prováděno primárně z povrchu Země. Navigace byla postavena na použití rádiových vln. Palubní počítač začal hrát roli zálohy. Draperův naváděcí systém však byl jedinou možností na odvrácené straně Měsíce nebo v případě ztráty rádiového spojení. Nad dobou napsání softwaru a spolehlivosti palubního počítače visel otazník.

V roce 1967 se čas přistání na Měsíci blížil a tlak na pracovníky MIT byl čím dál tím vyšší. Tlak byl tak obrovský, že většina manželství inženýrů pracujících na softwaru se rozpadla. Nakonec se však podařilo palubní počítač sestrojít a poprvé byl prakticky vyzkoušen v říjnu 1968 při prvním pilotovaném letu s označením Apollo 7. Modul Apolla 7 kroužil na orbitě Země celých 11 dní a pomocí sextantu kontrolovali automatický naváděcí systém nazvaný Apollo Guidance Computer (AGC). Naváděcí systém fungoval bez jakýchkoliv potíží. Velkou zásluhu na tom měl zejména Tindall, který začal od roku 1966 dohlížet na inženýry z MIT.

³³ Howard Wilson "Bill" Tindall (20.2.1925 – 20.11.1995) byl inženýr pracující v NASA. Byl expertem na orbitální mechaniku během programu Apollo. V průběhu programu Apollo se stal koordinátorem tohoto programu. K jeho odpovědnosti patřilo předsedání setkání astronautů, konstruktérů, dodavatelů, rozhodování sporů nebo dohled na plánování misí.

Inženýři z MIT nakonec chybu objevili v kontrolním seznamu Aldrina. Ten podle kontrolního seznamu úkolů spustil návratový radar příliš brzy. Počítač pak už nezvládal zpracovávat údaje z tohoto radaru a data z přistání. Počítač fungoval přesně tak, jak byl konstruován, tedy přiřadil operaci s vyšší prioritou přednost.

Dne 24. července 1969 díky palubnímu navigačnímu systému posádka Apolla 11 bezpečně přistála na Zemi.

1.5 FYZIKÁLNÍ A ASTRONOMICKÉ ASPEKTY PROGRAMU APOLLO

Program Apollo znamenal obrovský technologický pokrok Spojených států nejen v oblasti astronautiky. Je důležité ale zmínit, z jakého důvodu byly vynaloženy miliardy dolarů na tento program. Tím hlavním důvodem nebylo vědecké poznání, ale soupeření se Sovětským svazem během studené války. Člověk může pouze polemizovat, zda by skutečně Američané stanuli na Měsíci, pokud by měli se Sovětským svazem o poznání lepší vztahy. Tuto teorii také potvrzuje fakt, že po úspěchu Apolla 11 byly zrušeny tři lety na Měsíc díky rozpočtovým škrtkům.

Program Apollo stál daňové poplatníky Spojených států více jak 25 miliard dolarů, přičemž cena jednoho letu se pohybovala v rozmezí 350 – 420 miliónů dolarů. Apollo bylo často zatracovaným programem pro jeho finanční náročnost. Pokud ale vezmeme v potaz hrubý domácí produkt (HDP) Spojených států amerických v letech 1961–1972, tak roční náklady na program Apollo nikdy nepřesáhly jedno procento HDP.³⁴ Dále pak většina vynaložené částky, z oněch zmiňovaných 25 miliard dolarů, byla použita na nové technologie a nové metody práce. Hospodářství Spojených států díky novým technickým inovacím získalo více jak 100 miliard dolarů. Každý investovaný dolar do programu Apollo se Spojeným státům v několika dalších letech pětinasobně vrátil.

Pokud se přesuneme k čistě astronomickým aspektům programů, nesmíme opomenout zisk nových zkušeností z kosmického prostoru. V programu Gemini (předchůdce programu Apollo) bylo poprvé uskutečněno spojení dvou kosmických lodí. Bez této zkušenosti by nemohl program Apollo dopravit člověka na Měsíc. A technologie setkávání se dvou kosmických lodí je stále aplikována v rámci Mezinárodní vesmírné stanice (ISS).

³⁴ HDP ve Spojených státech amerických mělo v letech 1961 – 1972, tedy v době programu Apollo, pouze rostoucí charakter. V roce 1961 bylo HDP rovno 3,28 bilionů dolarů, v roce 1972 už dokonce 5,25 trilionů dolarů.

Hlavním cílem programu Apollo bylo zkoumání Měsíce. Během čtyř let, kdy se létalo na Měsíc, bylo nashromážděno mnohem více informací než za všechna předcházející staletí. Byly pořízeny tisíce fotografií a stovky hodin filmových záběrů. Na Měsíci bylo instalováno šest vědeckých souprav ALSEP (Apollo 11 disponovalo redukovanou verzí ALSEP označovanou EASEP), které pomohly pochopit historii Měsíce. Tyto přístroje také zkoumaly na Měsíci měsíční horniny, meteority, šíření seizmických vln, šíření tepla, magnetické pole a sluneční vítr. V důsledku rozpočtových škrťů musel být poslední přístroj z aparatury ALSEP v roce 1977 předčasně odpojen. Stalo se tak kvůli rozpočtovým škrťům v NASA. Jediným přístrojem, který lze stále využívat, je koutový odražeč. Díky němu lze přesně určit, jaká je vzdálenost Země a Měsíce³⁵. V neposlední řadě bylo na Zemi dopraveno 382 kg vzorků, které byly podrobeny důkladné analýze a nyní se nacházejí na různých vědeckých pracovištích po celém světě.

³⁵ V letech 1969-1985 bylo uskutečněno několik měření, která změřila vzdálenost Země a Měsíce s přesností na 3 cm.

2 PRŮZKUM – CO ŽÁCI ZŠ VĚDÍ O VESMÍRNÝCH LETECH

V roce 2015 jsem uskutečnil průzkum mezi žáky 8. a 9. ročníku druhého stupně základní školy v Chlumčanech, kde jsem si v šesti otázkách kladl za cíl zjistit, zda žáci mají ponětí o počátcích kosmických letů do vesmíru a na Měsíc. Průzkumu se zúčastnilo celkem 46 žáků, z toho 21 dívek a 25 chlapců. Dotazník byl zcela anonymní a žáci měli na jeho vypracování 5 minut. Na vyplnění jedné otázky byl v průměru čas 50 sekund. Dle mého názoru byl tento čas dostačující, jelikož se jednalo o otázky, u kterých se odpověď nedala vydedukovat, ale odpověď žáci museli znát bezprostředně po přečtení otázky. Všech šest otázek bylo otevřených, aby bylo zamezeno „tipování“. Vyplněný dotazník lze nalézt v příloze č. 5.

Poznatky o Měsíci a kosmických letech na základní škole

Nejvíce informací o astronomii a kosmických letech se žáci dozívají až na konci devátého ročníku. Velice často se ale tyto kapitoly opomíjí z důvodu nedostatku času. Učivo astronomie na druhém stupni základní školy je dle učebnic [12], [13] a [14] členěno z hlediska astronomického obsahu následovně:

V sedmém ročníku se žáci seznámí s přímočarým šířením světla. Jsou seznámeni se zdroji světla ve vesmíru, což umožňuje aplikovat tyto znalosti na další téma – fáze Měsíce. Jsou obeznámeni s pojmy zatmění Slunce a zatmění Měsíce. V sedmém ročníku se zavádí také pojem rychlost světla ve vakuu.

V osmém ročníku je hlavním tématem příroda kolem nás. Žáci se seznámí se základními meteorologickými pojmy a jevy, atmosférou Země a jejím složením a problémy znečišťování atmosféry.

V devátém ročníku se žáci zaměří na planety sluneční soustavy a další astronomická tělesa, jako např. měsíce, planetky, komety nebo meteoroidy. Žáci dále získají představu o pojmu galaxie. Žákům je vysvětlen vznik, vývoj a zánik hvězd. Seznámí se se Sluncem, o němž se dozví, že je to pouze jedna z mnoha miliard hvězd ve vesmíru.

Žáci se dozvědí informace o poloze Země ve vesmíru vzhledem k ostatním planetám a hvězdám. Seznámí se s astronomem J. Keplerm, podle něhož jsou pojmenovány tři zákony, které vysvětlují pohyb planet sluneční soustavy³⁶.

Získají povědomí o souhvězdích a důležitých hvězdách, které využívali námořníci k orientaci na moři. Nelze opomenout ani obratník Raka a Kozoroha.

Dalším tématem jsou kosmické lety. Žáci se dozvědí o prvním člověku ve vesmíru a na Měsíci. Za účelem názorné demonstrace průběhu cesty na Měsíc jsem vytvořil metr vysoký papírový model rakety Saturn V (viz příloha č. 4). Na tomto modelu lze demonstrovat jednotlivé fáze letu, jelikož model lze rozložit na jednotlivé části: LM, CM, SM, LES, SLA, S-IC, S-II a S-IVB. Díky této pomůcce lze názorně žákům ukázat, jak takový let probíhal.

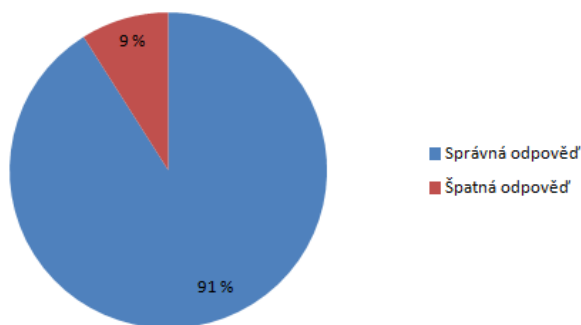
Dále žáci získají představu o rozdílu mezi přirozenou a umělou družicí Země. Dozvědí se, k čemu slouží umělé družice a jak je obyčejný člověk každý den nevědomky využívá.

V hodinách fyziky se astronomie objevuje i v dalších kapitolách, jako např. působení gravitační síly na kapalinu, působení gravitační síly na atmosféru, světelné jevy – princip dalekohledu; elektromagnetické jevy – magnetické pole Země; planeta Země – glóbus, zeměpisná délka, zeměpisná šířka, azimut, zemětřesení, sopečná činnost a pohyb litosférických desek.

2.1 JAK SE JMENOVAL PRVNÍ ČLOVĚK VE VESMÍRU?

Prvním člověkem ve vesmíru byl J. A. Gagarin. Úvodní otázka měla za úkol ověřit základní znalost z historie, mezi níž se vyslání prvního člověka do vesmíru bezesporu řadí. Z celkového počtu 46 dotázaných odpovědělo na první otázku 42 žáků správně. Zbývající žáci buďto neodpověděli (2), nebo si spletli osobu Gagarina s prvním člověkem na Měsíci – Armstrongem (2).

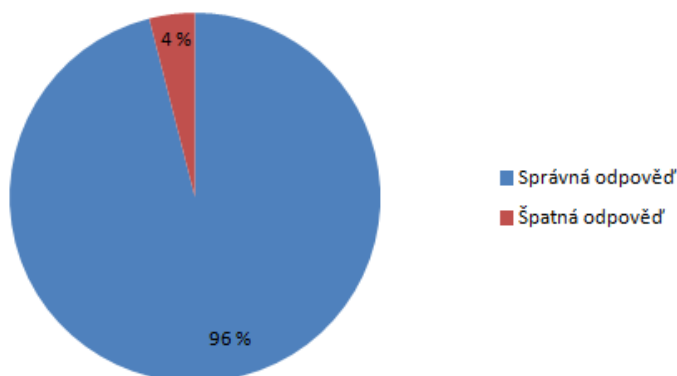
³⁶ Keplerovy zákony platí obecně pro pohyb libovolných těles v centrálním silovém poli, tedy i pro pohyb umělých družic kolem Země nebo pro pohyb Měsíce kolem Země.



Graf 3: Jak se jmenoval první člověk ve vesmíru?

2.2 JAKÉ NÁRODNOSTI BYL PRVNÍ ČLOVĚK VE VESMÍRU?

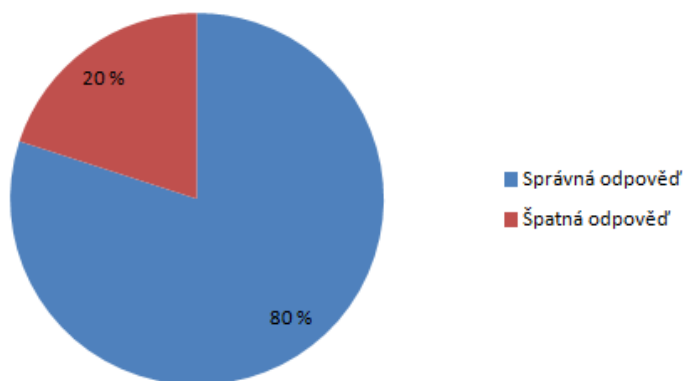
J. A. Gagarin byl občanem Sovětského svazu, nicméně mezi správnou odpověď jsem zařadil také ruské občanství. Z celkového počtu 46 dotázaných odpovědělo na druhou otázku 44 žáků správně. Dva žáci odpověděli, že první člověk ve vesmíru byl Američan. Byli to ti samí žáci, kteří označili Armstronga jako prvního člověka ve vesmíru.



Graf 4: Jaké národnosti byl první člověk ve vesmíru?

2.3 JAK SE JMENOVAL PRVNÍ ČLOVĚK NA MĚSÍCI?

Prvním člověkem na Měsíci byl Neil Armstrong. Z celkového počtu 46 dotázaných odpovědělo správně 37 žáků, což naznačuje, že pro žáky ZŠ je více známá osoba prvního člověka ve vesmíru, namísto prvního člověka na Měsíci. Zbýlých devět žáků otázku nevyplnilo, proto byla počítána jako chybná. Nevolili tedy jinou osobu namísto Armstronga.

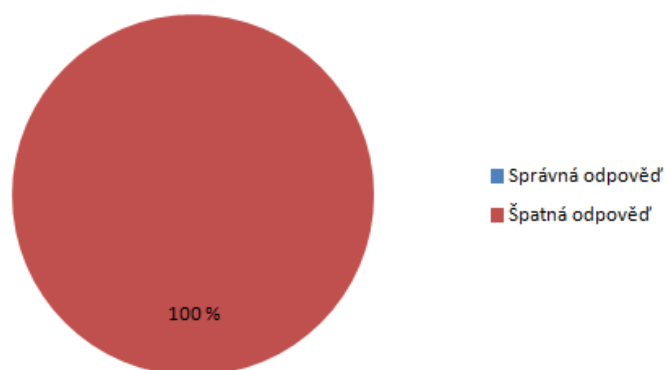


Graf 5: Jak se jmenoval první člověk na Měsíci?

2.4 JAK SE JMENOVAL DRUHÝ ČLOVĚK NA MĚSÍCI?

Druhým člověkem na Měsíci byl Buzz Aldrin a přesto, že vstoupil na povrch Měsíce o pouhých 10 minut později než Neil Armstrong, z celkového počtu 46 dotázaných nebyl jediný žák, který by znal Aldrinovo jméno.

U této otázky jsem však očekával výrazný úbytek správných odpovědí oproti předešlým otázkám, ačkoli přispění obou mužů v letu Apollo 11 bylo naprosto rovnocenné. Pokud by vedení NASA rozhodlo, že prvním člověkem na Měsíci bude Buzz Aldrin, zřejmě by většina žáků nevěděla Armstrongovo jméno. Výsledky této otázky mě utvrzují v názoru, že by na základní škole měl být program Apollo, a všeobecně kosmické lety, zařazen do výuky, jelikož nepřispívá pouze k popularizaci fyziky, ale i k propojení s ostatními humanitními předměty, jako je například historie.

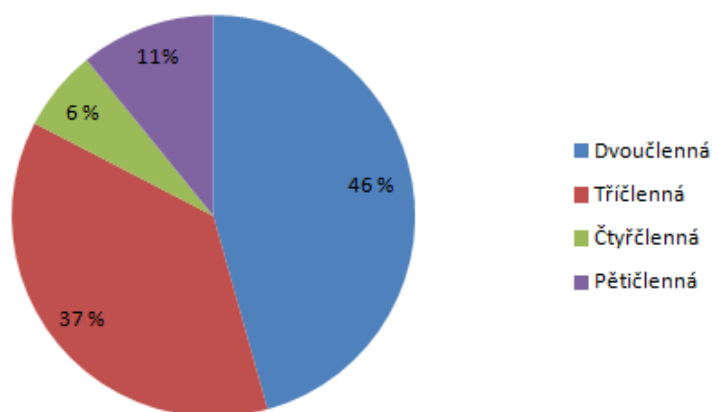


Graf 6: Jak se jmenoval druhý člověk, který vstoupil na povrch Měsíce?

2.5 KOLIKAČLENNÁ BYLA POSÁDKA KOSMICKÉ LODI, KTERÁ SE VYDALA NA MĚSÍC?

Kosmická loď Apollo byla konstruována pro tři astronauty. Ze 46 dotázaných 21 žáků zapomnělo na třetího astronauta, který setrval na oběžné dráze kolem Měsíce v CSM. Tato odpověď nejspíše vychází z předešlé otázky, kde jsem se ptal na druhého člověka na Měsíci. Opomenutí třetího astronauta, který setrval na oběžné dráze kolem Měsíce, může být dána z neznalosti jednotlivých fází letu kosmické lodi, kdy se v jeden čas lunární modul oddělí od CSM. Žáci mohli dospět k názoru, že let na Měsíc byl uskutečněn pouze pomocí jedné kosmické lodi.

Správně na otázku odpovědělo 17 žáků a zbývajících 8 žáků odpovědělo ve prospěch čtyř (3) nebo pětičlenné (5) posádky.



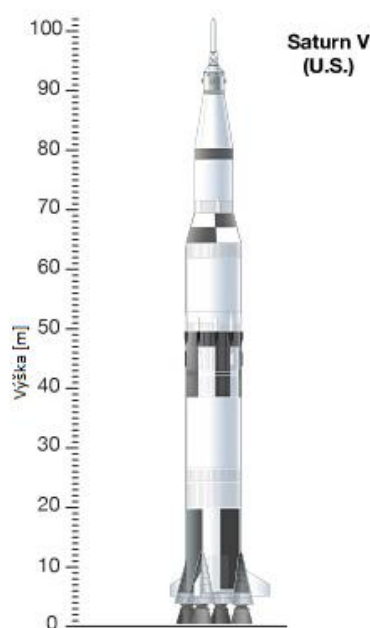
Graf 7: Kolikačlenná byla posádka kosmické lodi, která se vydala na Měsíc?

2.6 V JAK VELKÉ LODI SE ASTRONAUTI VRÁTILI NA ZEMI?

V poslední otázce dotazníku měli žáci za úkol do obr. 51 vyznačit, jak velká část rakety Saturn V a kosmické lodi Apollo se vrátila s astronauty na Zemi. V této poslední otázce jsem si kladl za úkol zjistit, zda žáci mají představu, jak velkou část rakety a kosmické lodi astronauti po dobu více jak jednoho týdne obývali.

Nejčastěji žáci (22) odpověděli, že se astronauti vrátili ve velitelském modulu s věží, která se však od lodi odpojila několik minut po startu ze Země. Je to špatná, nicméně logická odpověď, jelikož žáci zřejmě předpokládali, že astronauti byli umístěni na špici rakety a ta se celá vrátila do atmosféry. Dále žáci (9) odhadovali, že se astronauti vrátili na Zemi v CSM. Zde žáci tipovali, že astronauti za letu odhodili věž a vraceli se v celé kosmické lodi Apollo.

Sedm žáků odpovědělo správně a vyznačilo velitelský modul. Zbývajících osm žáků tipovalo návrat na Zemi v lodi skládající se ze záchranné věže, CSM a třetího stupně. S výsledky této otázky jsem byl spokojen, jelikož sedm žáků měla správnou představu o tom, jak malý byl obytný prostor pro astronauty vzhledem k velikosti rakety Saturn V a kosmické lodi Apollo.



Obrázek 55: Raketa Saturn V a kosmická loď Apollo.^[49]

2.7 CELKOVÉ VYHODNOCENÍ DOTAZNÍKU

Se znalostmi žáků 8. a 9. ročníku jsem byl převážně spokojený. Za velké plus pokládám jejich dobrý odhad velikosti velitelského modulu, kterým se astronauti vraceli na Zemi. Žáci se s tímto tématem nemohli na ZŠ setkat, a přesto byl jejich odhad správný. Pro větší prohloubení znalostí žáků ZŠ je proto vhodné zařadit papírový model rakety Saturn V, kde se žákům prezentují jednotlivé fáze letu názornou formou.

Naopak mě zklamala neznalost druhého člověka na Měsíci – Buzze Aldrina, kdy z celkového počtu 46 dotázaných žádný žák nedokázal tohoto astronauta jmenovat.

3 PRAKTICKÉ ÚLOHY A EXPERIMENTY ZAMĚŘENÉ NA MĚSÍC A VESMÍRNÉ LETY

Tato kapitola se zabývá námětem na praktické úlohy, které by měl žák 9. ročníku základní školy pod vedením učitele zvládnout. Úlohy 3.1 a 3.2 jsou dlouhodobého charakteru. Úloha 3.1 se zabývá vzájemným propojením matematiky a fyziky. Minimální čas, který by měl žák na zpracování této práce mít, je dle mého názoru jeden měsíc.

U úlohy 3.2 je nutný delší časový úsek, jelikož žák musí provádět pozorování Měsíce. Zde by měl být minimální časový úsek tři měsíce. Vzhledem k časové náročnosti tohoto úkolu je povoleno používat internetové zdroje s časy východu a západu Měsíce a Slunce.

V této kapitole jsou také sepsány návrhy na experimenty pro žáky základní školy týkající se kosmických letů. Všechny experimenty jsou koncipovány tak, aby byl žák přímým účastníkem a ne pouze pozorovatelem provedení experimentu, jelikož praktická činnost je pro žáky více přínosná než frontální vyučování.

3.1 PRAKTICKÁ ÚLOHA: UŽITÍ MATEMATIKY NA ZÁKLADNÍ ŠKOLE PRO STANOVENÍ POHYBU MĚSÍCE.

Počátkem roku 2015 si vybral žák ZŠ v Chlumčanech téma zabývající se letem prvních astronautů na Měsíc a pohybem Měsíce. Žák měl za úkol spočítat na úrovni matematiky, kterou se dosud naučil na ZŠ, kolik kilometrů urazí Měsíc na své trajektorii kolem Země během letu astronautů na Měsíc. Dalším úkol bylo vypočítat, o jaký úhel se na své trajektorii Měsíc posunul. Z internetových zdrojů měl žák k dispozici časy startů kosmických lodí ze Země a přistání na Měsíci, délku siderického měsíce a střední vzdálenost Země – Měsíc. Zároveň se předpokládalo, že oběžná dráha Měsíce kolem Země je kruhová a z toho plynoucí konstantní rychlost oběhu Měsíce kolem Země.

Prvním krokem bylo spočítat průměrnou dobu letu na Měsíc. Výpočet průměrného času není nutný, jelikož by šlo počítat s časem jakékoliv posádky Apollo, která přistála na Měsíci. Výpočet průměrné hodnoty jsem ale požadoval z důvodu aplikace aritmetického průměru, se kterým se žák seznámí v 5. ročníku (aritmetický průměr celých čísel, v 6. ročníku je zavedeno desetinné číslo).

Následoval výpočet délky oběžné dráhy Měsíce kolem Země. Využit zde byl vzorec $o = 2\pi r$, který se vyučuje v matematice 8. ročníku. Žák tím získal délku trajektorie oběžné dráhy Měsíce kolem Země a pro kontrolu ji měl ověřit na internetu. Užitím matematiky

základní školy byla odchylka délky trajektorie Měsíce vlivem eliptické dráhy Měsíce kolem Země pouhých 1 873 km na více jak 2,4 miliónů kilometrů.

Po výpočtu délky trajektorie Měsíce kolem Země následoval výpočet rychlosti oběhu Měsíce kolem Země. Byl zde využit vzorec

$$v = \frac{s}{t} (1),$$

se kterým se žáci setkali poprvé v 6. ročníku ve fyzice. Dráha s byla spočtena v předchozím výpočtu a za čas t byla dosazena hodnota siderického měsíce. Následovala opět kontrola s údaji na internetu.

V závěrečné fázi této práce žák opět aplikoval vzorec (1), kde za čas t dosadil průměrnou hodnotu doby letů kosmických lodí na Měsíc.

Nakonec byl vypočten úhel, o který se Měsíc posunul během doby letu na své trajektorii. Zde žák využil učivo matematiky 7. ročníku, přičemž si mohl zvolit, zda využije znalost trojčlenky nebo poměru.

Jak lze vidět, žák zde aplikoval znalosti matematiky a fyziky napříč všemi ročníky druhého stupně základní školy. Naučil se hledat a ověřovat údaje na internetu. Během výpočtů musel veličiny převádět na základní nebo stejné jednotky, což hodnotím jako jedno z nejproblematictějších učiv na základní škole. V neposlední řadě zjistil, že znalosti matematiky a fyziky jsou prakticky využitelné, o čemž mnozí žáci na základní škole pochybují. K tomuto názoru, že žáci pochybují o praktické využitelnosti matematiky s fyzikou, jsem dospěl díky mé dlouhodobé pozici pedagoga na ZŠ v Chlumčanech a rozhovory s žáky, při kterých jsem získal představu, jaký je jejich pohled na výuku výše zmiňovaných předmětů.

Pilotované lety na Měsíc nejsou součástí RVP pro základní školy, a proto je ani školy nezařazují do svých ŠVP. Žák tedy musel za pomoci literatury a internetu nastudovat pro něj novou problematiku. Vypracování této závěrečné práce lze nalézt v příloze č. 1.

3.2 PRAKTICKÁ ÚLOHA: POZOROVÁNÍ VÝCHODU A ZÁPADU MĚSÍCE A SLUNCE

Měsíc³⁷ lze nejčastěji pozorovat na noční obloze, někdy je ale viditelný i během dne. Úkolem žáka je v období alespoň tří měsíců zaznamenávat tvar Měsíce na obloze (žák provede náčrtek fáze Měsíce) a časy východu a západu Měsíce a Slunce. Po absolvování pozorování by žák z tabulky, ve které budou zaznamenány fáze a časy východu a západu Měsíce a Slunce, měl vypočítat určitou pravidelnost. V tomto okamžiku by měl pedagog žáka navést správným směrem k odhalení této pravidelnosti.

Cíl této práce tkví v uvědomění si, že střídání fází je způsobeno osvětlením Měsíce Sluncem a pohybem Měsíce kolem Země. Neustále se tak mění úhel, který svírá spojnice Země–Měsíc–Slunce. Při změně tohoto úhlu se mění plocha povrchu Měsíce, která je osvětlena Sluncem a zároveň viditelná ze Země.

Pokud je Měsíc na spojnici Země–Slunce, pak je osvětlena jeho odvrácená polokoule a Měsíc ze Země není vidět. Této fázi říkáme *nov*.

V případě, že se Měsíc nachází vůči spojnici Země–Slunce v úhlové vzdálenosti 90°, resp. 270°, pak se jedná o první čtvrt, resp. poslední čtvrt. Posledním případem je úplňk, který nastane, pokud se Měsíc nachází za Zemí vzhledem ke spojnici Země–Slunce. Ze Země vidíme stále jednu polokouli Měsíce, v tomto případě je tato polokoule celá osvětlená.

Během novu Slunce osvětluje odvrácenou stranu Měsíce a my ho tak nemůžeme pozorovat.³⁸ Měsíc se na obloze vyskytuje, avšak přivrácená strana není osvětlena. Společně se Sluncem vychází a také zapadá. Poprvé lze Měsíc prakticky pozorovat zhruba 2 až 3 dny po novu, kdy začíná být pozorován při západu Slunce. Postupně se východ a západ Měsíce začíná opožďovat za východem a západem Sluncem.




















³⁷ Dle pravidel českého pravopisu se píše velká písmena na začátku jmen hvězdářských, popř. pojmenování nebeských těles, souhvězdí atd.: Země, Měsíc, Neptun, Slunce, Polárka. Slova jako *země, měsíc, slunce* používáme i s malým písmenem, pokud je užíváme jinak, než v odborném smyslu: Čechy jsou krásná země. Svítíl měsíc a hvězdy. Dnes svítilo slunce.













Dle tohoto výkladu českého pravopisu by měl být psán *východ/západ Slunce* a *východ/západ Měsíce* s malým začátečním písmenem u slov *Slunce* a *Měsíc*. V této práci jsem se rozhodl pro přehlednost psát *východ/západ Slunce* a *východ/západ Měsíce* s velkým počátečním písmenem u slov *Slunce* a *Měsíc*. V případě kalendářního měsíce je počáteční písmeno malé.

³⁸ Pokud nepočítáme se zatměním Slunce. Při tomto astronomickém jevu vstoupí Měsíc mezi Slunce a Zemi. Tím Slunce částečně nebo zcela zakryje. Na Zemi můžeme v tuto dobu pozorovat pouze obrys Měsíce. Samotný Měsíc nepozorujeme kvůli jeho malému kontrastu.

Po dvou týdnech po novu nastává úplněk a Měsíc je vidět celý. V tomto období Měsíc začíná vycházet ve večerních hodinách. Tyto pozdní východy se neustále opožďují, až v poslední čtvrti jej můžeme pozorovat na ranní a dopolední obloze. Východy Měsíce se stále prodlužují, až po uplynutí synodického Měsíce se východ a západ Měsíce opět ztotožní s východem a západem Slunce, přichází nov a cyklus se opakuje.

V 7. ročníku fyziky na základní škole se žáci podrobně seznámí s fázemi Měsíce a měli by být obeznámeni s tímto procesem. Pozorování Měsíce a nalezení určité časové posloupnosti může být pro žáka impulz, který mu dodá hlubší zájem o astronomii a fyziku. V následující tabulce jsou zaznamenány fáze Měsíce a časy východu a západu Slunce a Měsíce v červenci roku 2015.

Datum	Východ Slunce	Západ Slunce	Východ Měsíce	Západ Měsíce	Fáze měsíce
1/7/2015	04:49	20:52	20:03	04:23	
2/7/2015	04:50	20:52	20:53	05:21	
3/7/2015	04:51	20:52	21:37	06:28	
4/7/2015	04:51	20:51	22:16	07:39	
5/7/2015	04:52	20:51	22:50	08:54	
6/7/2015	04:53	20:50	23:21	10:09	
7/7/2015	04:54	20:50	23:51	11:25	
8/7/2015	04:55	20:49	00:21	12:40	
9/7/2015	04:56	20:49	00:53	13:53	
10/7/2015	04:56	20:48	01:00	15:05	
11/7/2015	04:57	20:47	01:27	16:15	
12/7/2015	04:58	20:47	02:06	17:20	
13/7/2015	04:59	20:46	02:50	18:21	
14/7/2015	05:00	20:45	03:40	19:13	
15/7/2015	05:02	20:44	04:35	19:59	
16/7/2015	05:03	20:43	05:34	20:39	
17/7/2015	05:04	20:42	06:35	21:12	
18/7/2015	05:05	20:42	07:37	21:41	
19/7/2015	05:06	20:40	08:39	22:08	

Datum	Východ Slunce	Západ Slunce	Východ Měsíce	Západ Měsíce	Fáze měsíce
20/7/2015	05:07	20:39	09:40	22:33	
21/7/2015	05:08	20:38	10:42	22:57	
22/7/2015	05:10	20:37	11:42	23:21	
23/7/2015	05:11	20:36	12:44	23:47	
24/7/2015	05:12	20:35	13:45	00:15	
25/7/2015	05:13	20:34	14:48	00:48	
26/7/2015	05:15	20:32	15:49	01:00	
27/7/2015	05:16	20:31	16:51	01:26	
28/7/2015	05:17	20:30	17:48	02:11	
29/7/2015	05:19	20:28	18:42	03:05	
30/7/2015	05:20	20:27	19:29	04:08	
31/7/2015	05:21	20:25	20:12	05:17	

Tabulka 9: Východy a západy Slunce a Měsíce – červenec 2015^[79]

Jak již bylo zmíněno, tabulka č. 9 udává časy východu a západu Slunce a Měsíce a fáze Měsíce v jednotlivých dnech. Červenec roku 2015 byl vybrán záměrně, jelikož v tomto měsíci byl dvakrát Měsíc v úplňku. Stalo se tak 2. července 2015 a 31. července 2015. Rozdíl dvou po sobě jdoucích úplňků je 29 dní, což odpovídá synodickému měsíci (29,5 dne). Při dalším pozorování bychom dospěli ke stejnému závěru, že doba dvou po sobě jdoucích úplňků je přibližně 29 dní.

Za povšimnutí ale stojí časy východů a západů Měsíce a Slunce. Dne 16. července 2015 byl Měsíc v novu. Slunce vyšlo v 5:03 hodin a Měsíc v 05:34 hodin. V tentýž den Slunce zapadlo ve 20:44 hodin a Měsíc ve 20:39 hodin. Není tomu tak, že by Měsíc v době novu na obloze nebyl, ale v této fázi není přivrácená strana osvětlena Sluncem.

Seminární práce má tak dva základní body. Prvním je sledování změny fází Měsíce a toto střídání fází si spojit s pojmem synodický měsíc. Druhým bodem je uvědomění si, že Měsíc se objevuje na obloze každý den, ale ne vždy je pozorovatelný. Někdy, jako je tomu v případě novu, se časy východu a západu Slunce a Měsíce ztotožní a přivrácená strana Měsíce není osvětlena.

3.3 EXPERIMENT: APOLLO 13 A VÝROBA FILTRU

V pondělí 13. dubna 1970 se posádka Apolla 13 chystala po dvou dnech letu ke spánku, kterému předcházel přímý televizní přenos, o který ale žádná televizní stanice neměla zájem. Po úspěšném přistání Apolla 11 a 12 se přistání na Měsíci jevílo rutinní záležitostí.

Po necelých 56 hodinách letu J. Swigert promíchal nádrže s kapalným kyslíkem. V tom okamžiku se udál výbuch na servisní sekci v důsledku zkratu. Nádrž s kapalným kyslíkem, která byla nezbytná pro výrobu elektrické energie a dodávky kyslíku pro astronauty, se roztrhla. Astronauti byli nuceni v rámci šetření energie přejít do lunárního modulu, aby bylo ušetřeno co nejvíce energie ve velitelské sekci pro návrat na Zemi.

Přemístěním astronautů do lunárního modulu se vyskytl problém s filtrací oxidu uhličitého, jelikož LM byl konstruován pouze pro dva astronauty. Pro filtraci se užívaly filtry obsahující hydroxid hlinitý. Filtr nacházející se v LM byl navržen pro dvoučlennou posádku na dva dny letu. Nyní však musel zvládnout požadavky tříčlenné posádky po dobu zhruba pěti dní.

Řešením bylo využít filtr z velitelského modulu, který měl čtvercový tvar, nicméně filtr na lunárním modulu byl kruhového tvaru. Nastala otázka, jak dostat čtvercový filtr do kulatého otvoru. Právě to byl úkol pro posádku Apolla 13 a může být i pro žáky základní školy.

Pomůcky

K tomuto experimentu je zapotřebí kvádr, který představuje filtr z velitelského modulu. Tento kvádr má pevné obvodové stěny tvořené například ze dřeva. Horní a dolní podstava je opatřena průduchy (po celém povrchu podstav) opatřenými mřížkou a netkanou textilií. Dále je zapotřebí roura představující hadici z astronautova skafandru, igelitový pytel od skafandru, kobercová páska, pevné papírové desky představující letový plán, kovovou mřížku s rozměry nepřesahující rozměry filtru (nejlépe zakulacenou) a v neposlední řadě vysavač, který nám ukáže, zda improvizovaná filtrace skutečně funguje.



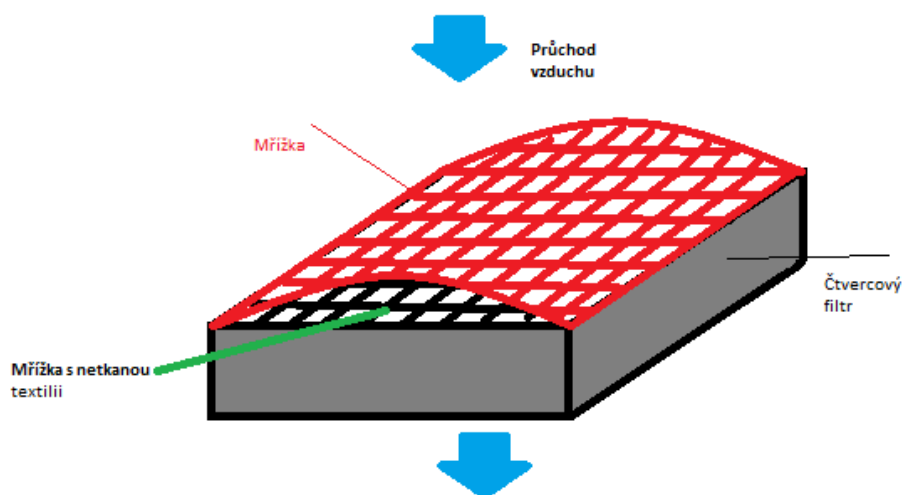
Obrázek 56: Posádka Apolla 13 při konstrukci improvizovaného filtru oxidu uhličitého.^[66]

Pro ztížení práce žákům a přiblížení experimentu více realitě je vhodné přidat k pomůckám také věci, které nevyužijí. Může se jednat o všemožné věci, důležité je, aby jich bylo minimálně dvakrát více než věcí využitelných.

Provedení experimentu

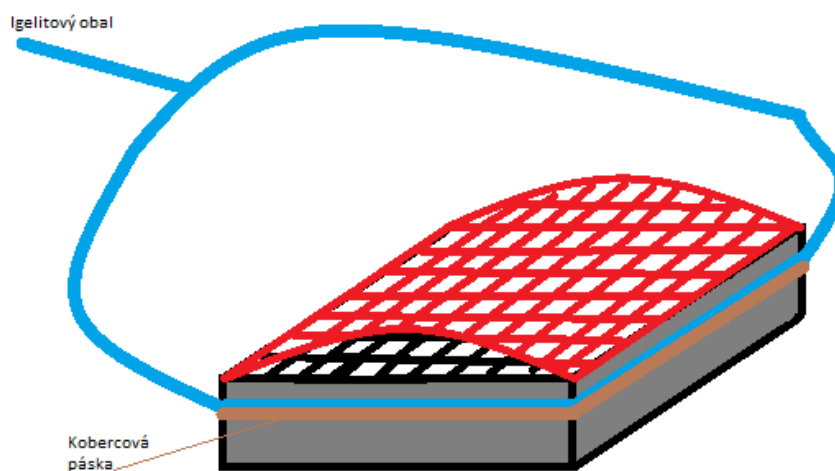
Před samotným provedením experimentu je dobré pomocí dataprojektoru či notebooku promítnout čas, který zbývá na splnění úkolu. Žáci se lépe vcítí do role astronautů, kteří měli pouze omezený čas, jinak by se udusili.

Úkolem je umístit rouru připevněnou jedním koncem k vysavači tak, aby druhý konec byl připojen k čtvercovému filtru a vysavač sál celou plochou tohoto filtru. Vysavač nám zde hraje roli kruhového filtru. Vezmeme čtvercový filtr a na jeho horní podstavu umístíme zahnutou mřížku (viz obr. 53). Funkce této mřížky bude vysvětlena později.



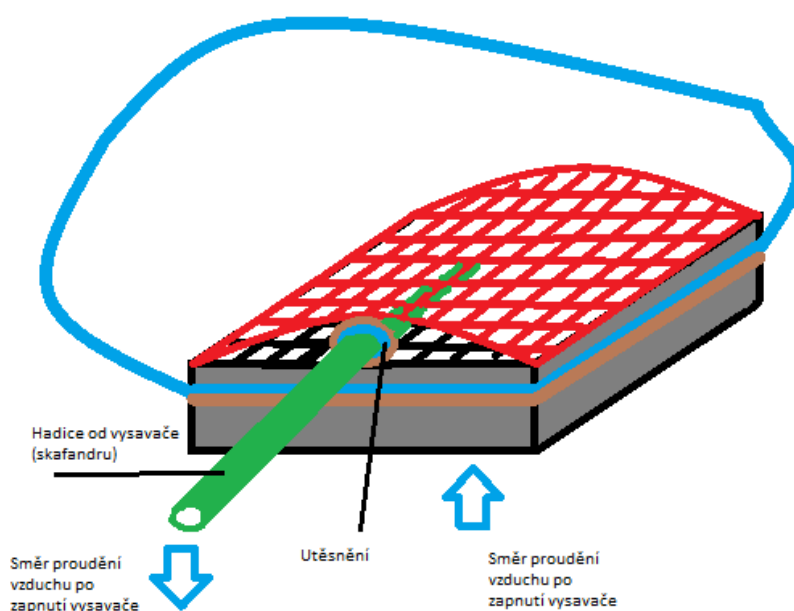
Obrázek 57: Schéma postupu výroby filtru oxidu uhličitého.^[autor]

Na mřížku umístěnou na horní podstavě čtvercového filtru umístíme pevné papírové desky z letového plánu. Pro lepší vžití se do role je vhodné vytisknout letový plán dostupný na adrese https://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/a11fltplan_final_reformat.pdf. Celou podstavu pak přikryjeme igelitovým pytlím, který připevníme k filtru kobercovou páskou (viz obr. 54). Igelitový pytlík musí být připevněn k filtru tak, aby izolepa byla přilepena jak ke stěnám filtru, tak k igelitovému pytlí.



Obrázek 58: Schéma postupu výroby filtru oxidu uhličitého. [autor]

Na igelitovém pytli protrháme malou díru, která odpovídá průměru hadice. Tu vložíme pod ocelovou mřížku dle obr. 55 a opět využijeme kobercovou pásku k utěsnění.



Obrázek 59: Schéma postupu výroby filtru oxidu uhličitého. [autor]

Pokud nyní zapneme vysavač, začne nejdříve vysávat vzduch z pytle a následně nasávat vzduch z dolní podstavy filtru. Fotografie průběhu tohoto experimentu a pomůcek, které byly při něm použity, lze vidět v příloze č. 2.

3.4 EXPERIMENT: JAK JE TĚŽKÉ TREFIT MĚSÍC

Dráha k letu na Měsíc není tak zřejmá, jak by se mohla žákům zdát. Při cestě na Měsíc se musí počítat s rotacemi Země a Měsíce kolem vlastních os a také s pohybem Měsíce kolem Země.

Žáci se ve dvojicích postaví proti sobě na vzdálenost zhruba 3 metrů. Jeden z nich představuje Zemi, druhý Měsíc. Žák představující Zemi drží v ruce tenisový (nebo molitanový) míček, který představuje raketu. Druhý žák drží odpadkový koš kruhového tvaru, do kterého se musí první žák strefit míčkem. Na povel učitele žák představující Zemi hodí míček do koše. Není zde problém se do koše trefit. Takto by situace vypadala, pokud by se Země ani Měsíc nepohybovaly a byly vůči sobě v klidu nebo rovnoměrném přímočarém pohybu.

V druhé fázi experimentu je přidána rotace Země kolem vlastní osy. Měsíc stále setrvává bez rotace na svém místě. Rotující žák má nyní o poznání ztíženou roli strefit Měsíc. Dále přidáme rotaci Měsíce kolem vlastní osy. Žák představující Zemi má nyní daleko těžší pozici při hodů míčku, jelikož musí počítat s rotací Země i Měsíce.

V poslední fázi je započítán i oběh Měsíce kolem Země. Žáci nyní vykonávají složité pohyby, při nichž je velice obtížné strefit Měsíc. Je vhodné dbát na vázanou rotaci, kdy Měsíc k Zemi přiklání stále stejnou stranu. Žák s košem by na to měl myslet a při obíhání okolo Země přivracet koš stále k Zemi. Fotografie z provedení tohoto experimentu na ZŠ v Chlumčanech jsou k vidění v příloze č. 3.

3.5 EXPERIMENT: SPRÁVNĚ NAČASOVANÉ PŘISTÁNÍ

Země a Měsíc jsou ve vzájemném neustálém pohybu. Start kosmické lodi musí být proto přesně vypočítán, aby loď po odstartování ze Země letěla správným směrem a rychlostí do místa, kde se bude Měsíc nacházet v době plánovaného přistání.

Pomůcky

Pro tento experiment je zapotřebí školní hřiště nebo jiné místo, kde je možné vytvořit kruh o průměru 60 m. Pokud není možné zajistit takovéto prostory, lze experiment provést i ve školní třídě, ale s menší názorností. Pro odměření vzdáleností je zapotřebí školní pásmo. Dalšími pomůckami jsou stopky a bílý sprej.

Provedení experimentu

Na školním hřišti vytvoříme kružnici o průměru 60 m a vyznačíme střed. Pro vyznačení je vhodné použít bílý sprej. Takto vytvořená (bílá) čára představuje kruhovou oběžnou dráhu Měsíce kolem Země. Pro potřeby provedení experimentu si vystačíme s kruhovou dráhou. Ve skutečnosti se jedná o elipsu, kde Země je v jednom z jejích ohnisek, které je různé od středu.³⁹ Vytvoříme menší soustřednou kružnici s poloměrem 0,5 m, která představuje povrch Země. Dle obr. 56 vytvoříme trajektorii kosmické lodi k Měsíci.

Určíme si přibližnou pozici Měsíce při startu a přistání kosmické lodi. Jeden vybraný žák začne klusat po pomyslné měsíční dráze z místa, které odpovídá pozici Měsíce při startu rakety. Po doběhnutí do pozice, ve které se bude Měsíc nacházet při přistání rakety, změříme jeho čas a ten zapíšeme.⁴⁰



Obrázek 60: Schéma trajektorie kosmické lodi k Měsíci a oběhu Měsíce kolem Země. Obrázek je pouze ilustrativní a není v měřítku.^[4]

Druhý žák bude klusat po pomyslné trajektorii kosmické lodi k Měsíci. Po uběhnutí této dráhy si změříme jeho čas. Úkolem žáků je nyní odhadnout, odkud musí žák na měsíční dráze vyběhnout, aby se setkal s kosmickou lodí. Pokus je vhodné několikrát opakovat,

³⁹ Excentricita dráhy Měsíce kolem Země činí 0,0549.

⁴⁰ Trajektorie cesty vesmírem mezi tělesy se řídí Hohmannovou elipsou, což neodpovídá trajektorii letu kosmické lodi ze Země na Měsíc. Obrázek 56 je pouze ilustrativní a pro potřeby experimentu postačuje.

aby se prostřídali všichni žáci. Fotografie z provedení tohoto experimentu na ZŠ v Chlumčanech jsou k vidění v příloze č. 3.

3.6 EXPERIMENT: APOLLO 11 A PODIVNÉ STÍNY

Existuje mnoho konspiračních teorií, které se snaží vyvrátit přistání prvních lidí na Měsíci. Většina z těchto konspiračních teorií je vyvrácena za pomoci experimentů, z nichž existují takové, které lze uskutečnit na základní škole s pomocí běžně dostupných pomůcek.

Většina konspiračních teorií se opírá o údajně fingované fotografie NASA, které jasně dokazují, že přistání na Měsíci se uskutečnilo ve filmovém studiu.

Dle zastánců konspiračních teorií byl snímek na

obr. 61 pořízen ve studiu, jelikož stíny měsíčních hornin a lunárního modulu nejsou rovnoběžné. To je možné pouze za přítomnosti více zdrojů světla. Jelikož je na Měsíci pouze jeden zdroj neodraženého světla, a to Slunce, neexistuje jiná možnost, než že byl snímek pořízen ve filmovém studiu.



Obrázek 61: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11, na které jsou vidět zdánlivě rozbíhané stíny.^[67]

Pomůcky

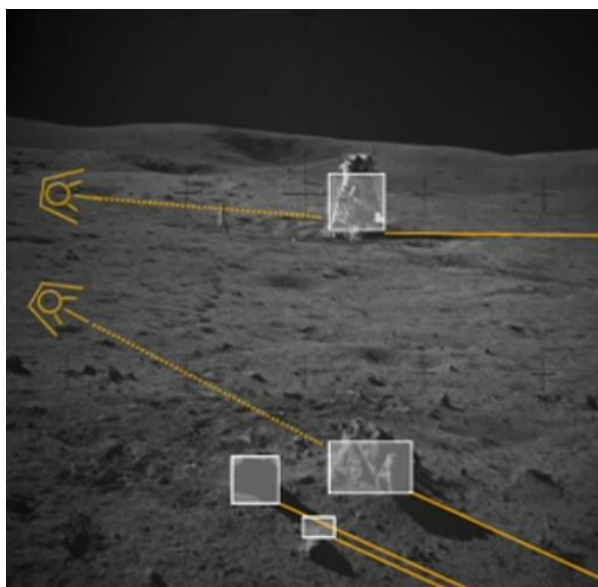
Model lunárního modulu, sádra (1 kg), igelitový obal, halogenová lampa, fotoaparát.

Provedení experimentu

K vyvrácení této teorie je zapotřebí velký model měsíčního povrchu. Tento model by měl mít zhruba 2 x 2 metry, což odpovídá dvěma spojeným školním lavicím.

Slunce představuje halogenová lampa.

Pro stavbu měsíčního povrchu spojíme

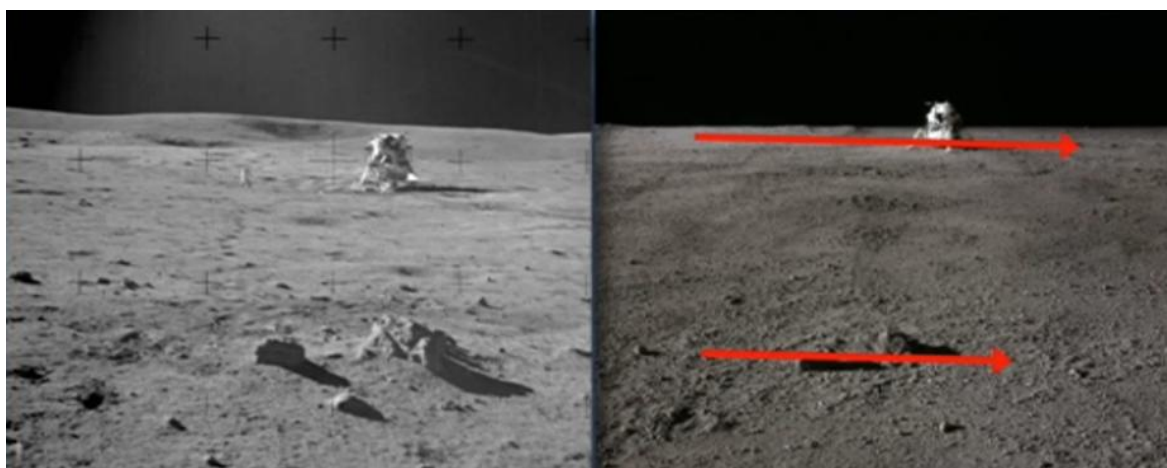


Obrázek 62: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11, na které jsou vidět zdánlivě rozbíhané stíny.^[67]

dvě školní lavice a potáhneme je igelitovým obalem, který zamezí ušpinění lavic a prostoru pod lavicemi.

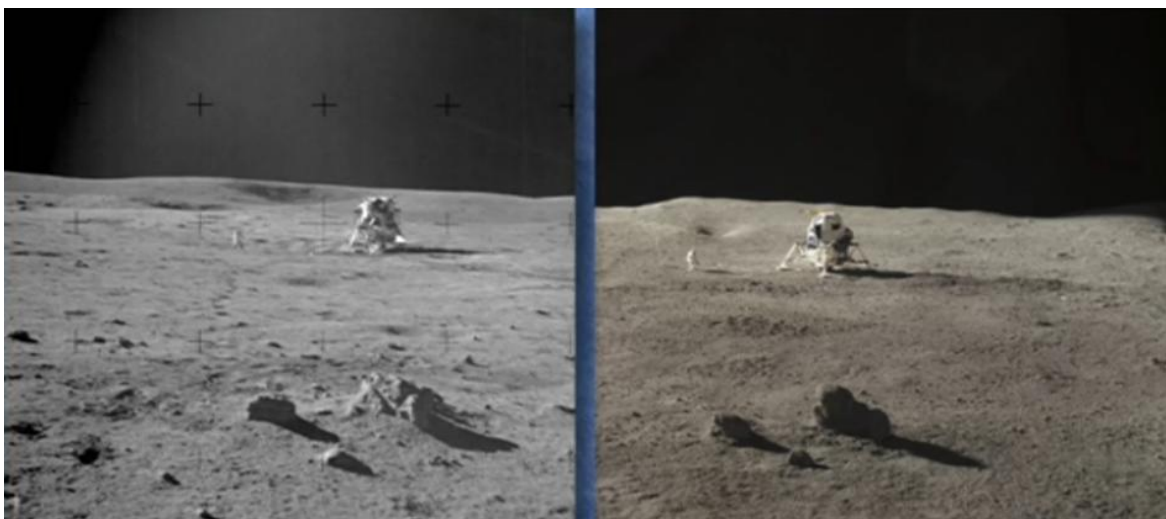
Povrch Měsíce vytvoříme použitím sádry, kterou nanese na celý povrch naší pracovní plochy. Terén je v této fázi experimentu bez vyvýšenin způsobených nanesením většího množství sádry. Do měsíční diorámy umístíme také tři kameny, které se nacházejí na fotografii pořízené posádkou Apollo 11. V neposlední řadě je zapotřebí model lunárního modulu v maximálním měřítku 1:96. Větší měřítko by bylo pro rozměry lunárního modulu nevhodné. Lunární modul lze vyrobit za pomoci papírových skládanek, které jsou volně ke stažení na internetu nebo využít plastové stavebnice.

Lunární modul umístíme na povrch Měsíce a celý povrch Měsíce osvětlíme halogenovou lampou, přičemž místnost máme maximálně zatemněnou. Vzniklou scénu vyfotografujeme fotoaparátem bez blesku. Stíny by v této fázi měly být skutečně rovnoběžné a naše fotografie by měla dát zapravdu zastáncům konspiračních teorií.



Obrázek 63: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11 (vlevo) a během experimentu (vpravo). Experiment s jedním zdrojem světla potvrdil, že stíny by měly být rovnoběžné.^[67]

V dalším kroku žáci musí přijít na způsob, jak zajistit, aby za použití jednoho zdroje světla nebyly paprsky rovnoběžné. Správné řešení se nachází v reliéfu terénu. Pokud přidáme do diorámy vyvýšeniny (větším množstvím sádry vytvoříme kopečky, na které umístíme kameny), stíny přestanou být zdánlivě rovnoběžné, a to za přítomnosti pouze jednoho zdroje světla. Dva rovnoběžné stíny z jednoho zdroje světla se tedy mohou jevit různoběžné, a to pouze díky terénu, na který dopadají.



Obrázek 64: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11 (vlevo) a během experimentu (vpravo). Do měsíční diorámy byl přidán reliéf terénu, který způsobil zdánlivě nerovnoběžné směřování stínů.^[67]

Při tomto experimentu se žáci seznámí s přistáním člověka na Měsíci a s konspiračními teoriemi, které se snaží přistání na Měsíci vyvrátit. Žáci také musí přijít na způsob, jak zařídít, aby stíny byly zdánlivě různoběžné.

Tento experiment byl proveden žáky 8. ročníku ZŠ v Chlumčanech v rámci předmětu *fyzikální praktika*. Fotografie z tohoto experimentu lze nalézt v příloze č. 6.

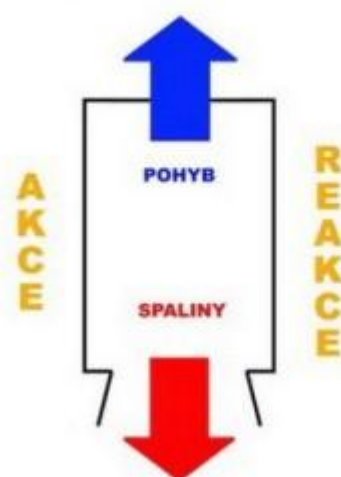
3.7 EXPERIMENT: LIHOVÁ RAKETA

V 7. ročníku základní školy se v hodinách fyziky žáci poprvé setkávají s Newtonovými pohybovými zákony. Při tomto experimentu je představen třetí Newtonův pohybový zákon – zákon *akce a reakce*. Žáci jsou v hodině přímo vtaženi do provedení experimentu tím, že si mohou sami vyrobit a vystřelit svou vlastní raketu.

Pomůcky

Technický líh (na jednu raketu přibližně 10 ml), brčko libovolného průměru, izolepa (libovolná šířka), PET lahev (1,5 l), nůžky, zápalky, provázek dlouhý přibližně 10 m.

Princip raketového motoru



Obrázek 65: Princip raketového motoru.^[68]

Provedení experimentu

Rakety fungují na principu reaktivního motoru, kdy ve spalovací komoře dochází ke spalování paliva a rozpínání plynu unikajícího z rakety. Raketa se pak pohybuje opačným směrem, než je směr proudění plynu.

Do středu víčka PET lahve uděláme nůžkami otvor zhruba o průměru 5 mm. Na lahev zvnějšku umístíme brčko, které k lahvi připevníme izolepou. Brčko nesmí být zdeformované, jelikož se jím bude protahovat provázek, pomocí kterého budeme korigovat let rakety. V případě zdeformovanosti brčka by docházelo k brzdění rakety.

Do lahve nalijeme zhruba 10 ml technického lihu a lahev uzavřeme provrtaným víčkem. Díru ve víčku zacpeme prstem a důkladně celou lahev protřepeme. Po protřepání dřevěným víčkem vylijeme veškerý líh, který se v lahvi nachází. V tuto chvíli je lahev naplněna vzduchem a lihovými parami, které nám umožní hoření.

Brčkem provlékneme provázek, který zavážeme oběma konci k předmětům, které udrží provázek napnutý. Máme tak vytvořenou dráhu, po které se bude raketa pohybovat během letu.

Posledním krokem je zažehnutí rakety. Sirku přiložíme k provrtanému otvoru. Nastane zážeh a pohyb rakety. V důsledku hoření lihové směsi dochází k prudkému nárůstu tlaku v lahvi. Prudký únik par (akce) vyvolá reakci v podobě pohybu rakety opačným směrem, než je únik par.



Obrázek 66: Zapálení lihových par v PET lahvi.^[69]

3.8 EXPERIMENT: NESNÁZE KOSMICKÝCH LETŮ

Kosmický let nemůže být srovnatelný s cestou letadlem nebo autobusem. Ač se samotná cesta může zdát sebevíc banální, následující experiment si klade za cíl tento názor žákům vyvrátit.

Pomůcky

Hlavní pomůckou tohoto experimentu je model kosmické lodi. V rámci diplomové práce jsem vytvořil model rakety Saturn V v měřítku 1:96. Tento typ rakety se užíval pro lety na Měsíc. Model je tvořen pouze z papíru a jeho výška činí 1,15 m. Mezi jeho největší přednosti patří možnost rozložit model na jednotlivé části, což umožní názorně popsat cestu kosmické lodi na Měsíc. Veškeré fotografie tohoto modelu jsou umístěny v příloze č. 4.

Takovýto model si mohou žáci sami postavit, a to až v měřítku 1:48. Veškeré plány pro stavbu modelu rakety Saturn V a dalších kosmických lodí lze nalézt na stránce <http://papermodelingman.com/> a jsou volně ke stažení. Žáci si tak mohou během dvou vyučovacích hodin vytvořit jednoduchý model rakety v měřítku 1:480.



Obrázek 67: Papírový model rakety Saturn V se startovací rampou v měřítku 1:480.^[70]

Provedení experimentu

Žáci se rozdělí do šesti až sedmičlenných skupin, v nichž si vytvoří každá skupina model rakety v měřítku 1:480. Ve skupinách si žáci zvolí tříčlennou posádku kosmické lodi pro cestu na Měsíc. Zbývající členové skupiny budou tvořit pozemní personál. Úkol celé skupiny je připravit letový plán a přehled potřeb astronautů. Pro inspiraci se jedná např.

o vodu, potraviny, kyslík, topení, palivo,

prostředky pro korekci dráhy, hygienické potřeby nebo kamery. Dozajisté žáci přijdou v průběhu bádání na mnoho dalších důležitých věcí. Všechny jejich nápady napíší na papír a už nic nebrání k uskutečnění simulovaného letu.

Simulovaný let je v režii pedagoga, který ukazuje na jeho modelu rakety jednotlivé fáze letu. Při simulaci přistání na Měsíci, tedy odpojení CSM od LM po jeho opětovné setkání,



Obrázek 68: Plastový model LM a CSM od firmy Revell.^[71]

Ize využít také plastové modely značky Revell nebo Academy, které jsou konstrukčně uzpůsobeny tak, aby bylo možné názorně představit spojovací manévry ve vesmíru a jednotlivé fáze přistání na Měsíci. Výroba těchto modelů je ale finančně i technicky náročnější, nicméně výsledek je pro výuku fyziky k nezaplacení.

V poslední fázi experimentu mezi sebou jednotlivé skupiny diskutují a předávají si další návrhy potřeb pro let na Měsíc, na které zapoměly. Tyto zapomenuté potřeby si žáci dopíší na seznam potřeb a barevně si je podtrhnou. Jsou tak přehledně obeznámeni s tím, na kolik důležitých věcí zapomněli a bez kterých by se astronauti nemohli na cestu k Měsíci vydat.

4 WEBOVÉ STRÁNKY ASTRONOMIA

Astronomia.zcu.cz je astronomický server fakulty pedagogické ZČU v Plzni. Stránky jsou rozčleněny do šesti hlavních bloků: hvězdy, hvězdáři, galaxie, astrofoto, planety a nově též kosmolety. Poslední zmiňovaný blok byl vytvořen v rámci této diplomové práce a zabývá se kosmickými lety. Po navštívení stránky astronomia.zcu.cz se uživateli zobrazí rolovací okno, ve kterém si zvolí blok dle svého zájmu. Každý tento blok je charakterizován jedním obrázkem. V případě bloku *Kosmolety*, zkrácenina slov „*Kosmické lety*“, byla zvolena insignie Mezinárodní vesmírné stanice z důvodu společného úsilí všech lidí na Zemi objevovat nové poznatky ve vesmíru.



Obrázek 69: astronomia.zcu.cz: hlavní rozcestník stránek astronomia.zcu.cz.

Po kliknutí na ikonu *Kosmolety* se otevře seznam kosmických programů (viz obr. 70), které může uživatel navštívit. V rámci této diplomové práce byl doplněn odborný text zabývající se měsíčními sondami, programem Mercury, Gemini a Apollo. Jak si lze všimnout na obr. 70, nachází se na stránkách astronomia.zcu.cz možnost přejít na programy Sojuz, Sojuz-Apollo, ISS & MIR a program raketoplánů. Tyto programy nebyly v rámci diplomové práce textově doplněny, ale je zde velký potenciál v blízké budoucnosti tyto stránky doplnit o mnoho zajímavých informací.



Obrázek 70: astronomia.zcu.cz: seznam kosmických programů.

Na obr. 71 je patrné rozčlenění stránky, která pojednává o programu Apollo. Oproti diplomové práci, kde je popisován program Apollo pouze k letu Apollo 11, na webových stránkách je popsán celý program doplněný o další informace, které se v diplomové práci neobjevily (popis vědecké aparatury ALSEP, seznam astronautů a také všechny mise v rámci programu Apollo). Všechny mise jsou dále doplněny údaji o letu, popisem insignie letu a zejména fotogalerií.

Astronomia
ASTRONOMIE PRO KAŽDÉHO

KOSMICKÉ LETY

Nepilotované lety Pilotované lety Raketoplány ISS & Mir

..ostatní

Obtížnost Testy

Novinky Hledání



Program Apollo
Mise
AS-201, AS-203, AS-202
Apollo 1
Apollo 4
Apollo 5
Apollo 6
Apollo 7
Apollo 8
Apollo 9
Apollo 10
Apollo 11
Výběr posádky
Cesta na Měsíc
Základna Tranquility
Návrat na Zemi
Izolace
Apollo 12
Apollo 13
Apollo 14
Apollo 15
Apollo 16
Apollo 17
Astronauti
Seznam pokusů
Navigační systém

PROGRAM APOLLO

„That's one small step for a man. One giant leap for mankind.“

Bylo to národní úsilí, které umožnilo astronautovi Neilovi Armstrongovi vyslovit tato slova, jakmile vstoupil na povrch Měsíce.

Došlápnout lidskou nohou na povrch Měsíce ale nebylo jediným cílem programu Apollo. V sázce byla také prestiž Spojených států, výzkum nových technologií umožňující splnění národních zájmů ve vesmíru, provádění vědeckých experimentů nebo rozvíjení schopností člověka pracovat v lunárním prostředí. Program Apollo přinesl člověku během jedenácti let ohromný technologický rozvoj, nicméně cesta k tomuto obrovskému úspěchu nebyla dlážděná, ale mnohdy trnitá a svízelná.



INSIGNIE

Insignie programu Apollo

SVÍZELNÁ CESTA K MĚSÍCI

V roce 1961 se po schválení programu Apollo objevila otázka, jakým způsobem kosmická loď doletí a přistane na Měsíci. Existovaly celkem čtyři návrhy průběhu letu, které se podstatně lišily ve svém provedení, technologické náročnosti i bezpečnosti.

Lunar Surface Rendezvous (Setkání na povrchu Měsíce)

Tato metoda počítala s vysláním dvou raket v relativně blízkém čase na velice blízké dráhy. První raketa by plnila funkci zásobovací stanice, která by přistála na povrchu Měsíce. Za touto raketou by se vydala druhá,

Pilotované lety > Apollo (1961–1972) > Program Apollo

Obrázek 71: astronomia.zcu.cz: hlavní stránka programu Apollo.

ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo zahrnutí tématu letů do vesmíru v 50. a 60. letech 20. století do výuky fyziky na základní škole. V první kapitole jsem se zabýval historií kosmických letů se zaměřením na americký vesmírný program. V době studené války mělo dobytí vesmírného prostoru nejen vědecký účel, ale zejména politický a vojenský. Stejně tomu bylo tak u cesty člověka na Měsíc, kdy Spojené státy dne 20. července 1969 dominovaly nad Sovětským svazem.

Na základní škole se žáci setkávají s kosmickými lety ve fyzice v 9. ročníku. V druhé kapitole diplomové práce jsem žákům položil šest otázek, které se týkají počátků letů do vesmíru a na Měsíc. Zjistil jsem, že většina žáků nemá představu o tom, jak takový let probíhá. Z tohoto důvodu jsem vytvořil praktickou pomůcku do hodin fyziky – raketu Saturn V, kterou lze rozložit na jednotlivé části. V rámci mé pozice pedagoga na základní škole jsem tuto pomůcku vyzkoušel při hodině fyziky. Žáci názorné ukázkou věnovali větší pozornost než při běžné frontální výuce. Vidím zde potenciál k většímu zaujetí žáků při výuce fyziky.

V práci dále uvádím návrhy na zadání dlouhodobých seminárních prací s tematikou kosmických letů a pozorování Měsíce. Při tvorbě těchto prací jsem se zaměřil na provázanost fyziky s matematickým aparátem získaným na druhém stupni základní školy.

Třetí kapitola, společně s návrhy seminárních prací, obsahuje také experimenty, které lze uskutečnit na hodinách fyziky. Mým cílem bylo uvést experimenty, které nejsou na základní škole příliš běžné. Jedná se například o vyvrácení konspiračních teorií přistání člověka na Měsíci. Některé experimenty zahrnují i nutnou kooperaci žáků, což přispívá k sociální interakci mezi žáky a učí je kompromisům ve skupině.

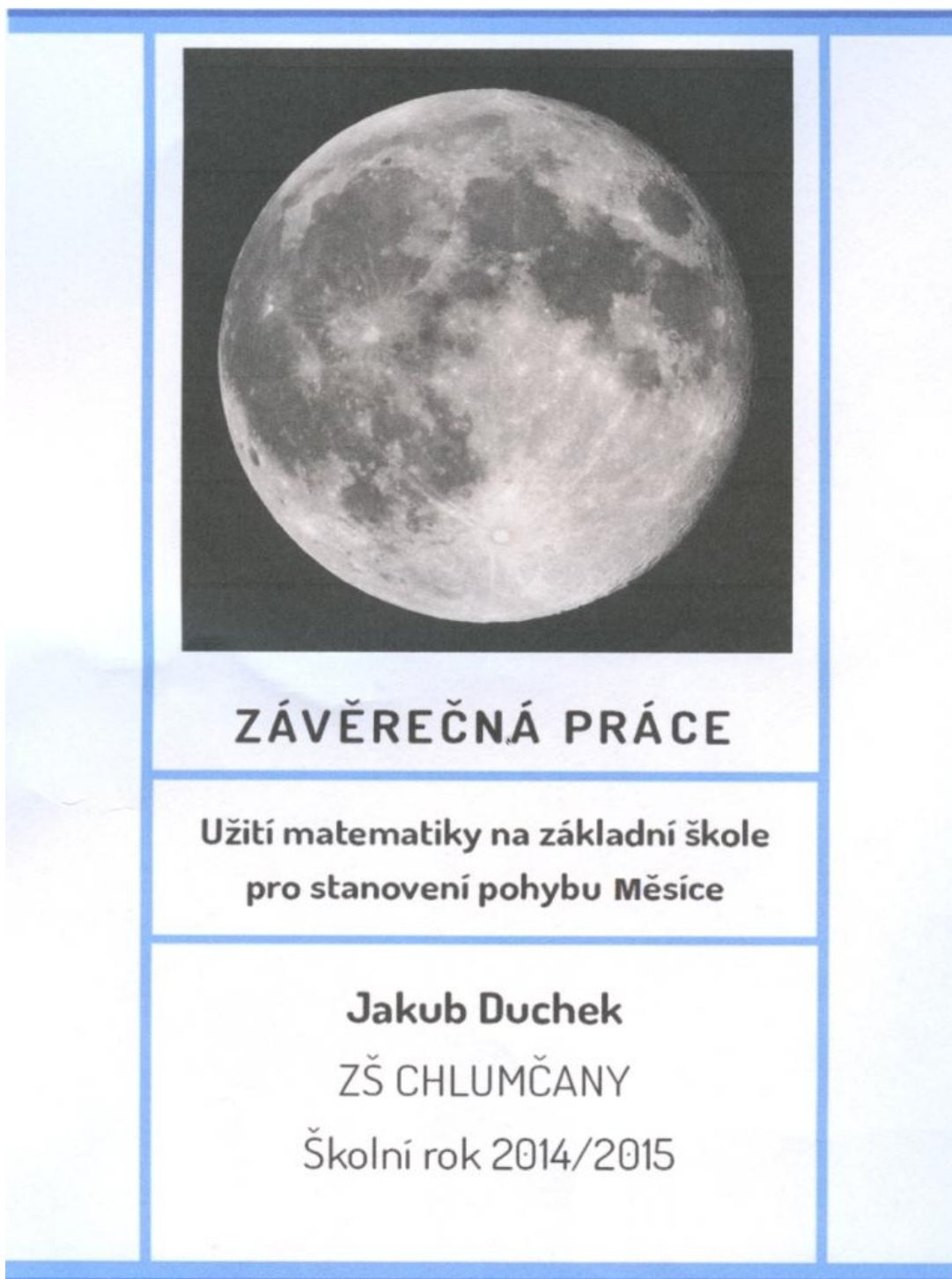
Posledním bodem této diplomové práce byla tvorba odborného textu, který je dostupný na webových stránkách astronomia.zcu.cz. Za tímto účelem byl vytvořen nový blok webových stránek s názvem *Kosmolety*. V rámci diplomové práce byly doplněny texty týkající se sond vyslaných k Měsíci a vesmírných programů Mercury, Gemini a Apollo. Vidím zde velký potenciál v dalším rozšiřování stránek o další vesmírné programy.

RESUMÉ

Diplomová práce vytváří v první řadě srozumitelný učební materiál pro žáky základních škol. Je zde popsána historie kosmických letů se zaměřením na program Apollo. Dotazníkovým šetřením jsem zjistil, že žáci mají o kosmických letech pouze základní informace, které by bylo možné prohloubit experimenty uvedenými v diplomové práci. Součástí diplomové práce byla výroba učební pomůcky – papírového modelu rakety Saturn V. Díky této pomůcce budou žáci lépe obeznámeni o průběhu letu na Měsíc. V neposlední řadě byla uskutečněna modernizace webu astronomia.zcu.cz, kde byla přidána stránka *Kosmolety* zabývající se kosmickými lety. Na webové stránky byl nahrán odborný text týkající se letů sond k Měsíci, programu Mercury, Gemini a Apollo. Vidím zde velký potenciál v pokračování modernizace webových stránek a rozšíření o další kosmické programy.

PŘÍLOHA 1: ZÁVĚREČNÁ PRÁCE ŽÁKA ZŠ

V této příloze je k nahlédnutí závěrečná práce žáka 9. ročníku základní školy, který se rozhodl zabývat kosmickými lety k Měsíci. Bližší specifikace této práce se nachází v kapitole 3.1. Práce byla vytvořena ve školním roce 2014/2015 na základní škole v Chlumčanech pod mým vedením. Během třech měsíců jsme s žákem uskutečnili dvě konzultace. Ročníková práce byla po odborné stránce v pořádku.^[Jakub Duchek]



Obsah

Obsah

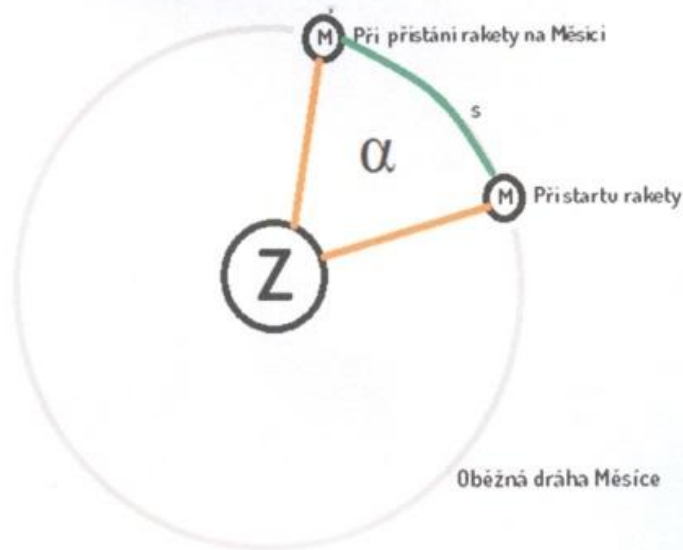
1.	Úvod	3
2.1	Zadání práce	3
2.2	Metoda	4
3.	Výchozí data	4
4.	Průměrná doba letu	5
5.	Závěr	7
6.	Použité zdroje	8

1. Úvod

Téma této práce mi pomohl vybrat pan učitel Královec. V této práci s využitím vzorců z matematiky a fyziky vyučovaných na základní škole stanovím rychlost pohybu Měsíce během letu pilotované kosmické lodi Apollo a na základě výpočtů určím, jakou vzdálenost Měsíc na své oběžné dráze kolem Země překonal.

2.1 Zadání práce

Díky programu řízených letů Apollo již vstoupilo 12 lidí na povrch Měsíce. Těchto 12 šťastlivců bylo dopraveno 6 raketami Saturn V. V čase startu rakety t_1 byl Měsíc v poloze M_1 . V čase přistání na Měsíci t_2 byl Měsíc v poloze M_2 . Úkolem této práce je zjistit, kolik kilometrů urazil Měsíc mezi časy t_1 a t_2 a o jakou úhlovou vzdálenost se mezi těmito časy Měsíc na své oběžné dráze kolem Země posunul.



2.2 Metoda

- ✦ Výpočty vycházejí z učiva matematiky a fyziky na základní škole.
- ✦ Předpoklad pro výpočty:
 - Měsíc obíhá Zemi po kruhové dráze konstantní rychlostí.

3. Výchozí data¹

- ✦ Doba startu a přistání na Měsíci jednotlivých kosmických lodí Apollo

Apollo	Start	Přistání na Měsíci	Doba letu na Měsíc ²
11	16. 7. 1969 13:32:00 UTC	20. 7. 1969 20:17:40 UTC	102,761111 h (102 h 45 min 40 s)
12	14. 11. 1969 16:22:00 UTC	19. 11. 1969 06:54:35 UTC	110,543056 h (110 h 32 min 35 s)
14	31. 1. 1971 21:03:02 UTC	5. 2. 1971 09:18:11 UTC	108,2525 h (108 h 15 min 9 s)
15	26. 7. 1971 13:34:00 UTC	30. 7. 1971 22:16:29 UTC	104,708056 h (104 h 42 min 29 s)
16	16. 4. 1972 17:54:00 UTC	21. 4. 1972 02:23:35 UTC	104,493056 h (104 h 29 min 35 s)
17	7. 12. 1972 05:33:00 UTC	11. 12. 1972 19:54:57 UTC	110,365833 h (110 h 21 min 57 s)

✦ Průměrná doba trvání letu:

106,85 h

¹ Veškerá výchozí data byla ověřena ze dvou různých, na sobě nezávislých internetových zdrojů.

² Čas letu je stanoven rozdílem času přistání na Měsíci a startu ze Země

🌐 Střední vzdálenost Země-Měsíc:

384 403 km

🌐 Délka siderického Měsíce:

27,321 582 dní (2 360 585 s)

🌐 4. Průměrná doba letu

1. Obvod oběžné dráhy Měsíce

$$o = 2\pi r \quad r = 384\,403 \text{ km}$$

$$o = 2\pi * 384\,403$$

$$o \doteq 2\,415\,275 \text{ km}$$

Skutečná velikost

$$o \doteq 2\,413\,402 \text{ km} \quad (\text{odchylka oproti výpočtu} \doteq 1\,873 \text{ km})$$

2. Rychlost Měsíce³

$$v = \frac{s}{t} \quad s = 2\,415\,275 \text{ km} \quad t = 2\,360\,585 \text{ s}$$

$$v = \frac{2\,415\,275\,000 \text{ (m)}}{2\,360\,585 \text{ (s)}}$$

$$v \doteq 1023 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$v \doteq 1,023 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Skutečná rychlost

$$v = 1,022 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

³ Použitá délka siderického Měsíce

3. Vzdálenost, kterou Měsíc urazil během průměrné doby letu

$$s = v \cdot t_{\text{letu}} \quad v = 1,023 \frac{\text{km}}{\text{s}} \quad t_{\text{letu}} = 106,85 \text{ h}$$

$$s = 1,023 \cdot 3600 \cdot 106,85$$

$$s \doteq 393\,507 \text{ km}$$

4. Vyjádření této dráhy v úhlu

$$\text{Oběžná dráha Měsíce } o = 2\,415\,275 \text{ km} \equiv 360^\circ$$

$$1^\circ = \frac{2\,415\,275}{360} \doteq 6709 \text{ km}$$

$$\text{Dráha během letu rakety } s \doteq 393\,507 \text{ km}$$

$$\text{Vyjádření ve stupních } \frac{393\,507}{6709} \doteq 58,7^\circ$$

5. Závěr

Přestože jsem to sám nečekal, výpočty jsem měl hotové za 20 minut. I tento čas dokazuje, že průměrný žák 6. až 7. třídy by měl sám dokázat zadání této práce zpracovat.

6. Použité zdroje:

Časy přistání na měsíci:

1. Apollo 11. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z:
2. Apollo 12. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Apollo_12
3. Apollo 14. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Apollo_14
4. Apollo 15. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Apollo_15
5. Apollo 16. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Apollo_16
6. Apollo 17. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Apollo_17
7. Apollo 11 Mission: Mission Overview. In: *Lunar and Planetary Institute* [online]. Lunar and Planetary Institute, 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/apollo/apollo_11/overview/
8. Apollo 12 Mission: Mission Overview. In: *Lunar and Planetary Institute* [online]. Lunar and Planetary Institute, 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/apollo/apollo_12/overview/
9. Apollo 14 Mission: Mission Overview. In: *Lunar and Planetary Institute* [online]. Lunar and Planetary Institute, 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/apollo/apollo_14/overview/
10. Apollo 15 Mission: Mission Overview. In: *Lunar and Planetary Institute* [online]. Lunar and Planetary Institute, 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/apollo/apollo_15/overview/
11. Apollo 16 Mission: Mission Overview. In: *Lunar and Planetary Institute* [online]. Lunar and Planetary Institute, 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/apollo/apollo_16/overview/
12. Apollo 17 Mission: Mission Overview. In: *Lunar and Planetary Institute* [online]. Lunar and Planetary Institute, 2015 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://www.lpi.usra.edu/lunar/missions/apollo/apollo_17/overview/

✦ Střední vzdálenost Země-Měsíc

1. Měsíc. In: *Treking.cz: Portál o horách, trekingu a turistice*. [online]. Treking.cz, 6.10.2007 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://www.treking.cz/astroonomie/mesic.htm>
2. Měsíc. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bs%C3%ADc>

✦ Obvod oběžné dráhy Měsíce

1. DI GENOVESE, Umberto. Le maree scatenano i terremoti?: Il mito della Superluna. In: *Il Poliedrico* [online]. 2011 [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://ilpoliedrico.com/2011/03/le-maree-scatenano-i-terremoti.html>
2. Měsíc. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bs%C3%ADc>

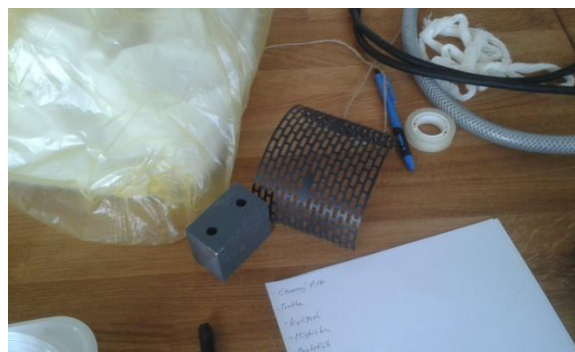
✦ Délka siderického Měsíce

1. Měsíc. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/M%C4%9Bs%C3%ADc>
2. Lunar Sidereal and Synodic Periods. In: *Durham university: Department of Physics* [online]. Durham (Velká Británie) [cit. 2015-03-13]. Dostupné z: http://community.dur.ac.uk/john.lucey/users/lunar_sid_syn.html

PŘÍLOHA 2: APOLLO 13 A VÝROBA FILTRU

Fotografie z výroby filtru použitého na palubě Apolla 13. Na následujících fotografiích si lze všimnout, že krabice s materiálem na stavbu filtru obsahuje většinou pomůcky, které se prakticky v této úloze nevyužijí. Žáci musejí více přemýšlet, které pomůcky využijí a které ne.^[autor]





PŘÍLOHA 3: JAK JE TĚŽKÉ TREFIT MĚSÍC

Fotografie pořízené při experimentech uvedených v kapitolách 3.4 a 3.5. Na první fotografii jsou žáci 8. ročníku základní školy provádějící experiment uvedený v kapitole 3.4 *Jak je těžké trefit Měsíc*. Další fotografie ukazují žáky téhož ročníku při experimentu uvedeném v kapitole 3.5 *Správné načasování přistání na Měsíci*. Z technických důvodů jsem byl nucen experiment týkající se správného načasování přistání na Měsíci uskutečnit ve školní třídě a nikoliv na školním hřišti, jak doporučuji v kapitole 3.5^[autor]





PŘÍLOHA 4: MODEL RAKETY SATURN V

Na následujících fotografiích je vidět model rakety Saturn V, který je součástí této diplomové práce. Jeho výška je 1,15 m a je celý z papíru. Je také rozložitelný na jednotlivé stupně rakety Saturnu V a kosmické lodi Apollo. Na modelu lze ukázat S-IC, S-II, S-IVB, SLA, LM, SM, CM, LES.^[Autor]



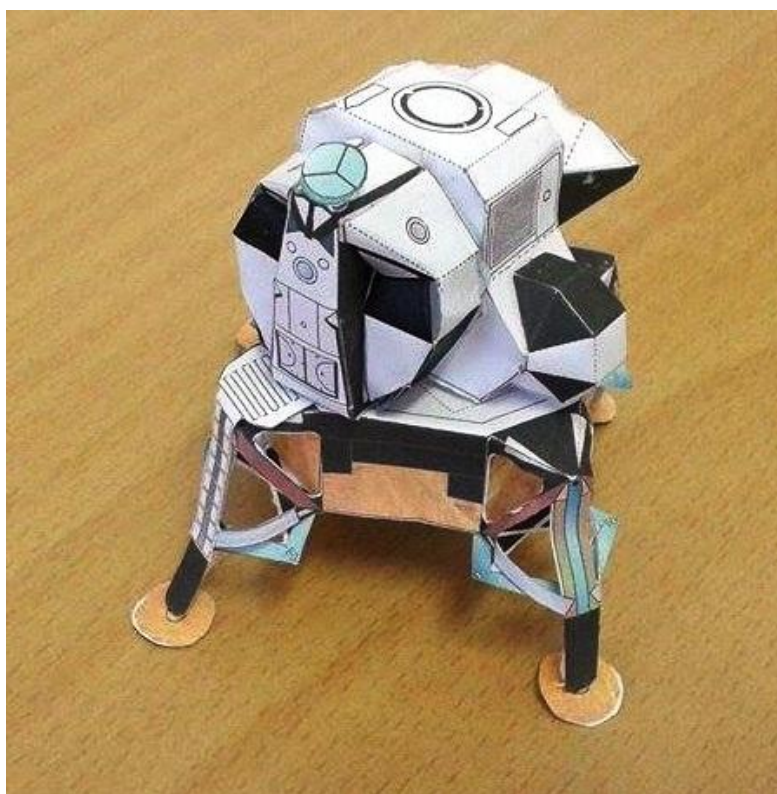
Rozložený model rakety Saturn V. Zleva: S-IC, LM,S-II, SM, SLA, CM, S-IVB, LES, mezistupeň.



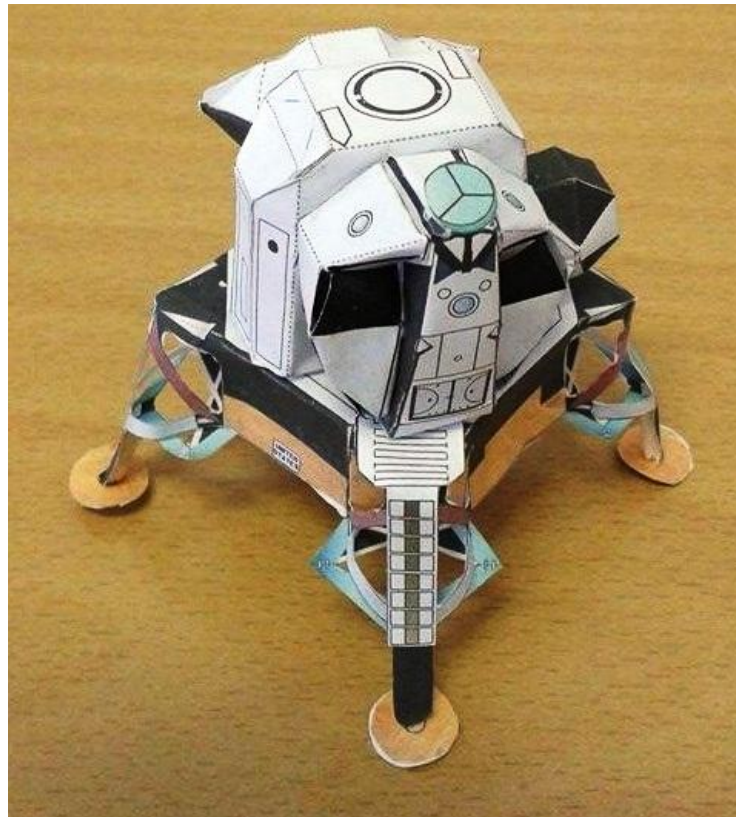
Velitelský modul (CM).



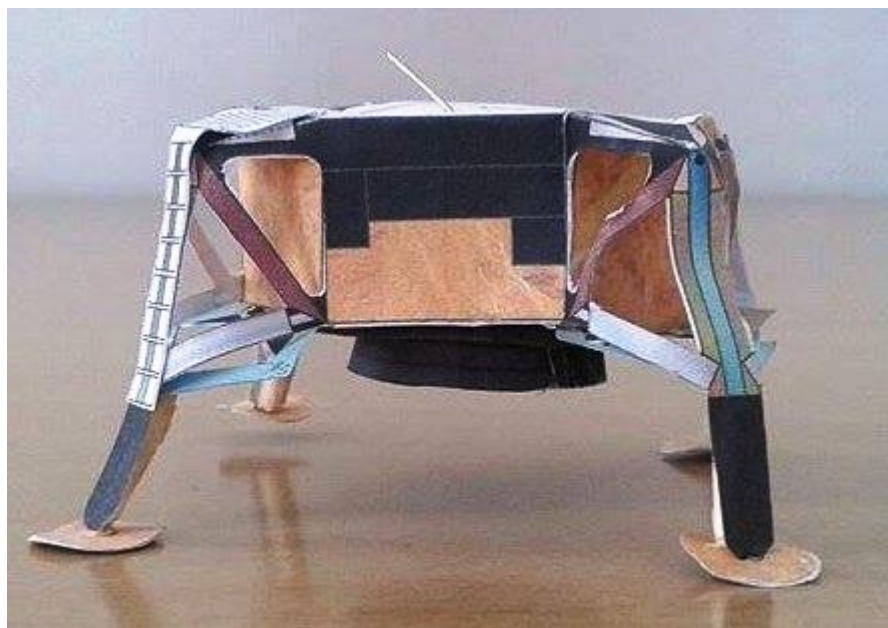
Servisní/velitelský modul (CSM).



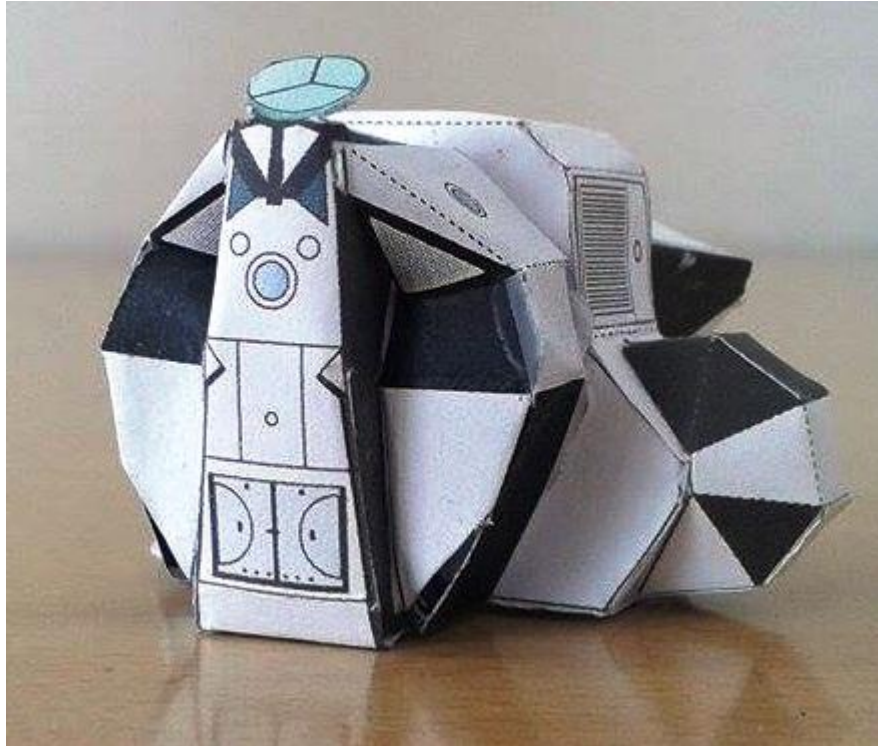
Lunární modul (LM).



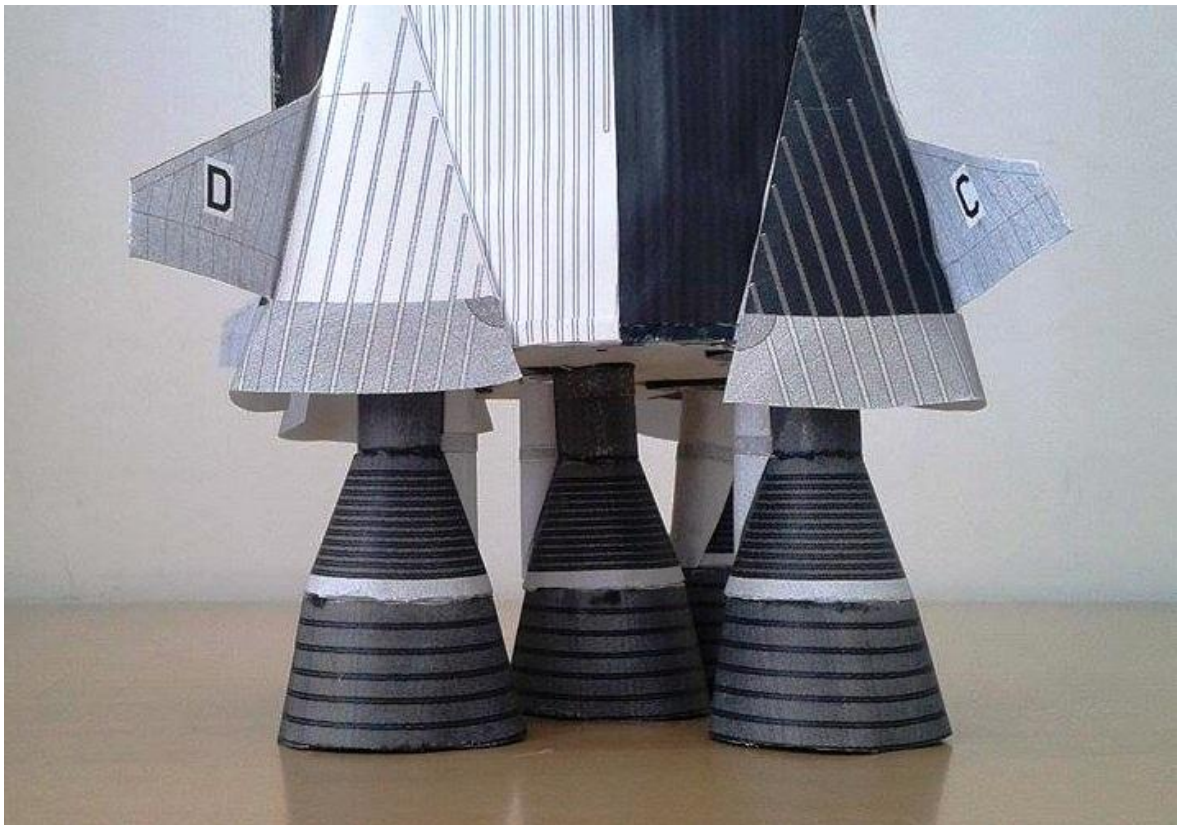
Lunární modul (LM).



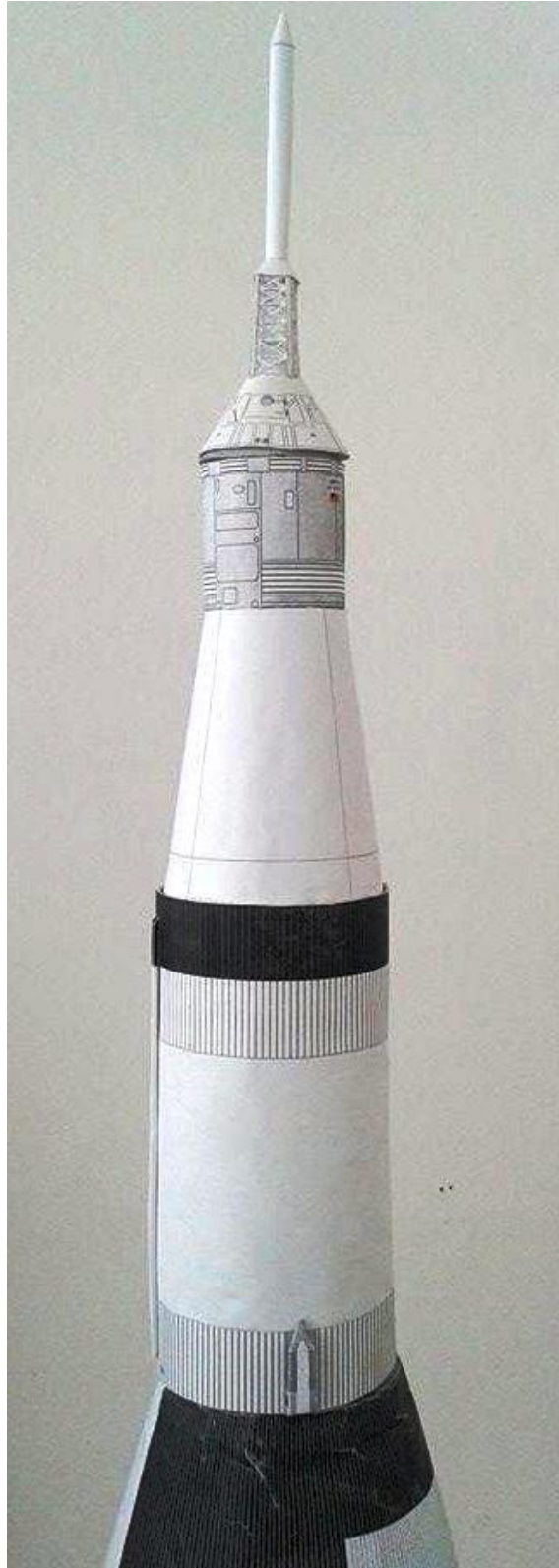
Sestupný stupeň lunárního modulu.



Vzletový stupeň lunárního modulu.



S-IC – pětice motorů F-1.



Shora: LES, CSM, SLA a S-IVB.



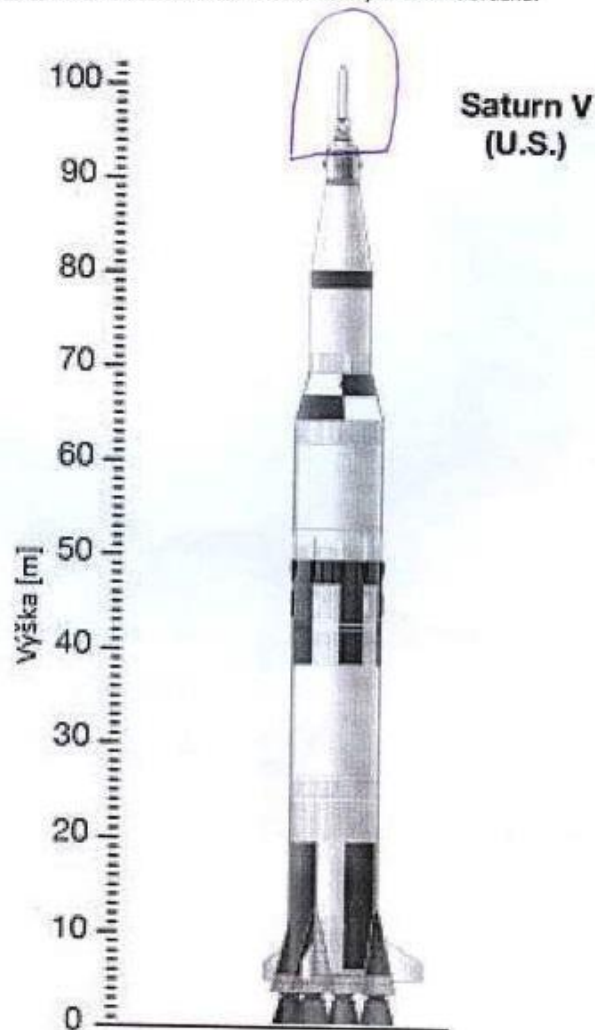
Model rakety Saturn V.

PŘÍLOHA 5: DOTAZNÍK

Děkuji za vyplnění dotazníku k mé diplomové práci, která se zabývá kosmickými lety. Dotazník je anonymní, proto se nepodepisujte. Na vyplnění máte 5 minut.

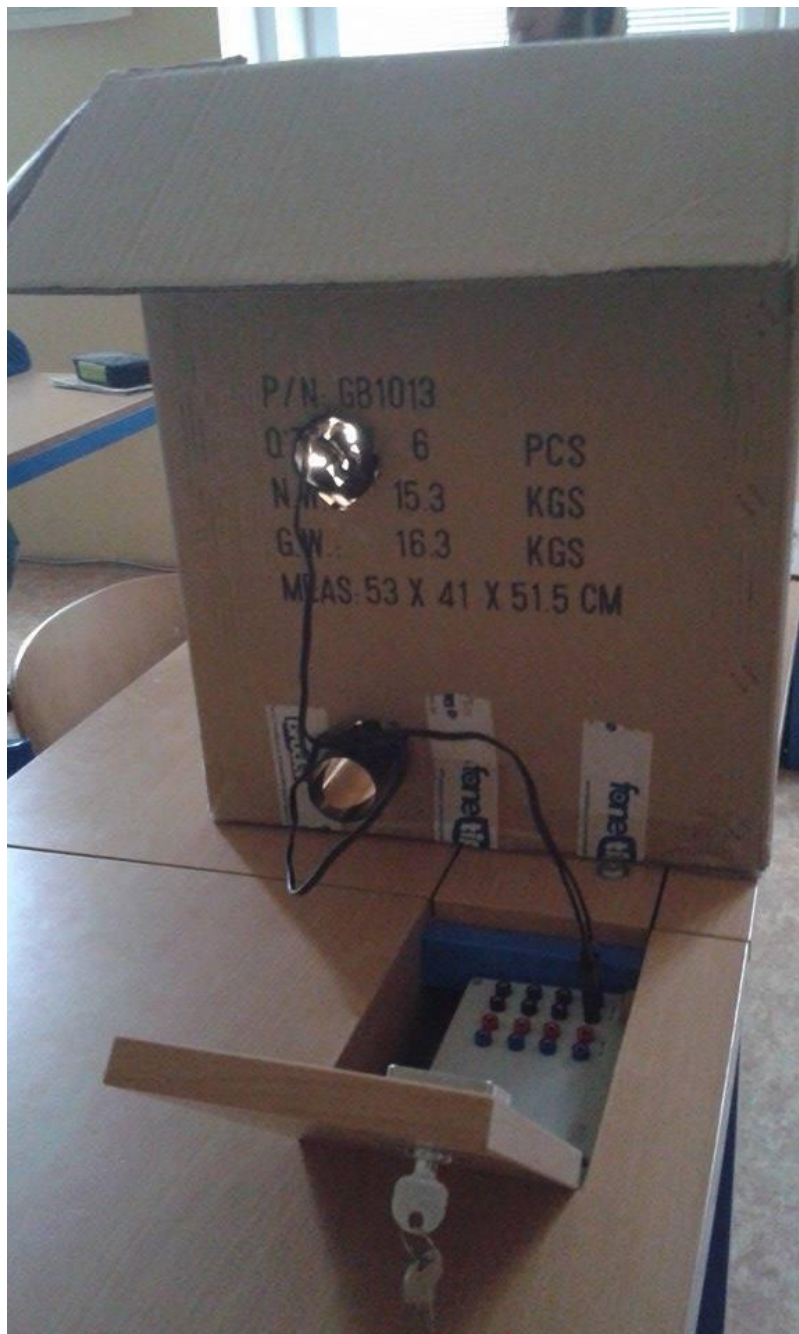
- ✓ 1) Jak se jmenoval první člověk ve vesmíru? *Caganin*
- ✓ 2) Jaké národnosti byl první člověk ve vesmíru? *Rus*
- ✓ 3) Jak se jmenoval první člověk na Měsíci? *Armstrong*
- ✗ 4) Jak se jmenoval druhý člověk na Měsíci? *Nevin*
- 2 ✗ 5) Kolikačlenná byla posádka kosmické lodi, která se vydala na Měsíc? *2*
- ✗ 6) V jak velké lodi se astronauti vrátili na Zemi? Vyznač na obrázku.

CM + LES



PŘÍLOHA 6: APOLLO 11 A PODIVNÉ STÍNY

Na následujících fotografiích lze vidět průběh experimentu, ve kterém byla vyvrácena konspirační teorie o přistání člověka na Měsíci. Experiment musel být přizpůsoben podmínkám učebny ZŠ, která neumožňovala provést úplné zatemnění místnosti. Proto byl experiment proveden v papírové krabici, ve které bylo možno vyfotografovat stíny „měsíčních hornin“ a maketu lunárního modulu. Tyto fotografie byly následně zobrazeny na interaktivní tabuli, kde žáci mohli fotografie porovnat.^[autor]



Papírová krabice se zabudovaným světelným zdrojem.



Otvor v papírové krabici, který byl využit pro fotografování „měsíčních hornin“ a lunárního modulu.



Papírová krabice, v níž byl proveden experiment.



Nasvícení měsíčního terénu v papírové krabici.



Terén bez nerovností. Stíny se zdají být rovnoběžné.



Terén s nerovnostmi. Stíny se zdají být různoběžné.

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Průběh letu Apolla 11. Na grafu je zaznamenána závislost dynamického tlaku na čase.	53
Graf 2: Průběh letu Apolla 11. Na grafu je zaznamenána závislost přetížení na čase.	55
Graf 3: Jak se jmenoval první člověk ve vesmíru?	82
Graf 4: Jaké národnosti byl první člověk ve vesmíru?	82
Graf 5: Jak se jmenoval první člověk na Měsíci?	83
Graf 6: Jak se jmenoval druhý člověk, který vstoupil na povrch Měsíce?	83
Graf 7: Kolikačlenná byla posádka kosmické lodi, která se vydala na Měsíc?	84

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Lety sond k Měsíci v rámci programu Pioneer.....	11
Tabulka 2: Seznam letů k Měsíci v rámci programu Luna. ^[2]	13
Tabulka 3: Lety sond v rámci programu Ranger.	17
Tabulka 4: Lety sond v rámci programu Surveyor.	19
Tabulka 5: Lety sond v rámci programu Lunar Orbiter.....	20
Tabulka 6: Lety sond v rámci programu Zond.....	21
Tabulka 7: Opice a šimpanzi vypuštěné do vesmíru v rámci programu Mercury.	23
Tabulka 8: Seznam pilotovaných letů v rámci programu Gemini.	31
Tabulka 9: Východy a západy Slunce a Měsíce – červenec 2015 ^[79]	90

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vesmírná družice Sputnik 1. ^[15]	8
Obrázek 2: Nosná raketa R-7, pro účely kosmonautiky přejmenována na raketu Sputnik. ^[16]	8
Obrázek 3: Lajka, první živý tvor pocházející z planety Země ve vesmíru. ^[17]	9
Obrázek 4: Model družice Explorer 1. ^[18]	9
Obrázek 5: Kosmická sonda Luna 2. ^[19]	11
Obrázek 6: J. A. Gagarin na poštovní známce	14
Obrázek 7: Jurij Alexejevič Gagarin – první člověk, který vzlétl do vesmíru. ^[20]	14
Obrázek 8: J. F. Kennedy promlouvá v roce 1961 ke Kongresu Spojený států amerických. ^[22]	15
Obrázek 9: První snímek Měsíce v rámci programu Ranger. Snímek byl vyfotografován sondou Ranger 7. ^[23]	17
Obrázek 10: Sonda Surveyor 5. ^[24]	18
Obrázek 11: Sonda Lunar Orbiter 1. ^[25]	19
Obrázek 12: Sonda Zond 2. ^[26]	20
Obrázek 13: Logo programu Mercury. ^[27]	22
Obrázek 14: Šimpanz Ham po jeho suborbitálním letu. ^[27]	22
Obrázek 15: Astronauti programu Mercury s modelem nosné rakety <i>Atlas</i> . Zadní řada zleva: Alan Shepard, Wally Schirra a John Glenn. Dolní řada zleva: Gus Grissom, Scott Carpenter, Deke Slayton a Gordon Cooper. ^[27]	23
Obrázek 16: Trénink astronautů na odstředivce. ^[28]	24
Obrázek 17: Letový тренаžér kosmické lodi Mercury. ^[28]	24
Obrázek 17: Letový тренаžér kosmické lodi Mercury. ^[28]	24
Obrázek 18: Simulace stavu beztlíže v letounu C-131. ^[28]	25
Obrázek 19: Kosmická loď Mercury. ^[28]	26
Obrázek 20: Logo programu Gemini. ^[29]	28
Obrázek 21: Řez kosmické lodi Gemini. ^[29]	29
Obrázek 22: Logo programu Apollo. ^[31]	31
Obrázek 23: Posádka Apolla 1 vyjadřuje své obavy z konstrukce velitelského modulu. Fotografie byla pořízena 9. srpna 1966, tedy půl roku před požárem na palubě Apolla 1. ^[35]	35
Obrázek 24: Dvojitý systém dveří u kosmické lodi Apollo 1. ^[35]	35
Obrázek 25: Kabina Apolla 1 po požáru. ^[35]	36
Obrázek 26: Lunární modul s volacím znakem <i>Spider</i> během letu Apolla 9. ^[36]	42
Obrázek 27: Donald Kent Slayton. ^[37]	44
Obrázek 28: Neil Alden Armstrong ^[38]	45
Obrázek 29: Buzz Aldrin, rozený Edwin Eugene Aldrin, Jr. ^[40]	47
Obrázek 30: Michael Collins ^[41]	48
Obrázek 31: Raketa Saturn V s rozdělením na jednotlivé stupně a kosmická loď Apollo. ^[42]	52
Obrázek 32: Schéma spojení CSM a LM. V první fázi se CSM odpoutá od třetího stupně. V druhé fázi je odhozen aerodynamický kryt LM a je provedeno otočení CSM o 180°. Ve třetí fázi se CSM spojí s LM. ^[43]	56
Obrázek 33: Schéma kosmické lodi Apollo spojené s lunárním modulem. ^[44]	56
Obrázek 33: Schéma kosmické lodi Apollo spojené s lunárním modulem. ^[44]	56
Obrázek 34: Lanovka, kterou využívali astronauti po přistání na Měsíci k dopravě technického materiálu z LM na povrch Měsíce. ^[45]	59
Obrázek 35: Plaketa zanechána posádkou Apolla 11 na Měsíci. ^[46]	59
Obrázek 36: Skica velitelského modulu při návratu do zemské atmosféry. ^[50]	63
Obrázek 36: Skica velitelského modulu při návratu do zemské atmosféry. ^[50]	63
Obrázek 37: Schéma jednotlivých fází přistání velitelského modulu na Zemi. ^[51]	63
Obrázek 37: Schéma jednotlivých fází přistání velitelského modulu na Zemi. ^[51]	64
Obrázek 38: Hlavní padáky snášející velitelský modul Apolla 11 na hladinu Tichého oceánu. ^[52]	64
Obrázek 39: Velitelský modul Apolla 11 při přistání. Na snímku je posádka oblečena do biologických obleků. ^[53]	65
Obrázek 40: Posádka Apolla 11 vstupuje v biologických oblecích na palubu letadlové lodi Hornet. ^[47]	65
Obrázek 41: Interiér karanténní stanice, ve které byli astronauti Apolla 11 po přistání umístěni. ^[54]	66

Obrázek 42: Cestovní příkaz Buzze Aldrina – první strana ^[76]	68
Obrázek 43: Cestovní příkaz Buzze Aldrina – druhá strana ^[76]	69
Obrázek 44: Celní prohlášení. Podepsáni jsou pod ním Armstrong, Aldrin, Collins a celní inspektor z Honolulu. ^[76]	70
Obrázek 45: Charles Stark "Doc" Draper. ^[55]	71
Obrázek 46: Ch. Draper na palubě bombardéru při testování navigačního přístroje. ^[56]	72
Obrázek 47: Žena zapisující program do pevné feritové paměti. ^[59]	74
Obrázek 48: Princip zapisování kódu do pevné feritové paměti. ^[63]	75
Obrázek 49: Navigační počítač na palubě Apolla 8. ^[64]	76
Obrázek 50: Navigační počítač určený pro lety Apollo. ^[65]	77
Obrázek 51: Raketa Saturn V a kosmická loď Apollo. ^[49]	85
Obrázek 52: Posádka Apolla 13 při konstrukci improvizovaného filtru oxidu uhličitého. ^[66]	91
Obrázek 53: Schéma postupu výroby filtru oxidu uhličitého. ^[autor]	92
Obrázek 54: Schéma postupu výroby filtru oxidu uhličitého. ^[autor]	93
Obrázek 55: Schéma postupu výroby filtru oxidu uhličitého. ^[autor]	93
Obrázek 56: Schéma trajektorie kosmické lodi k Měsíci a oběhu Měsíce kolem Země. Obrázek je pouze ilustrativní a není v měřítku. ^[4]	95
Obrázek 57: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11, na které jsou vidět zdánlivě rozbíhané stíny. ^[67]	96
Obrázek 58: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11, na které jsou vidět zdánlivě rozbíhané stíny (pozn. doplněné o čáry ukazující různý zdroj světla – jen tu větu lépe napsat). ^[67]	96
Obrázek 59: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11 (vlevo) a během experimentu (vpravo). Experiment s jedním zdrojem světla potvrdil, že stíny by měly být rovnoběžné. ^[67]	97
Obrázek 60: Fotografie vytvořena posádkou Apolla 11 (vlevo) a během experimentu (vpravo). Do měsíční diorámy byl přidán reliéf terénu, který způsobil zdánlivě nerovnoběžné směřování stínů. ^[67]	98
Obrázek 61: Princip raketového motoru. ^[68]	98
Obrázek 62: Zapálení lihových par v PET lahvi. ^[69]	99
Obrázek 63: Papírový model rakety <i>Saturn V</i> se startovací rampou v měřítku 1:480. ^[70]	100
Obrázek 64: Plastový model LM a CSM od firmy Revell. ^[71]	100
Obrázek 65: astronomia.zcu.cz: hlavní rozcestník stránek astronomia.zcu.cz.	102
Obrázek 66: astronomia.zcu.cz: seznam kosmických programů.	103
Obrázek 67: astronomia.zcu.cz: hlavní stránka programu Apollo.	104

SEZNAM CITACÍ

1. SPARROW, Giles. *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. V Praze: Knižní klub, 2008, 320 s. ISBN 978-80-242-2240-0, s. 43.
2. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 26-27.
3. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 27-28.
4. Stereopohled na Apollo a Suveyor. Česká astronomická společnost. 2001. Dostupné také z: <http://www.astro.cz/apod/ap010310.html>
5. Kosmonaut. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kosmonaut>
6. Apollo 11. NASA [online]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/apollo11.html
7. *Měsíční stroje – lunární modul* [Moon Machines – The Lunar Module] [film]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.
8. *Měsíční stroje – lunární modul* [Moon Machines – The Lunar Module] [film]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.
9. SPARROW, Giles. *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. V Praze: Knižní klub, 2008, 320 s. ISBN 978-80-242-2240-0, s. 121.
10. SPARROW, Giles. *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. V Praze: Knižní klub, 2008, 320 s. ISBN 978-80-242-2240-0, s. 121.
11. SPARROW, Giles. *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. V Praze: Knižní klub, 2008, 320 s. ISBN 978-80-242-2240-0, s. 121.
12. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 61.
13. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 64.
14. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 65-66.
15. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 66.
16. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 66.
17. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 69.
18. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 70.
19. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 72.
20. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 74.
21. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 75.
22. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 76.

23. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 78.
24. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 78.
25. ŠAMÁREK, Ondřej. Kritické momenty kosmonautiky 13. díl. *Kosmonautix* [online]. 2012 [cit. 2015-06-04]. Dostupné z: <http://www.kosmonautix.cz/2012/12/kriticke-momenty-kosmonautiky-13-dil/>
26. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 119.
27. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 125.
28. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 127.
29. SPARROW, Giles. *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. V Praze: Knižní klub, 2008, 320 s. ISBN 978-80-242-2240-0, s. 142.
30. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 129.
31. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 130.
32. SPARROW, Giles. *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. V Praze: Knižní klub, 2008, 320 s. ISBN 978-80-242-2240-0, s. 143.
33. PACNER, Karel. Kolumbové vesmíru. Karel Pacner [online]. 2006. Dostupné z: <http://www.karelpacner.cz/?str=vyd&id=24&n=kolumbove-vesmiru--1-souboj-o-mesic---uryvky>
34. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 141.
35. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 141.
36. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 141.
37. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9, s. 141-142.

SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

1. ALBERTOVÁ, Eva. Lihová raketa. *Grant "modernizace"* [online]. 2012. [cit. 2015-08-26]. Dostupné z: <http://granty.5zskladno.cz/priprava-c-1-lihova-raketa/>
2. Mobile Quarantine Facility. *Smithsonian national air and space museum* [online]. Washington, DC [cit. 2015-08-22]. Dostupné z: http://airandspace.si.edu/collections/artifact.cfm?object=nasm_A19740677000
3. ŠAMÁREK, Ondřej. Kritické momenty kosmonautiky 13. díl. *Kosmonautix* [online]. 2012. [cit. 2015-08-10]. Dostupné z: <http://www.kosmonautix.cz/2012/12/kriticke-momenty-kosmonautiky-13-dil/>
4. Východ a západ Měsíce. *Kosmonautix* [online]. 2013. [cit. 2015-10-14]. Dostupné z: <http://www.ptejteseknihovny.cz/dotazy/vychod-a-zapad-mesice>
5. Program Apollo. *Malá encyklopedie kosmonautiky* [online]. 2012. [cit. 2015-09-01]. Dostupné z: http://mek.kosmo.cz/pil_lety/usa/apollo/apollo.htm
6. Kosmická loď Apollo. *Malá encyklopedie kosmonautiky* [online]. 2012. [cit. 2015-08-31]. Dostupné z: http://www.mek.kosmo.cz/pil_lety/usa/apollo/lk1.htm
7. ALSEP. *NASA: Lunar Surface Journal* [online]. [cit. 2015-08-31]. Dostupné z: <http://next.nasa.gov/alsj/alsj-BoydBolts.html>
8. What if the moon landings had failed? *Dailymail* [online]. 2012. [cit. 2015-08-29]. Dostupné z: <http://www.dailymail.co.uk/news/article-2193732/President-Nixon-The-moving-speech-delivered-Apollo-11-astronauts-return.html>
9. JONES, Eric M. Lunar Equipment Conveyor (LEC). Nasa [online]. 2004. [cit. 2015-08-29]. Dostupné z: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/alsj-lec.html>
10. BRAEUNIG, Robert A. Saturn V Launch Simulation. Braeunig [online]. 2010. [cit. 2015-08-25]. Dostupné z: <http://www.braeunig.us/apollo/saturnV.htm>
11. Přetížení a beztíže. *Malá encyklopedie kosmonautiky* [online]. 1998. [cit. 2015-08-25]. Dostupné z: <http://mek.kosmo.cz/zaklady/astrodyn/beztize.htm>
12. Apollo 11 v L+K - Tabulka časů a událostí. *Malá encyklopedie kosmonautiky* [online]. 2003. [cit. 2015-08-24]. Dostupné z: http://mek.kosmo.cz/pil_lety/usa/apollo/ap-11/lk6t.htm
13. Apollo 11 Mission Overview. NASA [online]. 2015. [cit. 2015-08-24]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo11.html
14. Kenneth William Gatland. The British interplanetary society [online]. 2015. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.bis-space.com/what-we-do/the-british-interplanetary-society/history/kenn-gatland>
15. SCHULER, Max. Sputnik 1. 2011. [cit. 2015-05-02]. Dostupné také z: <http://maxqschulers.blogspot.cz/2011/09/sputnik-1.html>
16. OBERG, James. Sputnik witnesses saw failure, then success [online]. 2007. [cit. 2015-05-02]. Dostupné z: http://www.nbcnews.com/id/21134276/ns/technology_and_science-space/t/sputnik-witnesses-saw-failure-then-success/
17. ALEXANDER, Radu. *5 Great Space Explorers (Who Weren't Human)*. Iflscience. 2014. [cit. 2015-05-24]. Dostupné také z: <http://www.iflscience.com/5-great-space-explorers-who-weren-t-human>
18. Stories of Missions Past: Early Explorers. NASA [online]. [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <https://www.nasa.gov/topics/history/features/explorer1.html>
19. Luna 2. Spacekids [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.spacekids.co.uk/spacehistory/>
20. Yuri Gagarin: The man who fell to Earth. *Independent* [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.independent.co.uk/news/science/yuri-gagarin-the-man-who-fell-to-earth-2257505.html>

21. Russian Post Stamp Stock Photos & Images. Dreamstime [online]. [cit. 2015-05-24]. Dostupné z: <http://www.dreamstime.com/photos-images/russian-post-stamp.html>
22. May 25, 1961: JFK's Moon Shot Speech to Congress. Space [online]. 2011. [cit. 2015-06-01]. Dostupné z: <http://www.space.com/11772-president-kennedy-historic-speech-moon-space.html>
23. Ranger to the Moon (1961-1965). NASA [online]. [cit. 2015-06-24]. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/lunar/ranger.html>
24. Seurveyor 5. NASA [online]. [cit. 2015-06-23]. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1967-084A>
25. Lunar Orbiter 1. NASA [online]. [cit. 2015-06-15]. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1966-073A>
26. Zond 2. NASA [online]. [cit. 2015-06-12]. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1964-078C>
27. Project Mercury. NASA [online]. [cit. 2015-07-24]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/mission_pages/mercury/missions/program-toc.html
28. Project Mercury. Space [online]. [cit. 2015-07-24]. Dostupné z: <http://www.space.com/24638-project-mercury.html>
29. What Was the Gemini Program? NASA [online]. [cit. 2015-08-01]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-was-gemini-program-58.html>
30. The Gemini program. NASA [online]. [cit. 2015-08-01]. Dostupné z: <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/gemini.html>
31. The Apollo mission. NASA [online]. [cit. 2015-08-09]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/
32. Apollo: Space program. Britannica [online]. [cit. 2015-08-09]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/topic/Apollo-space-program>
33. Apollo images. NASA - Project Apollo [online]. 2015. [cit. 2015-08-06]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/images.html
34. Apollo 1. NASA [online]. [cit. 2015-08-06]. Dostupné z: <http://history.nasa.gov/Apollo204>
35. Apollo 1. NASA [online]. [cit. 2015-08-06]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo1.html
36. NSSDCA Photo Gallery Spacecraft. NASA [online]. 2012 [cit. 2015-08-06]. Dostupné z: http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery/photogallery-spacecraft.html
37. Donald K. 'Deke' Slayton. The Space Directory [online]. 2002. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: http://www.spacedirectory.org.uk/html/Deke_Slayton_Astronaut_Autopen_Guide.html
38. Neil Armstrong. History [online]. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.history.com/topics/neil-armstrong>
39. Neil Armstrong. Biography [online]. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.biography.com/people/neil-armstrong-9188943>
40. Buzz Aldrin. Biography [online]. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.biography.com/people/buzz-aldrin-9179894>
41. Michael Collins. Biography [online]. [cit. 2015-07-15]. Dostupné z: <http://www.biography.com/people/michael-collins-9253724>
42. Saturn V. GENERAL SATURN V DIAGRAMS [online]. 2002. [cit. 2015-07-21]. Dostupné z: <http://heroicrelics.org/info/saturn-v/saturn-v-general.html>

43. Apollo spacecraft. Spacecraft [online]. 2014. [cit. 2015-07-28]. Dostupné z: <http://space.stackexchange.com/questions/6245/how-did-astronauts-traverse-from-module-to-module-in-the-apollo-craft>
44. Apollo spacecraft. Spacecraft [online]. 2013. [cit. 2015-07-26]. Dostupné z: <http://geekdad.com/2013/07/remembering-apollo-11/>
45. JONES, Eric M. Lunar Equipment Conveyor (LEC). Apollo [online]. [cit. 2015-07-12]. 2004. Dostupné z: <https://www.hq.nasa.gov/alsj/alsj-lec.html>
46. Apollo 11. Apollo [online]. 2007. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://kosmonautika.cz/a11text.html>
47. Apollo 11 Mission Overview. NASA [online]. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo11.html
48. What Was the Saturn V? NASA [online]. [cit. 2015-07-06]. Dostupné z: <http://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-was-the-saturn-v-58.html>
49. Saturn 5. MEK [online]. [cit. 2015-07-08]. Dostupné z: <http://mek.kosmo.cz/nosice/usa/saturn/lk3.htm>
50. Returning from Space: Re-entry. Federal Aviation Administration [online]. [cit. 2015-07-02]. Dostupné z: https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/designees_delegations/designee_types/ame/media/Section%20III.4.1.7%20Returning%20from%20Space.pdf
51. ROCKWELL, Ken. Command Module reentering Earth's atmosphere [online]. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://www.kenrockwell.com/tech/2014-07.htm>
52. Apollo 11 – padák [online]. 2014. [cit. 2015-07-01]. Dostupné z: <http://forum.kerbalspaceprogram.com/threads/68848-How-were-the-Apollo-Spacecraft-s-3-parachutes-held-apart>
53. Seattle photographer chronicled Hendrix. Apollo 11 [online]. [cit. 2015-04-25]. 2012. Dostupné z: <http://www.seattlepi.com/local/article/Seattle-photographer-chronicled-hendrix-apollo-11-3813811.php>
54. Apollo 11 Crew Relax In The MQF. Apollo 11 [online]. 2005. [cit. 2015-04-27]. Dostupné z: http://www.apollomissionphotos.com/index_ap11_reissue.html
55. Charles Stark Draper. Engineering and Technology History [online]. [cit. 2015-04-15]. 2012. Dostupné z: http://ethw.org/Charles_Stark_Draper
56. Charles Stark Draper. MIT News [online]. 2011. [cit. 2015-04-11]. Dostupné z: <http://newsoffice.mit.edu/2011/doc-draper-0531>
57. *Měsíční stroje – Raketa Saturn V* [Moon Machines – The Saturn V Rocket] [film]. [cit. 2015-04-13]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.
58. *Měsíční stroje – Lunární modul* [Moon Machines – The Lunar Module] [film]. [cit. 2015-04-13]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.
59. *Měsíční stroje – Navigační počítač* [Moon Machines – The Navigation Computer] [film]. [cit. 2015-04-12]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.
60. *Měsíční stroje – Velitelský modul* [Moon Machines - The Command Module] [film]. [cit. 2015-04-12]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.
61. *Měsíční stroje – Lunární rover* [Moon Machines – The Lunar Rover] [film]. [cit. 2015-04-11]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.
62. *Měsíční stroje – Skafandr* [Moon Machines – The Space Suit] [film]. [cit. 2015-04-11]. Režie Christopher RILEY. United States, United Kingdom. Science Channel. 2008.

63. Memory. *Computers in Spaceflight: The NASA Experience* [online]. 2010. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://history.nasa.gov/computers/Ch2-5.html>
64. BRANWYN, Gareth. First computer on the moon. Makezine.com [online]. 2009. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://makezine.com/2009/07/16/first-computer-on-the-moon/>
65. The navigation computer. The navigation computer [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.therpf.com/attachments/f11/apollo-lem-5-dsky-agc-agc2.jpg-254822d1384272894>
66. Returning from Apollo 13Space: Re-entry. NASA [online]. [cit. 2015-08-06]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/mission_pages/apollo/missions/apollo13.html
67. Bořiči mýtů s05e02 [MythBusters] [film]. [cit. 2015-08-06]. Režie Robert Lee. United States, Australia. Discovery Channel. 2008
68. Princip raketového motoru. Západočeská pobočka ČAS [online]. [cit. 2015-09-13]. Dostupné z: <http://www.astro.zcu.cz/obr.php?pid=3616>
69. Lihová raketa. Populární fyzika [online]. [cit. 2015-09-13]. Dostupné z: <http://www.popularni-fyzika.cz/pokus/lihova-raketa>
70. Saturn V 1:480. Paper models [online]. [cit. 2015-09-13]. Dostupné z: http://jleslie48.com/gallery_models_real.html
71. Revell: Columbia & Eagle. Modelářství [online]. [cit. 2015-09-13]. Dostupné z: <http://www.super-hobby.cz/products/Apollo-Columbia-and-Eagle.html>
72. Oriana Fallaci on the way to the Moon. The space review [online]. [cit. 2015-07-03]. Dostupné z: <http://www.thespacereview.com/article/425/1>
73. Richard Nixon. Biography [online]. [cit. 2015-07-02]. Dostupné z: <http://www.biography.com/people/richard-nixon-9424076>
74. Ve stínu Měsíce [In the Shadow of the Moon] [film]. Režie David Sington. United Kingdom. 2006.
75. Apollo 11: Utajený příběh Apollo 11: The Untold Story [film]. [cit. 2015-09-06]. Režie Tom Whitter. United Kingdom. 2006.
76. EPSTEIN, Adam. The US government reimbursed Buzz Aldrin \$33 for his trip to the moon in 1969. Quartz. 2015. [cit. 2015-10-11]. Dostupné také z: <http://qz.com/470608/the-us-government-reimbursed-buzz-aldrin-33-for-his-trip-to-the-moon-in-1969/>
77. GRUN, Marcel a Fred VELINSKÝ. Apollo: Přínos pro vědu, technologii i ekonomiku. *Scienceworld* [online]. 2003 [cit. 2016-02-05]. Dostupné z: <http://www.scienceworld.cz/neziva-priroda/apollo-prinos-pro-vedu-technologie-i-ekonomiku-3303/>
78. US Real GDP by Year. Multpl [online]. 2015 [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: <http://www.multpl.com/us-gdp-inflation-adjusted/table>
79. Východy a západy Slunce a Měsíce. Jirsaphoto [online]. [cit. 2016-02-06]. Dostupné z: <http://www.jirsaphoto.cz/vychody-a-zapady.html?rok=2015&mesic=7>
80. PRAVIDLA - Psaní velkých písmen. Pravopisně.cz [online]. [cit. 2015-07-02]. Dostupné z: <http://pravopisne.cz/2011/12/pravidla-psani-velkych-pismen/>
81. Kepler's Three Laws. *The physics classroom* [online]. [cit. 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.physicsclassroom.com/class/circles/Lesson-4/Kepler-s-Three-Laws>

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. PACNER, Karel. *Tajný závod o Měsíc*. Vyd. 1. Praha: Bohemia, 1996, 317 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-858-0325-9.
2. SHEPARD, Alan B a Donald K SLAYTON. *Cíl Měsíc*. Frýdek-Místek: Alpress, 1996, 375 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-859-7517-3.
3. RŮŽIČKA, Bedřich a Lubomír POPELÍNSKÝ. *Rakety a kosmodromy*. 1. vyd. Praha: Naše vojsko, 1986, 356 s.
4. LORBEER, George C a Leslie W NELSON. *Fyzikální pokusy pro děti: náměty a návody pro zajímavé vyučování : hmota, energie, vesmír, letectví*. Vyd. 1. Praha: Portál, 1998, 220 s. ISBN 80-717-8181-9.
5. CODR, Milan. *Sto hvězdných kapitánů*. 1. vyd. Praha, 1982, 478 s., barev. obr. příl. Delfín (Práce).
6. LOVELL, Jim. *Apollo 13: (původní titul Ztracený měsíc)*. 1. vyd. v čes. jaz. Praha: BB art, 1996, 348 s., [32] s. obrazových příloh. ISBN 80-860-7007-7.
7. SPARROW, Giles. *Vesmírné výpravy: od prvních krůčků po práh mezihvězdného prostoru*. V Praze: Knižní klub, 2008, 320 s. ISBN 978-80-242-2240-0.
8. PACNER, Karel. *Kolumbové vesmíru*. 2., přeprac. a dopl. vyd., V Pasece 1. Praha: Paseka, 2007, 428 s. ISBN 80-718-5750-5.
9. SVOBODA, Emanuel. *Přehled středoškolské fyziky*. 5., přeprac. vyd. Praha: Prometheus, 2014, 551 s., [8] s. obr. příl. ISBN 978-80-7196-438-4.
10. GABZDYL, Pavel. *Měsíc v dalekohledu*. Vyd. 2. Valašské Meziříčí: Hvězdárna Valašské Meziříčí, 1997, 65 s. ISBN 80-902-4451-3.
11. LÁLA, Petr a Antonín VÍTEK. *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Vyd. 1. Praha: Mladá fronta, 1982, 391 s. Malá encyklopedie (Mladá fronta).
12. RAUNER, Karel. *Fyzika 7: pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2005, 3 sv. (136, 114, 64, 8 s.). ISBN 80-723-8431-7.
13. RAUNER, Karel. *Fyzika 8: učebnice pro základní školy a víceletá gymnázia*. 1. vyd. Plzeň: Fraus, 2006, 128 s. ISBN 80-7238-525-9.
14. RAUNER, Karel, Václav HAVEL a Miroslav RANDA. *Fyzika 9: pro základní školy a víceletá gymnázia*. 2., aktualiz. vyd. Plzeň: Fraus, 2013-, ISBN 978-80-7238-996-4.
15. LÁLA, Petr a Antonín VÍTEK. *Malá encyklopedie kosmonautiky*. Vyd. 1. Praha: Mladá fronta, 1982, 391 s. Malá encyklopedie (Mladá fronta).
16. ROUS, Marcel. *Výuka astronomie na základní škole*. 2007, 57 l.