

# Pronikáme do vesmíru

## Výzkum pomocí umělých družic a sond

Jan Okleštěk

<sup>1</sup>Ústav teoretické fyziky a astrofyziky  
Masarykova Univerzita, Brno

10. listopadu 2016

# Obsah

- 1 Kosmické sondy
- 2 Kosmické dalekohledy
- 3 Česká stopa ve vesmíru

# Obsah

- 1 Kosmické sondy
- 2 Kosmické dalekohledy
- 3 Česká stopa ve vesmíru

# Pohyb po Sluneční soustavě - Motory

- Tuhá paliva: střelný prach (přídavné rakety u raketoplánu)



# Pohyb po Sluneční soustavě - Motory

- Tuhá paliva: střelný prach (přídavné rakety u raketoplánu)
- Tekutá paliva: kyslík a vodík, hydrazin (raketoplán, Ariane 5, Saturn V)



# Pohyb po Sluneční soustavě - Motory

- Tuhá paliva: střelný prach (přídavné rakety u raketoplánu)
- Tekutá paliva: kyslík a vodík, hydrazin (raketoplán, Ariane 5, Saturn V)
- Iontové motory: xenon (Dawn)



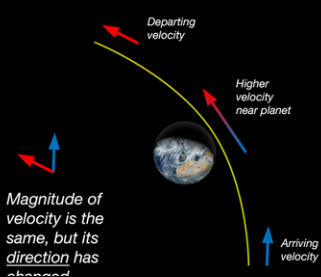
# Pohyb po Sluneční soustavě - Motory

- Tuhá paliva: střelný prach (přídavné rakety u raketoplánu)
- Tekutá paliva: kyslík a vodík, hydrazin (raketoplán, Ariane 5, Saturn V)
- Iontové motory: xenon (Dawn)
- Jaderné motory: vodík (NERVA - nuclear engine for rocket vehicle application)

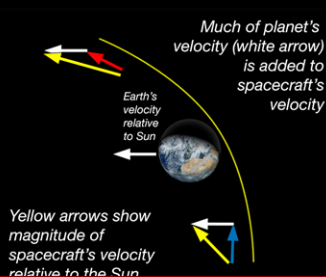


# Pohyb po Sluneční soustavě - Gravitační prak

- Změna směru a rychlosti kosmického tělesa při průletu gravitačním polem



Jan Okleštěk

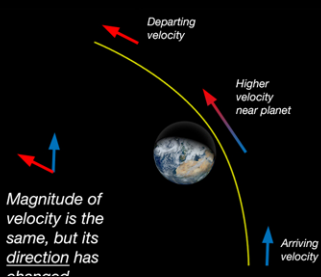


Pronikáme do vesmíru

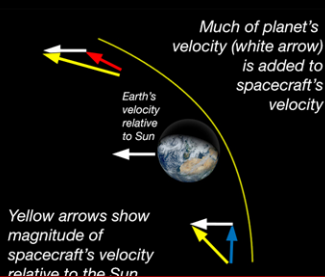


# Pohyb po Sluneční soustavě - Gravitační prak

- Změna směru a rychlosti kosmického tělesa při průletu gravitačním polem
- Lze přirovnat k pružné srážce dvou těles



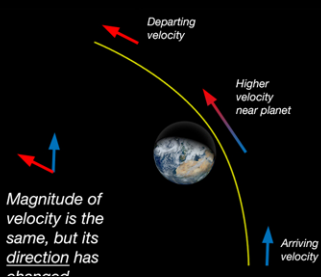
Jan Okleštěk



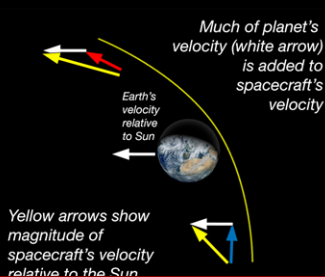
Pronikáme do vesmíru

# Pohyb po Sluneční soustavě - Gravitační prak

- Změna směru a rychlosti kosmického tělesa při průletu gravitačním polem
- Lze přirovnat k pružné srážce dvou těles
- Šetří čas i peníze



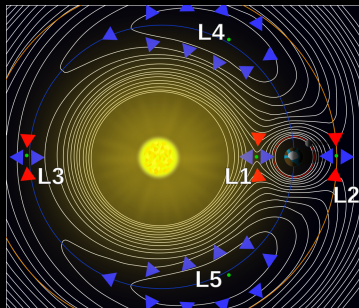
Jan Okleštěk



Pronikáme do vesmíru

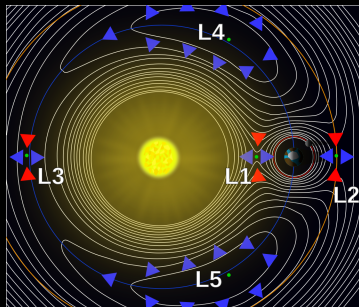
# Lagrangeovy body

- Vyrovnávají se zde gravitační a odstředivé síly



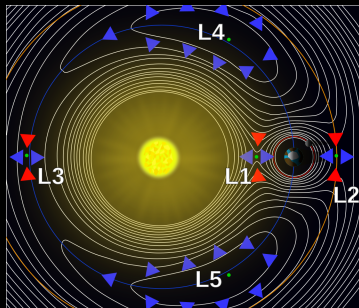
# Lagrangeovy body

- Vyrovnávají se zde gravitační a odstředivé síly
- 1772 Joseph-Louis Lagrange



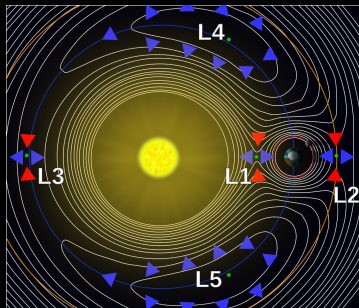
# Lagrangeovy body

- Vyrovnávají se zde gravitační a odstředivé síly
- 1772 Joseph-Louis Lagrange
- Nestabilní poloha: L1, L2 a L3



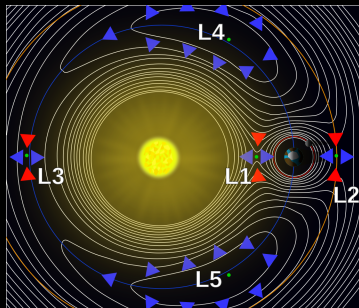
# Lagrangeovy body

- Vyrovnávají se zde gravitační a odstředivé síly
- 1772 Joseph-Louis Lagrange
- Nestabilní poloha: L1, L2 a L3
- Stabilní poloha: L4 a L5 (Trojané a Řekové)



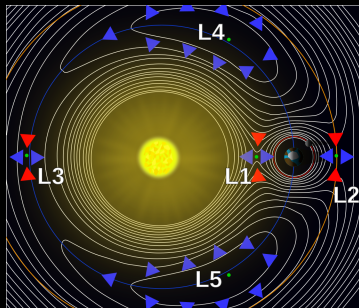
# Lagrangeovy body

- Vyrovnávají se zde gravitační a odstředivé síly
- 1772 Joseph-Louis Lagrange
- Nestabilní poloha: L1, L2 a L3
- Stabilní poloha: L4 a L5 (Trojané a Řekové)
- Nutný pohon pro udržení tělesa v okolí bodů L1 a L2



# Lagrangeovy body

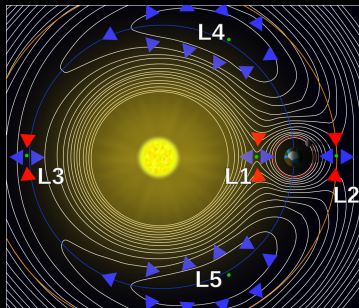
- Vyrovnávají se zde gravitační a odstředivé síly
- 1772 Joseph-Louis Lagrange
- Nestabilní poloha: L1, L2 a L3
- Stabilní poloha: L4 a L5 (Trojané a Řekové)
- Nutný pohon pro udržení tělesa v okolí bodů L1 a L2
- L1: LISA Pathfinder, SOHO





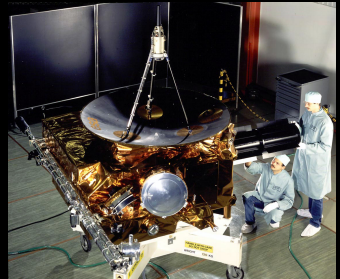
# Lagrangeovy body

- Vyrovnávají se zde gravitační a odstředivé síly
- 1772 Joseph-Louis Lagrange
- Nestabilní poloha: L1, L2 a L3
- Stabilní poloha: L4 a L5 (Trojané a Řekové)
- Nutný pohon pro udržení tělesa v okolí bodů L1 a L2
- L1: LISA Pathfinder, SOHO
- L2: WMAP, Herschel, Planck, Gaia, JWST



# Ulysses

- Provozovatel: ESA a NASA
- Start: 6.10.1990
- Konec mise: 30.6.2009
- Váha: 371 kg
- Letová dráha: P - 1.35 AU (Mars 1.38 AU), A - 5.4 AU (Jupiter)

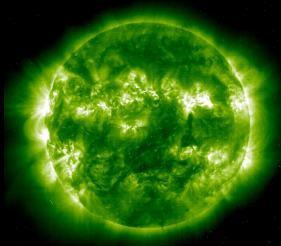


# Ulysses

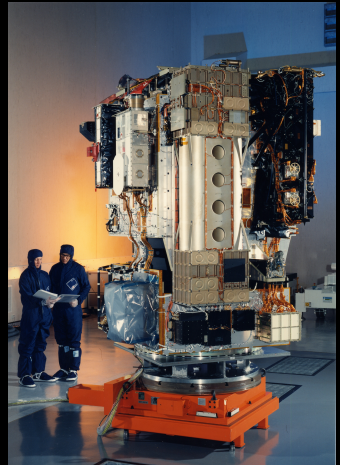
- Výbava: VHM/FGM (magnetometry); SWOOPS, SWICS (solární vítr), URAP (rádiové vlny a plasma), COSPIN (kosmické záření), GRB (rentgenové záření), GWE (gravitační vlny)
- Objevy: změna polarity (2000-2001) jednou za několik měsíců, radiální složka magnetického pole není závislá na heliocentrické šířce, objevování magnetarů

# SOHO - Solar Heliospheric Observatory

- Provozovatel: ESA a NASA
- Start: 6.10.1990
- Konec mise: pořád pokračuje
- Váha: 850 kg
- Letová dráha: L1, halo orbita

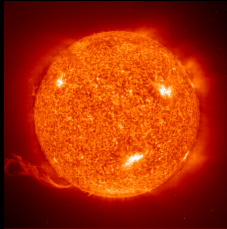


2000/07/16 10:51



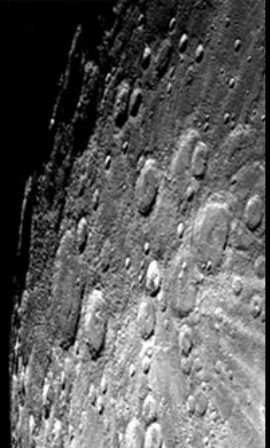
# SOHO - Solar Heliospheric Observatory

- Výbava: CDS (koronální diagnostika), CELIAS (sluneční vítr - varování), EIT (4 vlnové délky UV), GOLF, VIRGO a MDI/SOI (sluneční oscilace)
- Objevy: lepší pochopení vnitřní stavby Slunce, zjištění složení slunečního větru, pozorování odvrácené strany Slunce, 14.9.2015 3000. kometa



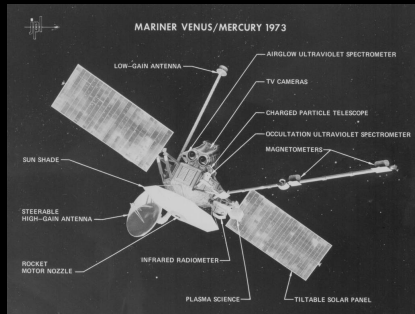
# Mariner 10

- Provozovatel: NASA a JPL
- Start: 3.11.1973
- Konec mise: 24.3.1975
- Váha: 503 kg
- Letová dráha: průlety kolem Merkuru a Venuše, poprvé použit gravitační prak



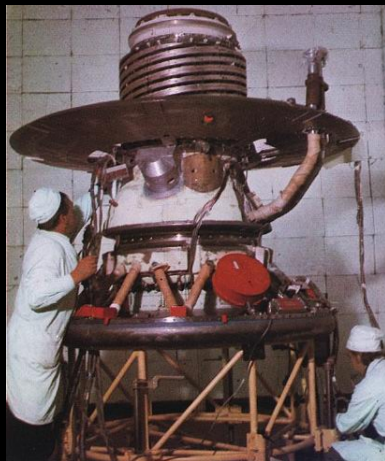
# Mariner 10

- Výbava: TPE (kamera), IR a UV detektory, magnetometry, detektory plasmatu a nabitých částic
- Objevy: Merkur nemá atmosféru, má slabé magnetické pole a relativně velké na železo bohaté jádro; Venuše má slabé magnetické pole, Hadleyho buňky a oblačné vrstvy v její atmosféře



# Veněra 8

- Provozovatel: SSSR
- Start: 17.3.1972
- Konec mise: 22.7.1972
- Váha: 1184 kg (start), 495 kg (přistávací modul)
- Letová dráha: část Hohmannovy elipsy





# Veněra 8

- Výbava: výškoměr, tlakoměr, teploměry, fotometry, analyzátor plynu, gamma spektrometr
- Objevy: tlak na povrchu 90 atmosfér, 470 °C povrchová teplota, přítomnost uranu, thoria a draslíku v povrchové hornině - podobné žule, mračná vrstva končí vysoko nad povrchem



# Viking 1 a 2

- Provozovatel: NASA
- Start: 20.8.1975, 9.9.1975
- Datum přistání: 20.7.1976,  
3.9.1976
- Konec mise: 13.11.1982,  
11.4.1980
- Váha: 3530 kg (start), 2325 kg  
(satelit), 576 kg (přistávací  
modul)
- Místo přistání: Chryse Planitia  
(1), Utopia Planitia (2)



# Viking 1 a 2

- Výbava: seismometry, chromatograf a hmotnostní spektrometr, barometry, teploměry (přistávací moduly); infra a jiné kamery (satelity)
- Objevy: půda v místech přistání je nevhodná pro vznik a udržení života, hustota atmosféry byla dříve vyšší, atmosférický tlak se v průběhu marťanského roku mění - až o 30%, severní a jižní hemisféra jsou velice klimaticky rozdílné v důsledku tvorby prашných bouří na jižní polokouli je tato polokoule i sušší



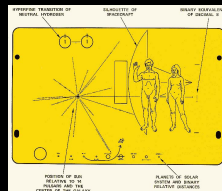
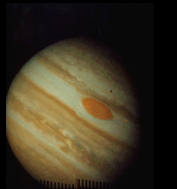
# Pioneer 10 a 11

- Provozovatel: NASA a ARC
- Start: 2.3.1972, 5.4.1973
- Konec mise: 31.3.1997,  
30.9.1995
- Váha: 270 kg
- Letová dráha: průlet kolem  
Jupitera (10 a 11-prak, 3.12.1973  
a 2.12.1974) průlet kolem  
Saturnu (11, 1.9.1979)



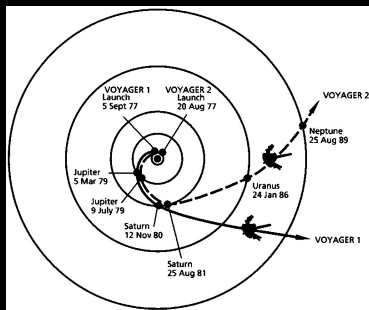
# Pioneer 10 a 11

- Výbava: UV fotometr, IR radiometr, fotopolarimetr, detektor kosmického záření, detektor nabitých částic, Geigerova trubice
- Objevy: helium, sodík a hliník ve slunečním větru; Jupiter vyzáří více energie, než sám přijímá od Slunce; proudy nabitých částic v radiálních pásch kolem Jupitera jsou 10 000x silnější, než ty kolem Země; objev několika nových měsíců Saturnu; Titan je pro život moc studený; cesta skrz Saturnovy prstence je pro Voyagere bezpečná



# Voyager 1 a 2

- Provozovatel: NASA a JPL
- Start: 5.9.1977, 20.8.1977
- Konec mise: obě sondy pokračují ve zkoumání mezihvězdného prostředí
- Váha: 825.5 kg (obě sondy)
- Letová dráha: Jupiter a Saturn (obě sondy), Uran a Neptun (Voyager 2) takto výhodné uspořádání planet se vyskytující se jednou za 175 let umožnilo Voyageru 2 dosáhnout Neptunu za 12 let (namísto 30)



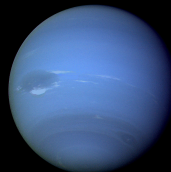
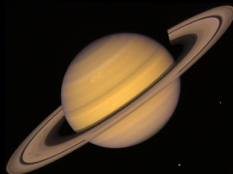
# Voyager 1 a 2 - Výbava a objevy

- Výbava: kamery, IR a UV senzory, magnetometry, detektory nabitých částic a kosmického záření
- Objevy - Jupiter:
- Velká rudá skvrna je bouře rotující proti směru hodinových ručiček
  - Vulkanismus na měsíci Io; Io funguje jako elektrický generátor s rozdílem napětí 400 000 V a generující proud o velikosti 3 000 000 A směřující podél magnetického pole do ionosféry Jupitera
  - Europa má na povrchu rozpraskaný led o tloušťce až 30 km, pod kterým se pravděpodobně ukrývá oceán o hloubce až 50 km
  - Jupiter má vlastní prstenec; Jupiterova magnetosféra zasahuje nejméně do dráhy Saturnu

# Voyager 1 a 2 - Objevy

## Saturn:

- Hustota materiálu v prstencích je různá
- Objeveny kličky a paprsky v prstencích
- Větry na Saturnu vanou rychlostí až 1800 km/h a zasahují až 2000 km hluboko do atmosféry
- Teplota na povrchu Titanu je 94 K a tlak 1.5 atmosféry; na povrchu Titanu mohou existovat oceány organických sloučenin





# Voyager 1 a 2 - Objevy

## Uran:

- První průlet a 10 nových měsíců
- Velký sklon rotační osy ovlivňuje tvar magnetosféry, která je velikostí srovnatelná se zemskou

## Neptun:

- První průlet a 6 nových měsíců
- Velká temná skvrna - bouře podobná té na Jupiteru
- Nejrychlejší vítr ve Sluneční soustavě - až 2000 km/h
- Erupce dusíku na Tritonu, který obíhá Neptun retrográdně

## Mezihvězdná mise:

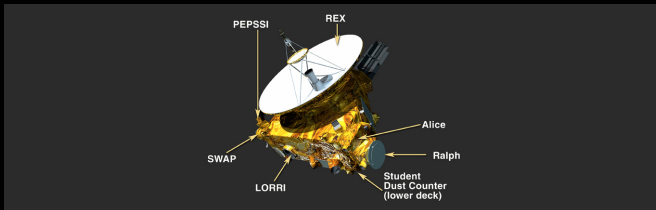
- 2012 - Voyager 1 opustil ve vzdálenosti kolem 120 AU heliosféru a stal se první sondou putující mezihvězdným prostorem (Voyager 2 to teprve čeká), nadále zkoumá částice okolní hmoty a změny magnetického pole

# New Horizons

- Provozovatel: NASA
- Start: 19.1.2006
- Konec mise: stále pokračuje
- Váha: 478 kg
- Letová dráha: průlet kolem Pluta (14.7.2015) s pomocí gravitačního praku u Jupiteru (28.2.2007)



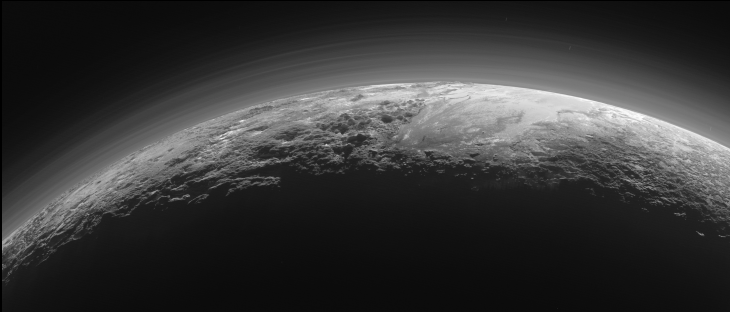
# New Horizons



- Výbava: Alice (UV spektrometr), Ralph (IR spektrometr + systém kamer CCD snímající povrch v různých barvách), REX (vlastnosti atmosféry pomocí rádiových vln), LORRI (optický teleskop s velkým rozlišením 50 m na 10 000 km), PEPSSI a SWAP (plasmové detektory), SDC (čítač srážek s prachem)

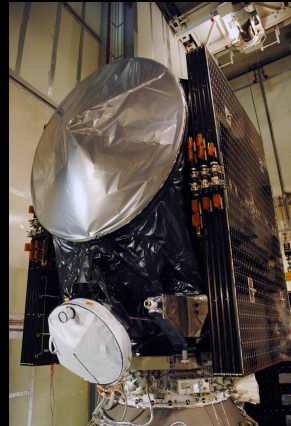
# New Horizons

- Objevy: měsíce Nix a Hydra, mrznoucí atmosféra, morfologie povrchu a geologie Pluta - největší pohyblivý ledovec ve Sluneční soustavě (Sputnik Planum)

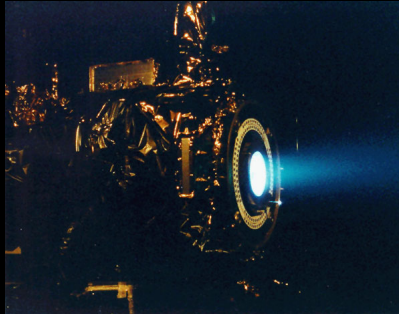


# Dawn

- Provozovatel: NASA
- Start: 27.9.2007
- Konec mise: stále pokračuje
- Váha: 1240 kg
- Letová dráha: s využitím gravitačního praku Marsu, oběžnice Vesty (16.7.2011 - 5.9.2012), oběžnice Ceres (od 6.3.2015)



# Dawn



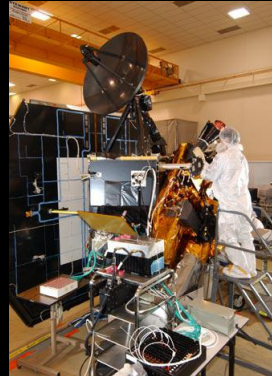
- Výbava: FC (kamera s 5 filtry), VIR (vizuální a IR spektrometr), G<sub>R</sub>aND (detektor záření gamma a neutronů)

# Dawn

- Objevy: povrchové složení planetek, hmotnost a rozložení hmoty planetek, rotační osy planetek

# Deep Impact / EPOXI

- Provozovatel: NASA a JPL
- Start: 12.1.2005, 21.7.2005
- Konec mise: 3.8.2005, 8.8.2013
- Váha: 650 kg (sonda), 370 kg (projektil, 4.8 t TNT)
- Letová dráha: průlet kolem komety Tempel 1 (4.7.2005), Hartley 2 (4.11.2010)





# Deep Impact / EPOXI

- Výbava: HRI a MRI (kamery s různým rozlišením a FOV), ITS (kamera projektilu)

## Objevy u Tempel 1:

- Složení materiálů vyvržených při srážce je podobné jako ve hvozdě Hale-Boppovy komety a v protoplanetárním disku hvězdy HD100546
- Vznik za oběžnou dráhou Jupitera, vymrštěna do Oortova oblaku a později návrat do vnitřní části Sluneční soustavy
- Povrch komety neobsahuje dostatek vody => zdroj uvnitř komety

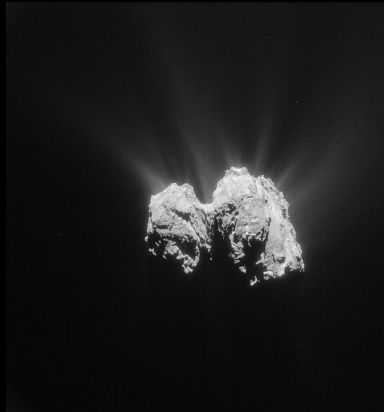
# Deep Impact / EPOXI

## Objevy u Hartley 2:

- Nestejnoměrné rozložení a síla zdrojů vodních par a oxidu uhličitého
- Hyperaktivní kometa rozprašující mnohem víc vody než jiné stejně veliké
- Vypařování oxidu uhličitého je hlavním zdrojem aktivity komety

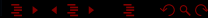
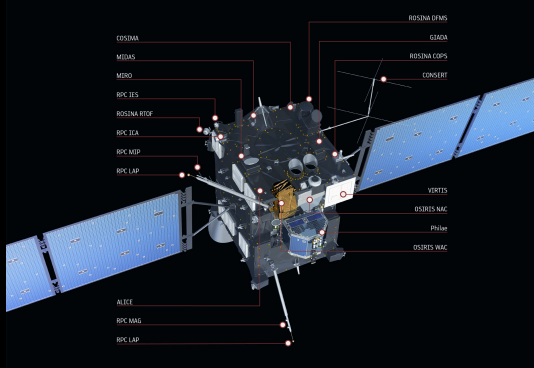
# Rosetta

- Provozovatel: ESA
- Start: 2.3.2004
- Konec mise: 30.9.2016
- Váha: 2900 kg (družice), 100 kg (Philae)
- Letová dráha: 3x využití gravitačního praku u Země a 1x u Marsu, přilet ke kometě Churyumov-Gerasimenko (6.8.2014), přistání modulu Philae (12.11.2014)



# Rosetta

- Výbava: Alice (UV spektrometr), CONSERT (zkoumání pomocí rádiových vln), GIADA (sběrač prachu), MIDAS (analyzátor prachu), OSIRIS (optická a IR kamera a spektrometr), ROSINA (analýza iontů a neutrálních částic)

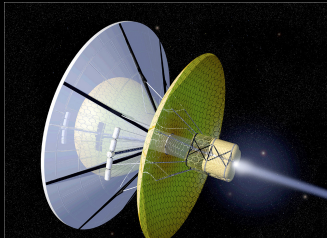


# Rosetta - Objevy

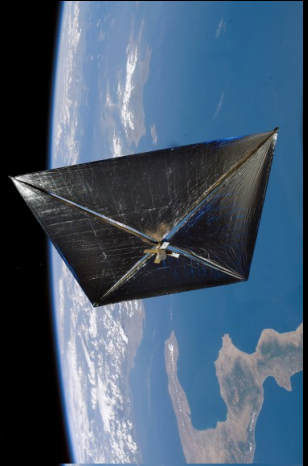
- Jádru nemá žádné magnetické pole
- Průměrná hustota komety 470 kg/m<sup>3</sup>, přičemž látky, z nichž je tvořená mají hustoty 1500-2000 kg/m<sup>3</sup> => velmi porézní objekt, který vznikl seskupením velkého množství mnohem menších kusů
- Deuteria je zde 3x více => vodu na Zemi nepřinesly podobné komety
- Magnetické pole kolem komety vzniká ve větší vzdálenosti při interakci slunečního větru s částicemi prachu a plynu vypouštěných kometou
- Organické sloučeniny nutné pro syntézu aminokyselin a cukrů

# Poputujeme ke hvězdám - Pohony

- Solární a jiné plachetnice
- Jaderný pulzní pohon
- Bussardův náporový motor a RAIR
- Sci-fi: Alcubierre - warp, červí díry



Jan Okleštěk

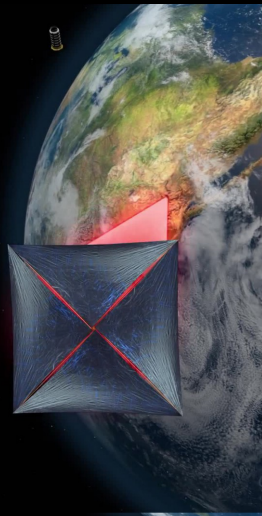


# Poputujeme ke hvězdám - Breakthrough Starshot

- Projekt vyhlášený Stephenem Hawkingem a Yuri Milnerem
- Poslat legii lehkých sond na 20-30 letou cestu k Proximě Centauri
- Sondy by se měly skládat z lehké plachty a čipu StarChip
- Urychlení pomocí 100 GW laseru během 2 minutového pulzu
- První start 2036



Jan Okleštěk



# Obsah

- 1 Kosmické sondy
- 2 Kosmické dalekohledy
- 3 Česká stopa ve vesmíru



# Hubble

- Provozovatel: NASA a ESA
- Start: 24.4.1990
- Konec mise: stále v provozu
- Váha: 11 110 kg (start), 12 247 kg (nyní jako URBANWAY)
- Servisní mise: 5 v letech 1993-2009
- Letová dráha: 547 km, 28.5° sklon vůči rovníku, 95 minut jedna orbita, rychlostí 27 300 km/h



# Hubble - Vybavení

- Primární zrcadlo: 2.4 m, 828 kg
- Přístroje: WFC3 (UV-IR kamera), COS (UV spektrometr), ACS (kamera pro přehlídky), STIS (UV-IR spektrometr pro větší objekty), NICMOS (IR kamera vidící skrze mračna prachu), FGS (naváděcí systém používaný i pro astrometrii)



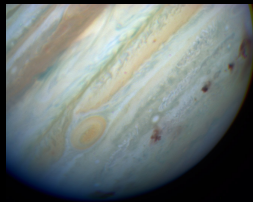
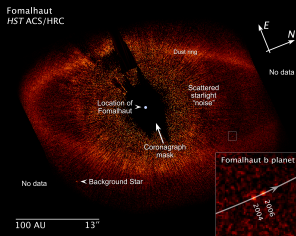
# Hubble - Objevy - Kosmologie

- Zpřesnil odhad stáří vesmíru na 13-14 mld. let
- Vytvořil snímek vzdáleného vesmíru, na kterém našel přes 3000 galaxií
- Pomohl identifikovat zdroj záření aktivních galaxií - supermasivní černé díry
- Pozorováním supernov ve vzdálených galaxiích zjišťuje rychlost rozpínání vesmíru - rozpínání zrychluje - temná energie?



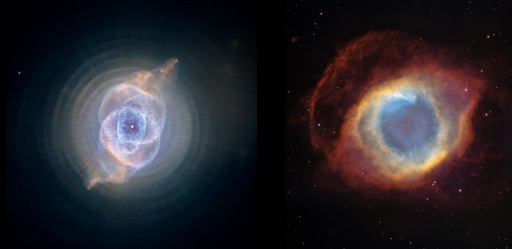
# Hubble - Objevy - Planetární výzkum

- Poprvé pozoroval zároveň protohvězdný disk a výtrysk hmoty
- Nafotil srážku komety Shoemaker-Levy 9 s Jupiterem
- Našel v atmosférách exoplanet sodík, uhlík, vodík a kyslík, taky methan



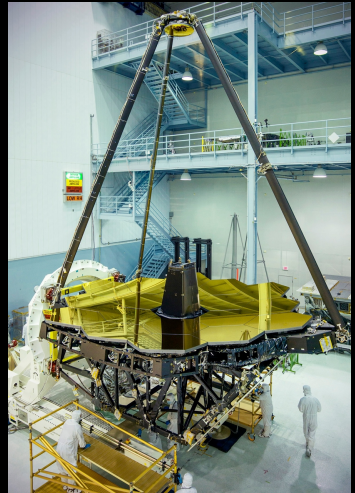
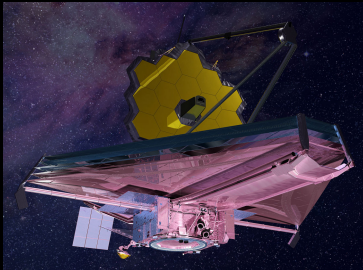
# Hubble - Objevy - galaxie

- Zjistil, že GRB vznikají v galaxiích s nižším zastoupením těžších prvků
- Galaktický kanibalismus je u větších galaxií obvyklým jevem
- Pozorováním planetárních mlhovin zjišťuje, jak umírají hvězdy podobné Slunci



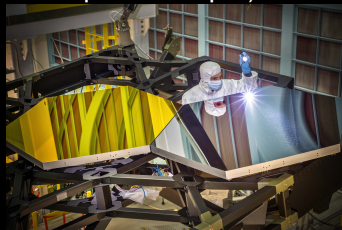
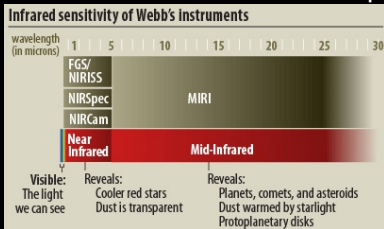
# JWST - Webbův dalekohled

- Provozovatel: NASA, ESA a CSA
- Start: 10/2018
- Životnost: 5-10 let
- Váha: 6500 kg (start)
- Letová dráha: L2, halo orbita



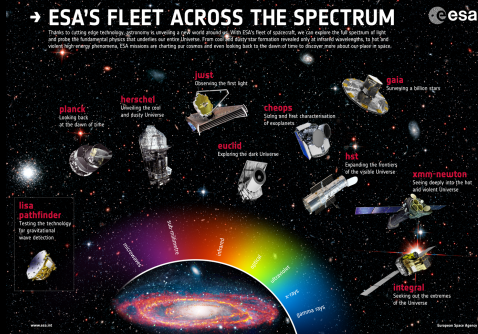
# JWST - Webbův dalekohled - Vybavení

- Primární zrcadlo: průměr 6.5 metru (705 kg) složené z 18 segmentů (39.48 kg)
- Přístroje: NIRSpec (mikrouzávěry umožňující pozorování až 100 objektů současně); NIRCам (hlavní IR kamera); MIRI (IR kamera a spektrograf pozorující ve vlnových délkách 5-28 mikrometrů); FGS/NIRISS (navádění dalekohledu / detekce exoplanet a spektroskopie)



# JWST - Webbův dalekohled - Očekávané výsledky

- Lepší pochopení vzniku a historie vesmíru
- Pozorování exoplanet u nejbližších hvězd a objektů v Kuiperově pásu
- Sledování méně jasných komet a formování hvězd





# Obsah

- 1 Kosmické sondy
- 2 Kosmické dalekohledy
- 3 Česká stopa ve vesmíru

# Sondy Magion 1-5

- Provozovatel: Československo, Česká republika
- Starty: 24.10.1978, 28.9.1989, 18.12.1991, 3.8.1995, 29.8.1996
- Konce misí: 10.9.1981, ??, 9/1992, 23.9.1997, 2.7.2002
- Váhy: 15 kg, 52 kg, 52 kg, 59 kg, 64 kg
- Letové dráhy: výstředné geocentrické od 406 km (P) a 768 km (A) - Magion 1, po 1000 km (P) a 198 000 km (A) - Magion 4



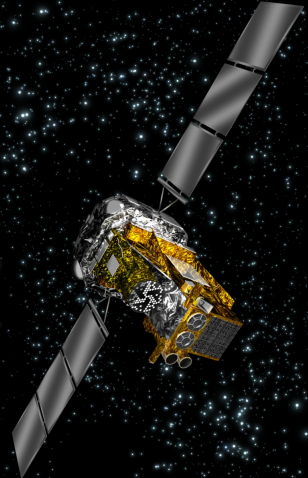
## Sondy Magion 1-5 - Vybavení a objevy

- Přístroje: magnetometry, Geigerův-Mullerův počítač, plasmometry, rádiové spektrometry, částicové spektrometry, rentgenový spektrometr
- Objevy: zjištěna rychlost pohybu magnetopauzy, teploty elektronů a složení iontů výše než 300 km nad povrchem Země



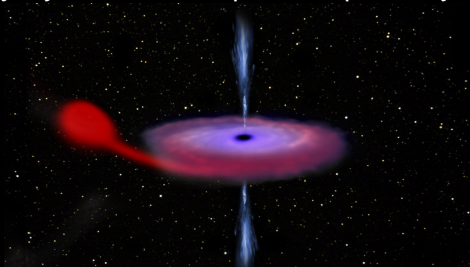
# INTEGRAL - mezinárodní spolupráce

- Provozovatel: ESA
- Start: 17.10.2002
- Konec mise: 31.12.2018
- Váha: 4000 kg
- Letové dráhy: výstředná oběžná dráha kolem Země (P: 6863 km, A: 155845 km, 72 hodin)
- Český příspěvek: spolupráce na výrobě optické kamery OMC



# INTEGRAL - Úkoly a výsledky

- Úkoly: studium supernov, rozložení zdrojů gamma záření v Galaxii, neutronových hvězd a černých děr, aktivních galaktických jader
- Výsledky: velké množství gamma záblesků, změny chemického složení v Galaxii v nedávné minulosti, objev antihmoty v jádře Galaxie, poznání podstaty kvazarů



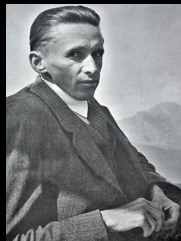
# Čech ve SpaceX

- Jméno: David Pavlík
- Ročník: 1981
- Vzdělání: Bc. na informatice MU,  
MBA. na B.I.B.S.
- Od 6/2014 - Software Automation  
Program Manager
- Od 9/2016 - Dragon Software  
Program Manager



# Významný astronom

- Jméno: Antonín Bečvář
- Narozen: 10.6.1901
- Zemřel: 10.1.1965
- Vzdělání: Reálné gymnázium v Brandýse nad Labem, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy (doktorát)
- Kariéra: klimatolog, Skalnaté Pleso, přednosta astronomického ústavu
- Publikace: Vysoké Tatry, Atlas horských mraků, Atlas Coeli Skalnaté Pleso, Atlas Eclipticalis, Atlas Borealis, Atlas Australis
- Pocty: IAU po něm pojmenovala kráter na odvrácené straně Měsíce, asteroid 4567



# Významný astronom

- Jméno: Zdeněk Kopal
- Narozen: 4.4.1914
- Zemřel: 23.6.1993
  
- Vzdělání: gymnázium v Praze, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy (1937 promoce), britský i americký Cambridge
- Kariéra: Česká astronomická společnost, IAU, MIT, univerzita v Manchesteru, NASA, JPL
- Publikace: An introduction to the study of eclipsing variables; Photographic atlas of the moon; Telescopes in space; The Roche problem . . .
- Pocty: asteroid 2628, v Litomyšli má památník





# Poděkování

Děkuji za Vaši pozornost!