

# Űrkutatás és űrutazás a 20. században



**2015. május 15.  
A csillagászat története 2.**

# Cél a világűr

1865, Jules Verne: *Utazás a Holdba*

– itt még ágyúval: nem túl praktikus

→ ez ösztönzi a rakétatudomány 3 atyját:

Konsztantyin Ciolkovszkij  
Oroszország-Szovjetunió  
(1857-1935)

Robert Goddard  
Amerika  
(1882-1945)

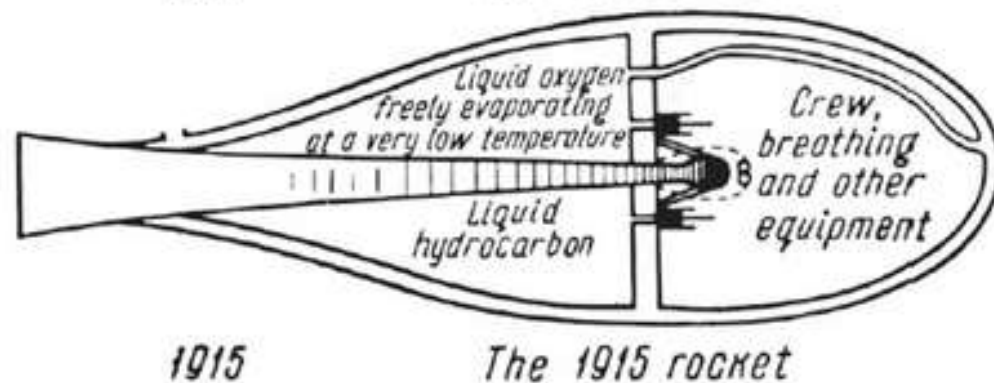
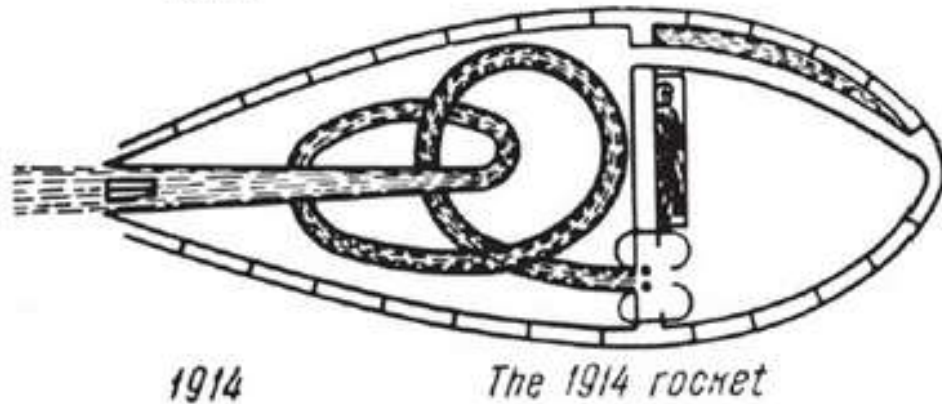
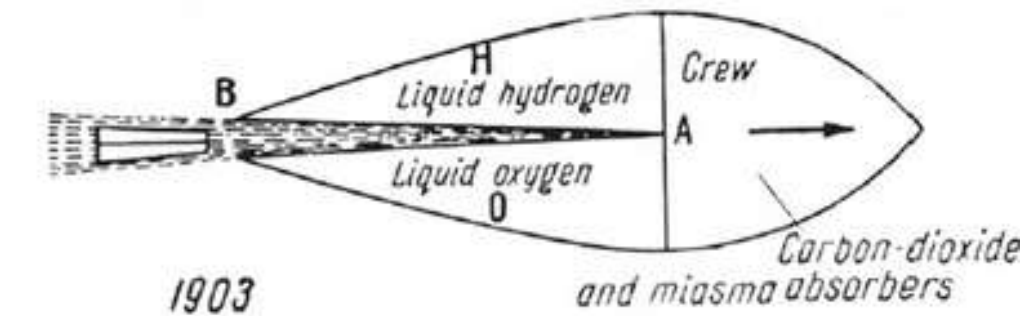
Hermann Oberth  
Németország  
(1894-1989)



# Orosz rakéták

- Ciolkovszkij, 1902: az első publikáció a rakéta-elvről
  - alapvető rakétaegyenlet:  $v_2 = v_{ex} \times \ln(m_1 \div m_2) + v_1$   $v_2$ : rakéta végsebessége  
 $v_{ex}$ : gáz sugar sebessége  
 $v_1$ : indítási sebesség  
 $m_1$ : kezdőtömeg  
 $m_2$ : végtömeg
  - üzemanyagok (hidrogén, kerozin) puskaapor helyett
  - megszállott „próféta”: 500 további cikk
    - pl. 1929: többfokozatú rakéták („űrrakéta-vonat”)
  - 1926: az űrkutatás 16 lépése:

1. Szárnyas rakétarepülők
2. Fokozatos sebesség- és magasságnyerés
3. Szárnyatlan rakéták
4. Tengeren leszállás
5. Szökési sebesség, orbitális pálya
6. Repülési idők növelése
7. Mesterséges atmoszféra növényekkel
8. Űrruhák, tevékenység az űrben
9. Föld körüli üvegházak
10. Föld körüli lakóövezetek
11. Napenergia (mezőgazdaság, fűtés, közlekedés)
12. Kisbolygó-öv gyarmatosítása
13. Naprendszer gyarmatosítása
14. Egyéni és társas tökéletesség elérése
15. Naprendszer túlnépesedése, a Tejút gyarmatosítása
16. Nap halála, emberiség távoli napokra költözése



Ciolkovszkij rakéta-tervei

- 1930-as évek: űrkutatási program Moszkvában és Leningrádban is
  - komoly támogatás: hadipar
- 1933: első rakéta
  - 18 kg, 400 m magasra, 18 s repülés
- Program főmérnöke: Szergej Koroljev (1907-1966)

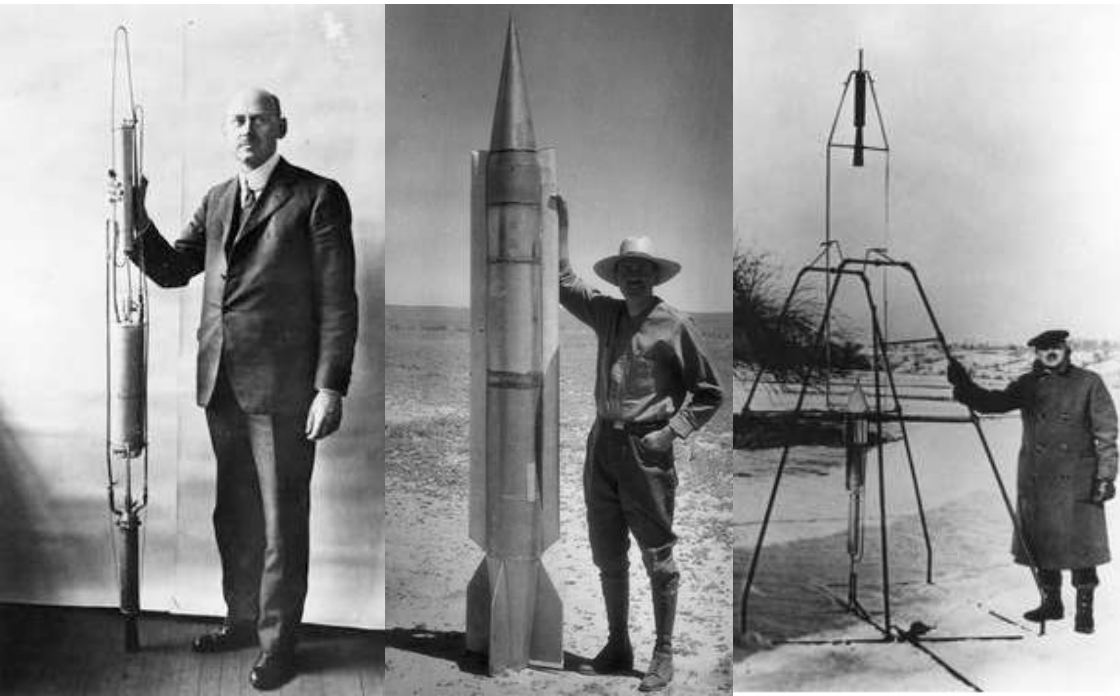


# Amerikai rakéták

Goddard: szilárd üzemanyag (1919)

→ folyékony üzemanyag (1926)

- első folyékony üzemanyagos rakéta:
  - 12,5 m magasra, 56 m messze, 2,5 s ideig
- 1930: 610 m magasra (7 kg)
- 1932: giroszkópos stabilizálás elve
- 1935: az első, ami eléri a hangsebességet

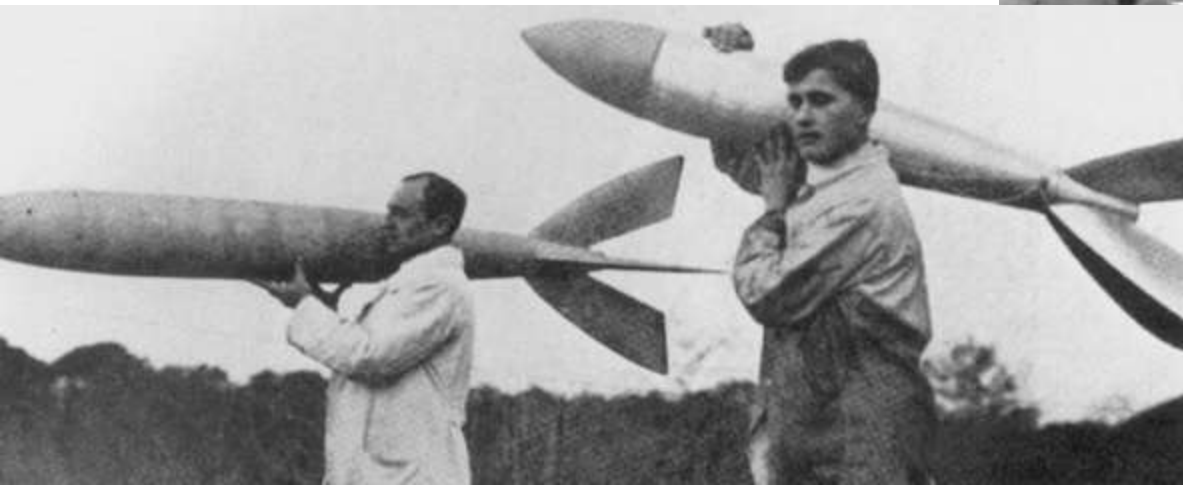


# (Goddard néhány próbálkozása)

Date	Type	Altitude (m)	Flight duration				
				October 3, 1936	L-A	60	5 s
March 16, 1926	Goddard 1	12,5	2.5 s	November 7, 1936	L-A	60	unknown
April 3, 1926	Goddard 1	15	4.2 s	December 18, 1936	L series, Section B	1	unknown
December 26, 1928	Goddard 3	5	unknown	February 1, 1937	L-B	570	20.5 s
July 17, 1929	Goddard 3	27	5.5 s	February 27, 1937	L-B	460	20 s
December 30, 1930	Goddard 4	610	unknown	March 26, 1937	L-B	2500-2700	22.3 s
September 29, 1931	Goddard 4	55	9.6 s	April 22, 1937	L-B	2000	21.5 s
October 13, 1931	Goddard 4	520	unknown	May 19, 1937	L-B	990	29.5 s
October 27, 1931	Goddard 4	410	unknown	July 28, 1937	L-series, Section C	630	28 s
April 19, 1932	-	41	5 s	August 26, 1937	L-C	600	unknown
February 16, 1935	A series	200	unknown	November 24, 1937	L-C	30	unknown
March 8, 1935	A series	300	12 s	March 6, 1938	L-C	160	unknown
March 28, 1935	A series	1460	20 s	March 17, 1938	L-C	660	15 s
May 31, 1935	A series	2300	unknown	April 20, 1938	L-C	1260	25.3 s
June 25, 1935	A series	37	10 s	May 26, 1938	L-C	40	unknown
July 12, 1935	A series	2000	14 s	August 9, 1938	L-C	1500	unknown
October 29, 1935	A series	1220	12 s	August 9, 1940	P-series, Section C	90	unknown
July 31, 1936	L series, Section A	60	5 s	May 8, 1941	P-C	80	unknown

# Német rakéták

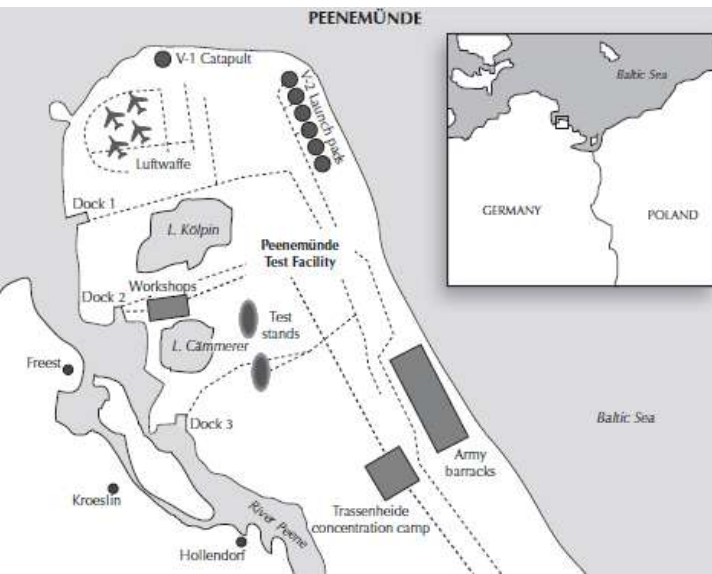
- Hermann Oberth, 1923: könyvecske a rakétákról → komoly ellenreakciók ↔ megalapítja a Német Űrutazási Társaságot
- Wernher von Braun: 1930-tól kísérletek folyékony üzemanyaggal
- 30-as évek: komoly támogatás: a legnagyobb a világon
  - 1930: első rakéta
  - 1934: giroszkópos stabilizálás a gyakorlatban → 2000 m magasság
  - 1939-re már 13 km-es magasság



# Rakéták a 2. világháborúban

A németek megnyerik a rakétaversenyt: V2 rakéta

- az első, ami kilép az atmoszférából: 1942, 192 km
- 12,5 t, 15 m, 5 500 km/h, alkohol + oxigén, 25%-ban hibás
- 6000 készül
- hatalmas gyár, rabszolgamunkával épül (Peenemünde),
  - 1943: súlyos bombázás éri a gyárat
- 1945: >4000-t lőttek ki Angliára, 1500-at Antwerpenre, stb.
- négyszer annyiba került védekezni ellenük, mint amennyi az előállítási költségük



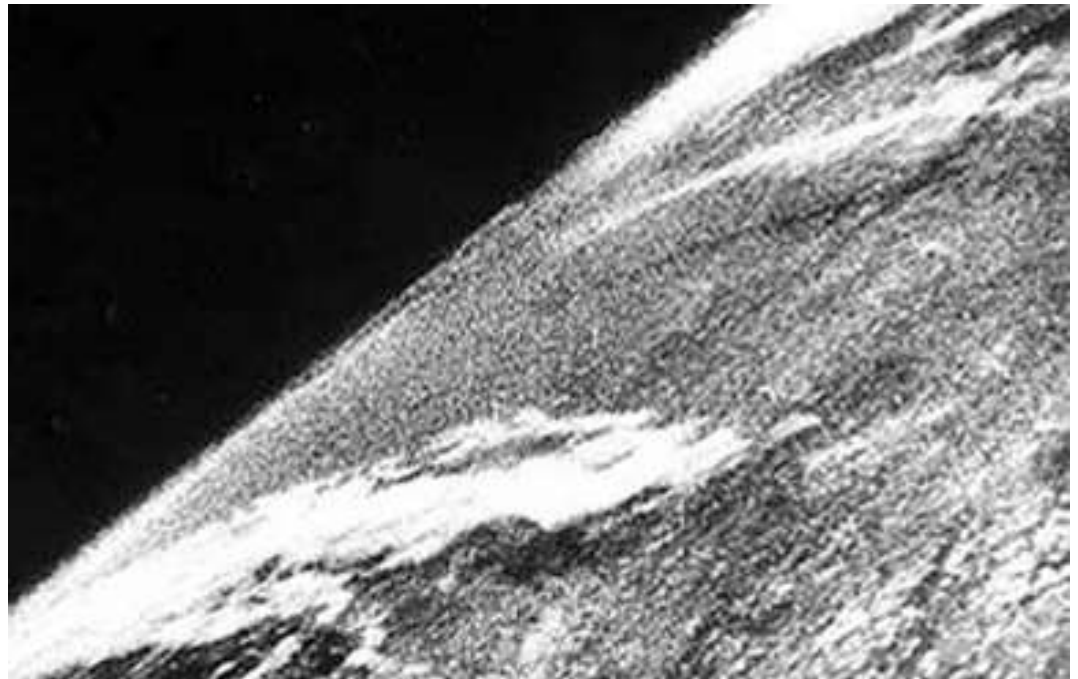
# A világháború vége

a Szövetségesek kimenekítik a gyárat az oroszok elől

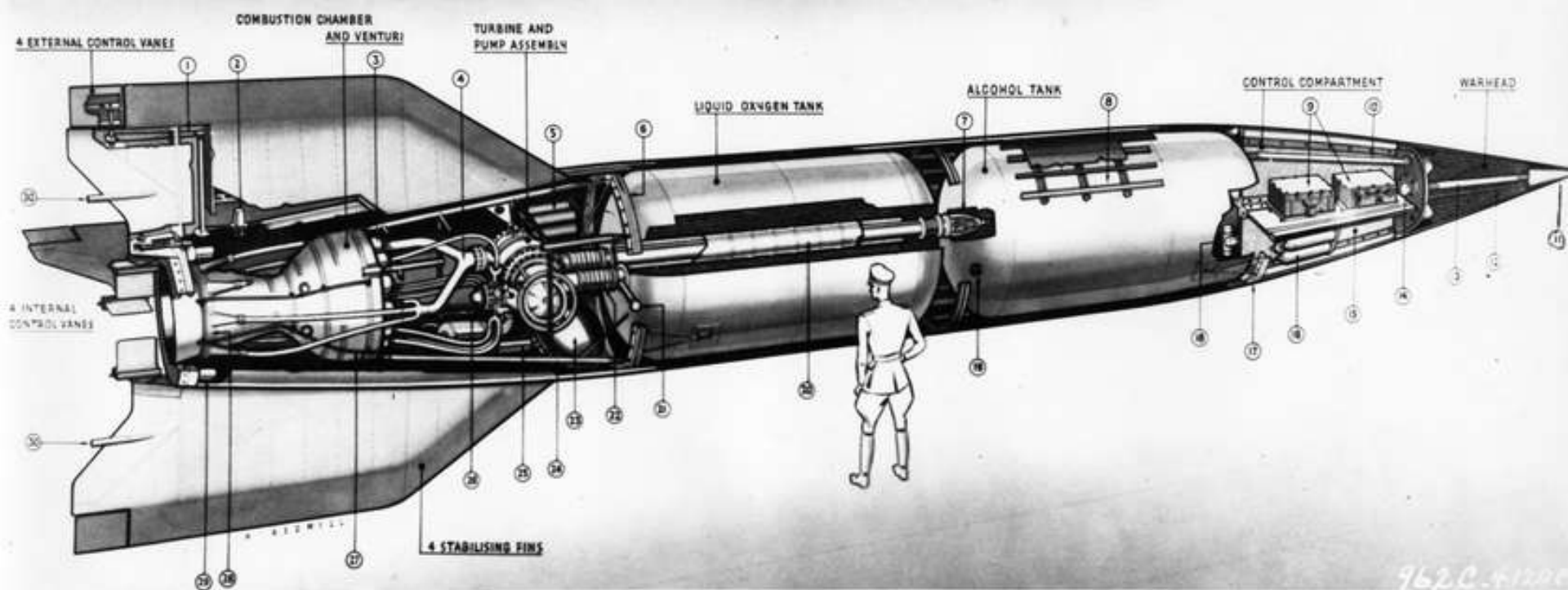
- 130 németet visznek Amerikába (von Braun is) → V2 továbbfejlesztése
- az oroszok is német tudósokkal dolgoztatnak, zsákmányolt V2-kön



von Braun sikeres Amerikában



az első fotó az űrből: 1949, V2



- 1 CHAIN DRIVE TO EXTERNAL CONTROL VALVE
- 2 ELECTRIC MOTOR
- 3 BURNER CUPS
- 4 ALCOHOL SUPPLY FROM PUMP
- 5 AIR BOTTLES
- 6 REAR JOINT RING AND STRONG POINT FOR TRANSPORT
- 7 SERVO-OPERATED ALCOHOL CUTLET VALVE
- 8 ROCKET SHELL
- 9 RADIO EQUIPMENT
- 10 PIPE LEADING FROM ALCOHOL TANK TO WARHEAD

- 11 NOSE PROBABLY FITTED WITH NOSE SWITCH, OR OTHER DEVICE FOR OPERATING WARHEAD FUZE
- 12 CONDUIT CARRYING WIRES TO NOSE OF WARHEAD
- 13 CENTRAL EXPLODER TUBE
- 14 ELECTRIC FUZE FOR WARHEAD
- 15 PLYWOOD FRAME
- 16 NITROGEN BOTTLES
- 17 FRONT JOINT RING AND STRONG POINT FOR TRANSPORT
- 18 PITCH AND AZIMUTH GYROS
- 19 ALCOHOL FILLING POINT
- 20 DOUBLE WALLED ALCOHOL DELIVERY PIPE TO PUMP

- 21 OXYGEN FILLING POINT
- 22 CONCERTINA CONNECTIONS
- 23 HYDROGEN PEROXIDE TANK
- 24 TUBULAR FRAME HOLDING TURBINE AND PUMP ASSEMBLY
- 25 PERMANGANATE TANK (GAS GENERATOR UNIT BEHIND THIS TANK)
- 26 OXYGEN DISTRIBUTOR FROM PUMP
- 27 ALCOHOL PIPES FOR SUBSIDIARY COOLING
- 28 ALCOHOL INLET TO DOUBLE WALL
- 29 ELECTRO-HYDRAULIC SERVO MOTORS
- 30 AERIAL LEADS

Az amerikaiak próbálják megérteni a V2-t

# Űrverseny és tudomány

- Háború után 2 superhatalom: **USA** és **SZU**, független fejlesztések
- 40-es évek vége: kutatásban használják a rakétákat
  - csírákat kitesznek kozmikus sugárzásnak
  - Föld görbületének fotózása
  - Nap röntgen- és UV-spektruma
  - ionok a légkörben, fotonszámlálók
    - sugárzás a hidrogén Lyman- $\alpha$  régiójában 75 km felett (ezt várták), és gyenge röntgen 87 km felett (ezt nem)
  - gyorsulások és zuhanás hatása a főemlősökre
    - jópár majom elpusztul a tudomány oltárán
  - 1949: **első kétfokozatú**: 1. V2, 2. WAC Corporal (1944 óta USA)
    - 390 km (elektronsűrűség-mérések, F réteg)
  - 1951-52: élőlények az űrben és vissza (**11 egér**, **kutya**, **2 majom**)



Sam, rhesusmajom  
1959, 88 km



Miss Baker, mókusmajom  
1959, 480 km



Ham, csimpánz  
1961, 16,5 perc



Lajka, 1957: 1660 km



Sztrelka, 1960:  
másfél napot túlél



kutya a Szputnyik 6-on  
(1960, elpusztul)

# Űrverseny 1: Jussunk ki az űrbe

- 1957-58: Nemzetközi Geofizika Éve  
→ verseny: ki tud műholdat orbitális pályára állítani?
- SZU jobban halad
  - az USA repülőket tart Európában → bármikor bombázhatná a SZU-t  
↔ a SZU-nak nincs szövetségese USA közelében → az interkontinentális rakétákat kell fejleszteni
  - az amerikai rakéták kisebbek
  - az amerikai hadászati rakéta program független a civil alkalmazásoktól, míg a szovjet nem
- 1957. okt. 4.: **Szputnyik 1** (→ **SZU** – **USA** : **1** – **0**)
  - 58 cm-es alumíniumgömb 4 antennával, 83,6 kg
  - max. magasság: 939 km
  - 96 perces keringés, 92 napon át (1440 keringés)
  - hatalmas sokk a nyugatnak



...and smiling directly into the camera as they walked.

- 1957. nov. 3: **Szputnyik 2**
  - Lajka kutya → elpusztul pár nap után (túlhevülés: a szellőztetés elromlik kilövésakor)
  - 162 napig fent marad
- az amcsik 10-15 kg-os műholdakkal próbálkoznak → óriási hátrány
  - 1958. jan. 31, Werner von Braun: **Explorer 1**
    - összesen 14 kg
    - sugárzási (Van Allen) övek kimérése
    - 12 évig pályán marad
    - rakéta: Jupiter-C
  - 1958. okt. 1: kell egy polgári űrügynökség: **NASA**  
→ programok:
    - *Mercury* (1959-63): embert az űrbe
    - *Gemini* (1961-66): műveletek az űrben
    - *Apollo* (1961-72): embert a Holdra



# COMPARISON OF FIRST SATELLITE LAUNCHERS

*R-7/Sputnik 1*

*Sputnik 1*

*R-7 booster*

RD-108 Glushko engine (one total)

RD-107 Glushko engines (four total)

35 feet  
(10.7 m)

*Jupiter-C/Explorer 1*

*Explorer 1 and  
Sergeant  
fourth stage*

*Sergeant second  
and third  
stage "tub"*

*Instrument section*

*Steering nozzle*

*Jupiter-C  
first-stage booster*

71 feet  
(22 m)

13 feet  
(4 m)

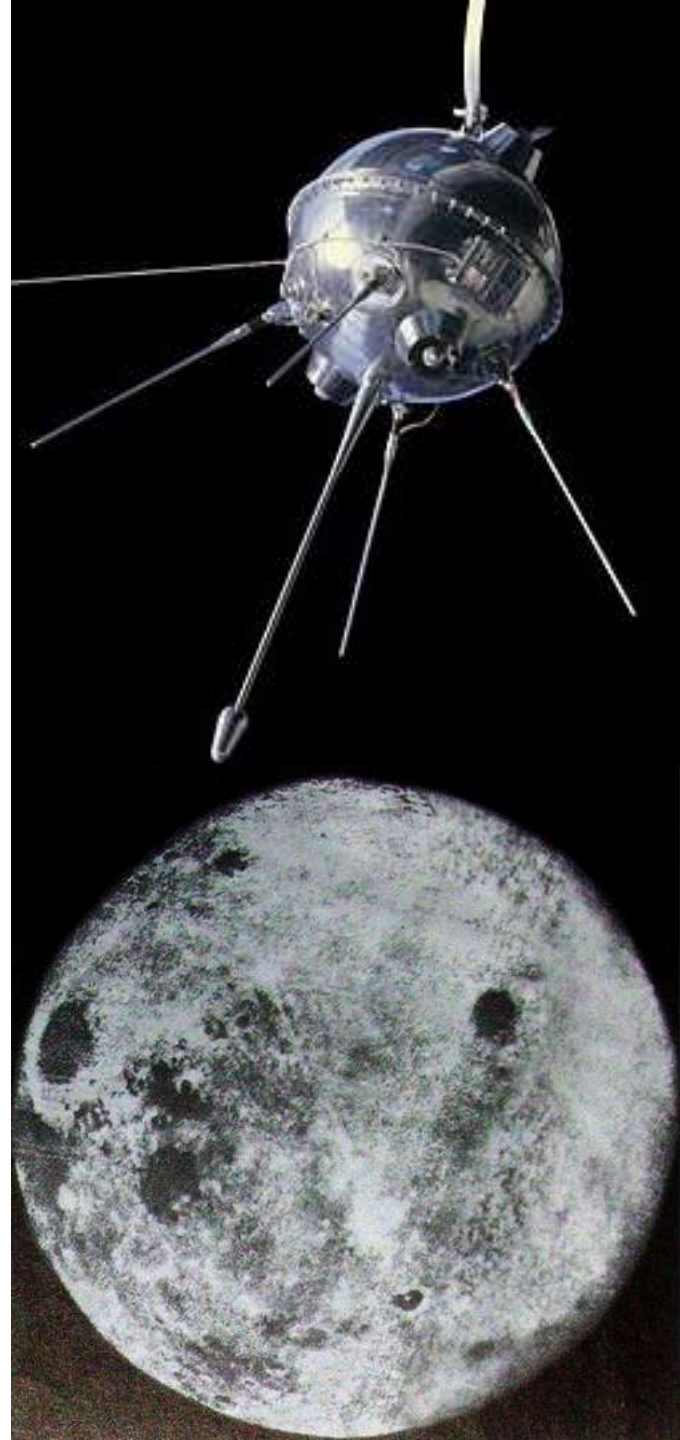
← Méretösszehasonlítás a  
Sputnik 1-et feljuttató R-7  
és az Explorer 1-et feljuttató  
Jupiter-C között

R7 hordozórakéta



# Űrverseny 2: Találjuk el a Holdat

- 1958. okt. 11: **Pioneer 1**: cél a Hold  
↔ csak a távolság 30%-áig jut el
- 1958, **Pioneer 2,3**: sikertelen
- 1959. jan. 4: a **Luna 1** 6000 km-re közelíti meg a Holdat (→ **SZU** – **USA** : **2** – **0**)
  - az első mesterséges tárgy Nap körüli pályán
  - nem talál mágneses teret
- 1959. már. 3: **Pioneer 4**: 60 000 km-re a Holdtól
- 1959. szept: **Luna 2** becsapódik a Holdba  
+ első éles fotók
- 1959. okt.: **Luna 3** képet küld a Hold túloldaláról
  - extrák: napelem, fotocellás tájolás,  
gázsugár-stabilizáció, automata fotólabor

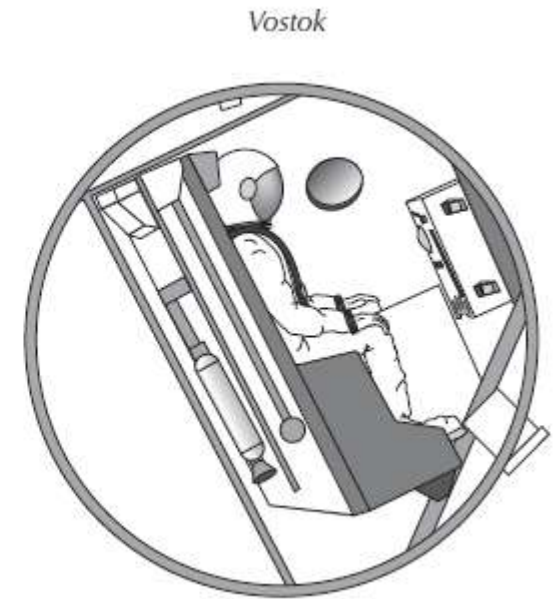
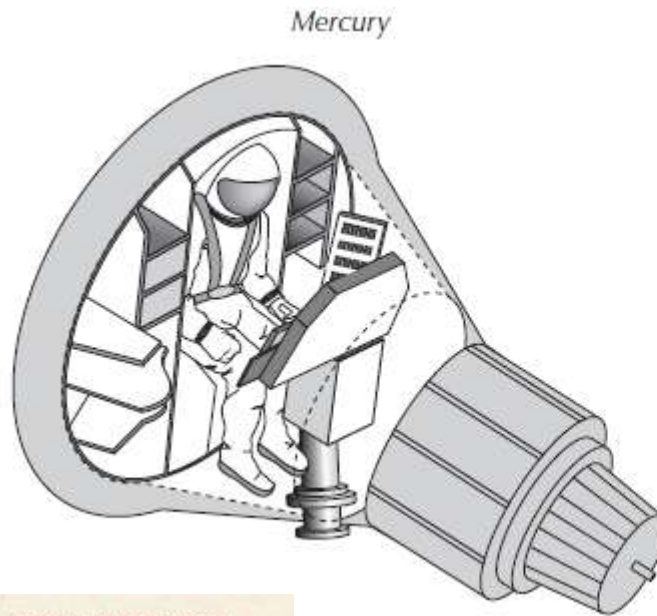


# Űrverseny 3: Embert az űrbe

- 1958. dec. 17: „**Merkúr projekt**”: celeb űrhajósok (7) ↔ **SZU**: titkos jelöltek (6)
  - hatalmas várakozás, komoly erőfeszítések, sok sikertelen próbálkozás
  - John F. Kennedy: embert küldünk a Holdra az évtized (1960-as) vége előtt  
→ óriási támogatottság és prioritás
- 1961. ápr. 12: Jurij Gagarin az űrben (egy keringés) (→ **SZU** – **USA** : **3** – **0**)
- 1963, Valentina Tyereskova: első nő (→ **SZU** – **USA** : **4** – **0**)
- 1965, Alexej Leonov: első űrséta (→ **SZU** – **USA** : **5** – **0**)



## A Mercury és a Vosztok kabinja



A hat szovjet elsőség bélyegeken:

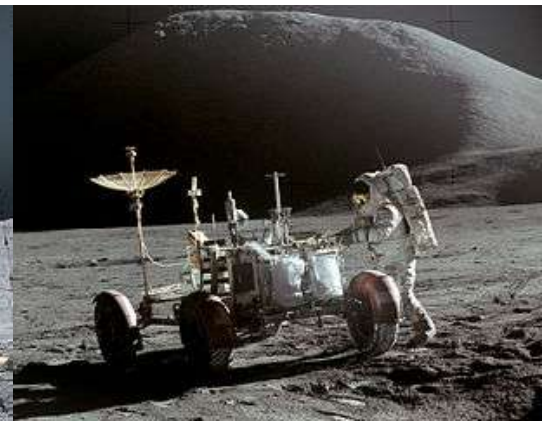
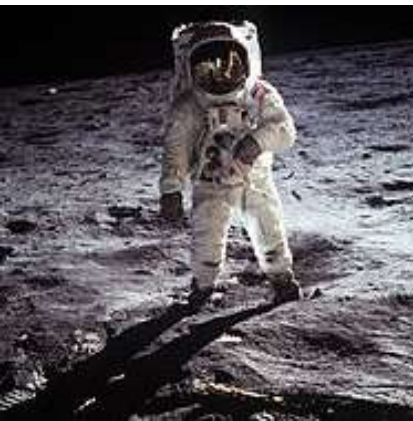
1. első űrrepülés (1957)
2. első Hold-elérés (1959)
3. első Hold-megkerülés (1959)
4. első ember az űrben (1961)
5. első csoportos repülés (1962)
6. első nő az űrben (1963)

# Űrverseny 4: Embert a Holdra

1969. júli. 20, **Neil Armstrong, Buzz Aldrin** a Holdon (→ **SZU** – **USA** : **5** – **K.O.**)

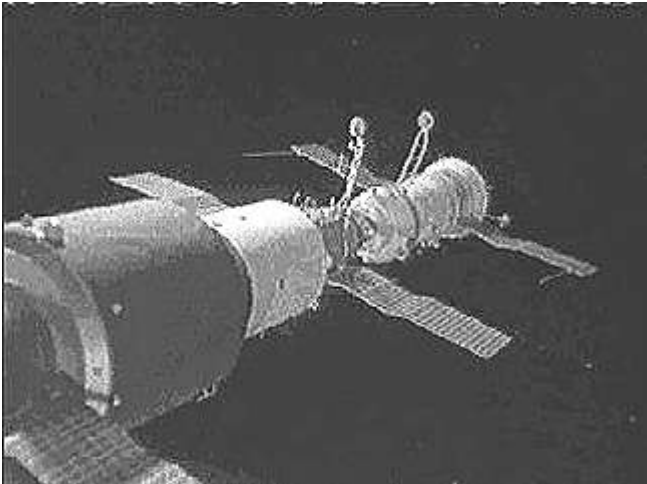
- Apolló-program
- megkezdődik a tudományos kutatás: holdkőzet, szeizmométer, lézertükör
- 1970: az Apolló 17 után leállítják (még 7 holdraszállás lett volna)

Mission name	Lunar landing date	Lunar liftoff date	Lunar landing site	Duration on lunar surface	Crew
Apollo 11	20 July 1969	21 July 1969	Sea of Tranquility	21:31	Neil Armstrong, Edwin "Buzz" Aldrin
Apollo 12	19 November 1969	21 November 1969	Ocean of Storms	1-day, 7:31	Charles "Pete" Conrad, Alan Bean
Apollo 14	5 February 1971	6 February 1971	Fra Mauro	1-day, 9:30	Alan B. Shepard, Edgar Mitchell
Apollo 15	30 July 1971	3 August 1971	Hadley Rille	2 days, 18:55	David Scott, James Irwin
Apollo 16	21 April 1972	24 April 1972	Descartes Highlands	2 days, 23:02	John Young, Charles Duke
Apollo 17	11 December 1972	14 December 1972	Taurus–Littrow	3 days, 2:59	Eugene Cernan, Harrison H. "Jack" Schmitt



# Űrállomások

- szovjetek: „inkább akkor” az űrállomásokra koncentrálnak
  - első űrállomás: 1971. ápr. 11, **Szaljut 1**
- első amerikai: 1973. máj. 14, **Skylab**



- 18 t, 16 m, 82 m<sup>3</sup>
- 3 lakója hazatéréskor meghal
- össz. 175 napig üzemel

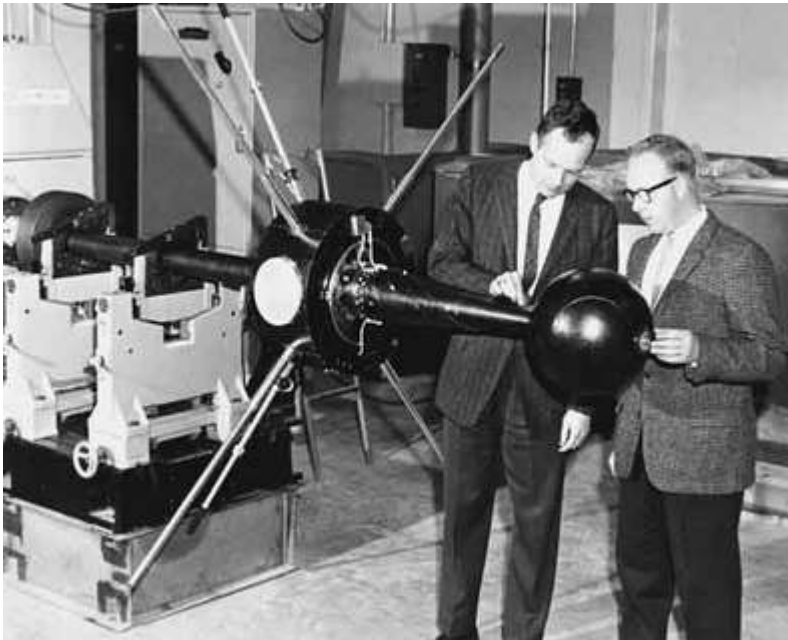


- 77 t, 26 m, 320 m<sup>3</sup>
- igen komplex kísérletekre alkalmas
- 1973-74: 4 Skylab indul, 3 emberes



# Korai plazmakutatás

- 1958. május, **Szputnyik 3**: iondetektorok
- 1959. szept.: **Luna 2** szintén  
→ első részecske-mérések a Föld mágneses terén kívül
- 1961. márc.: **Explorer 10**: 240 000 km  
↔ nem sikerül a földi mágneses tér fölé kerülni
- 1962. augusztus 26: **Mariner 2**  
→ a Föld mágneses viharait a Napból érkező ionok okozzák



# Vénusz

- 1961. feb. 12, Szputnyik 8 → 640 kg-os űrszonda: **Venyera 1** ↔ sikertelen
- 1962. aug. 27: **Mariner 2** (200 kg)  
→ dec. 14: 34 800 km-re a V. mellett (→ 700 K felhők, nincs mágneses tér)
- 1965, november: **Venyera 2, 3**
  - Venyera 2: bolygósúroló pálya ↔ elveszik a kommunikáció
  - Venyera 3, 1966. márc. 1: első majdnem sikeres leszállás (90 cm-es leszállóegység) ↔ összeroppan még a felszín előtt
- 1960-as évek vége: **Venyera 4, 5, 6**: mind leszáll
- 1970, **Venyera 7**: 23 percig túlél → első sikeres adattovábbítás (700K,  $90 \cdot p_F$ )
- 1974, **Mariner 10**: Merkúr felé elhaladtában: első fotók a felhők tetejéről (→ 400 km/h sebesség, 4 naponta megkerülik a bolygót)
  - első, amelyik gravitációs parititát használ
- 1975: **Venyera 9, 10**: szondák a felszínre

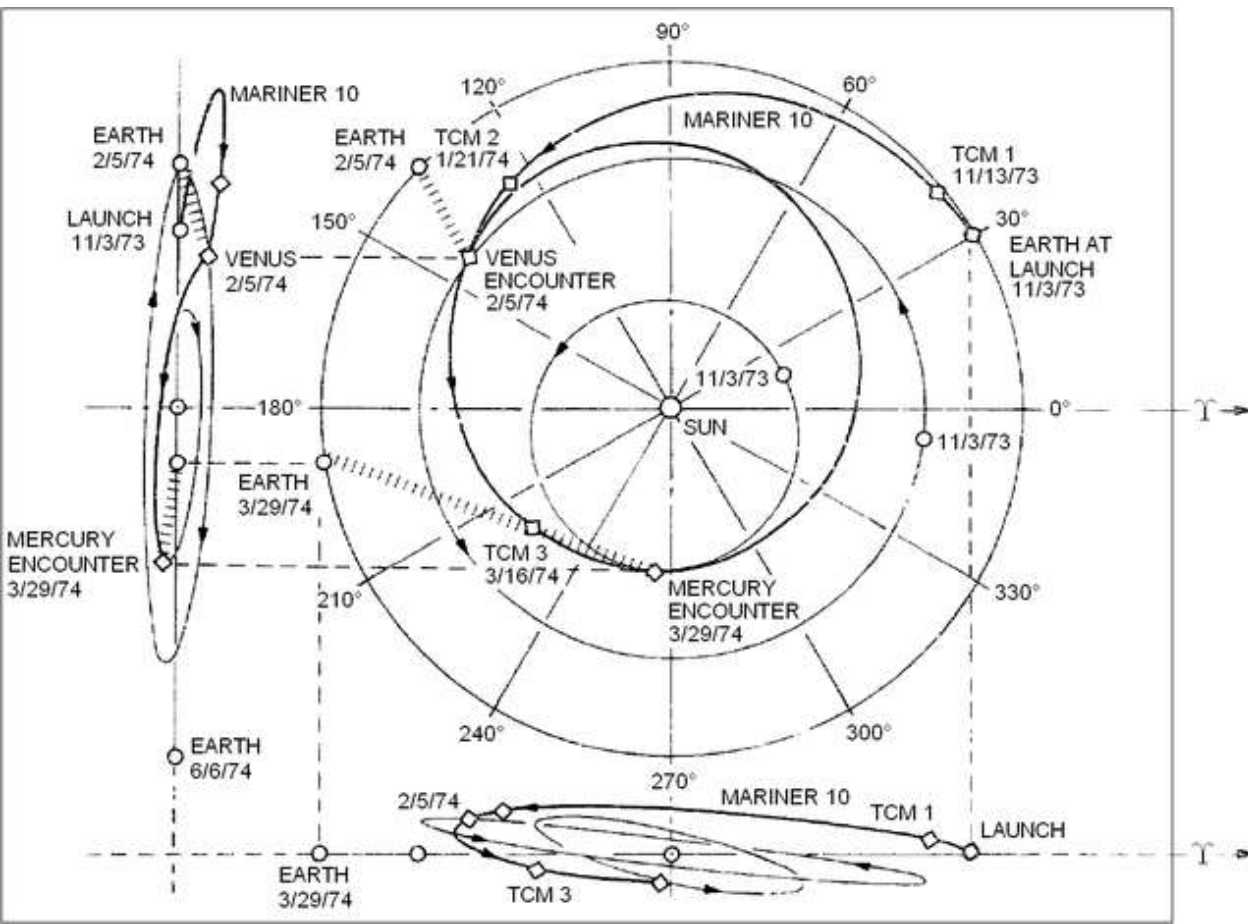


- 1978, **Pioneer-Venus 1**: keringési pálya a bolygó körül
  - radar magasságmérővel térkép → a felszín 93%-a, 100 km-es felbontás  
→ 70% síkság, 10% hegyek, 20% völgyek
  - + **Pioneer-Venus 2**: hasonló pálya → 4 leszálló-egység, egy él túl (1 óra)
- 1982. márc., **Venyaera 13, 14**: leszállások → színes fényképek (narancs égbolt) + talajminták (bazalt, sok kalciummal)
- 1983, **Venyaera 15, 16**: 2,5 km-es felbontással radartérkép (30%)  
→ becsapódási kráterek és vulkánok
- 1989 május, **Magellan** → 15 hónap után keringési pálya  
→ 1992: 150 m-es felbontású felszíntérkép (99%): vulkanikus felszín, tektonika maradványaival

# Merkúr

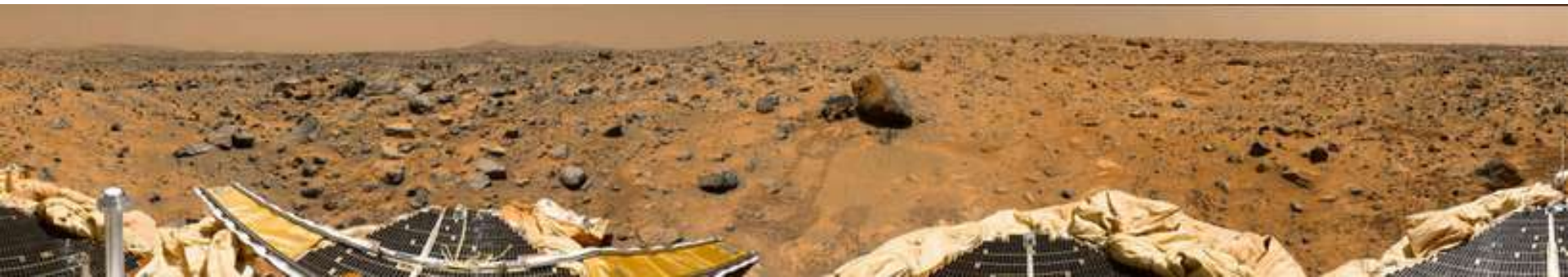
1974. márc. 29: **Mariner 10** eléri

- speciális hőálló konstrukció + hűtőrendszer (közel repül a Naphoz)
- több megközelítés (Nap körüli pályáról), min. 327 km (felszín felett)
- Hold-szerű felszín, kevesebb lávafolyással + nagy vasmag, kis mágneses tér



# Mars

- 1962, **Mars 1** ↔ megszakad a kommunikáció
- 1965, **Mariner 4**: 9800 km-re a felszíntől, 21 fotó → sok becsapódási kráter, nincs víz (csak alacsony albedójú száraz területek), ritka légkör (< 1% földi)
- 1969: **Mariner 6, 7**: hasonló közeli képek ↔ semmi új
- 1971, **Mars 2, 3**: szondák a felszínre ↔ nem jön vissza adat
- 1971. nov. 13, **Mariner 9**: a teljes bolygót tudja fotózni → porvihar, vulkánok, kiszáradt folyóvölgyek
- 1975, **Viking 1, 2** → 1976: mindkettő leszállóegysége landol (tömegspektrométer, robotkar, meteorológiai szenzorok, szeizmométer, kamera)
- 1988: 2 **szovjet** űrszonda a Phobosra ↔ mindkettővel elveszik a kapcsolat
- 1993, **Mars Observer**: szintűgy sikertelen
- 1997, **Mars Pathfinder**...



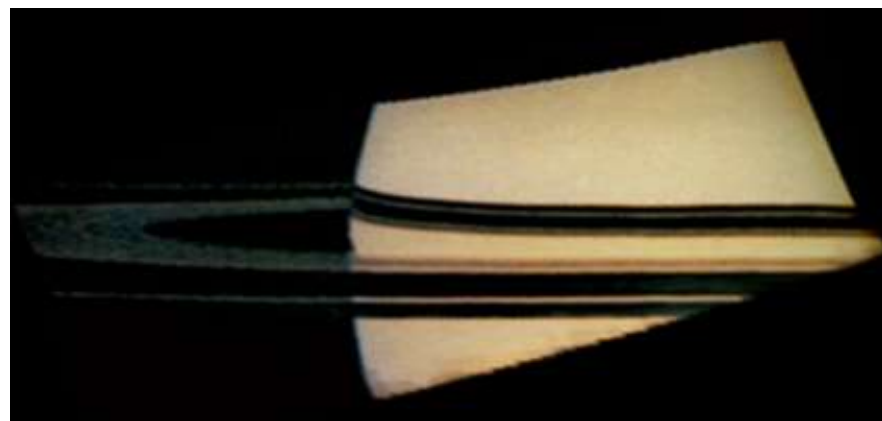
# Jupiter, Szaturnusz...

## Pioneer 10, 11

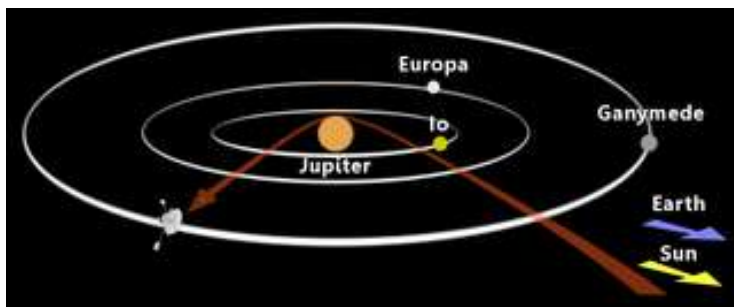
- indítás: 1972-73; érkezés a J-hez: 1973-75. ; P. 11. Sz: 1979
- radioizotópos hőelektromos generátorok: a Jup. felé már túl kevés a fény a napelemeknek
- tanulságok:
  - a kisbolygó-öv (és P11: a Szaturnusz gyűrűje) átutazható gond nélkül
  - a Jupiter magnetoszférája 50-100-szorosa a Földiének kiterjedésében
  - az Io bővel a belső magnetoszférában kering → elektron, proton befogás (hasonló a többi nagy holdra is)
    - mindkét bolygónál a töltött részecskék áramlása alapján sejthető további holdak helye ↔ ezek az eszközök nem találják őket
  - nagy felhőszerkezetek (↔ kevés az idő a mozgást megfigyelni)
  - Szaturnusz: van magnetosféra; nincsenek szép nagy felhők; viszonylag meleg légkör
  - Titán: teljesen jellegtelen; a holdak eléggé ritka anyagból vannak (jég?)
  - Szaturnusz F-gyűrűje



Pioneer 10: a Jupiter



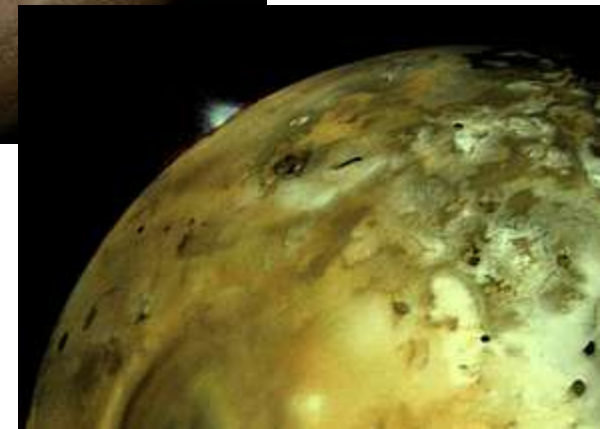
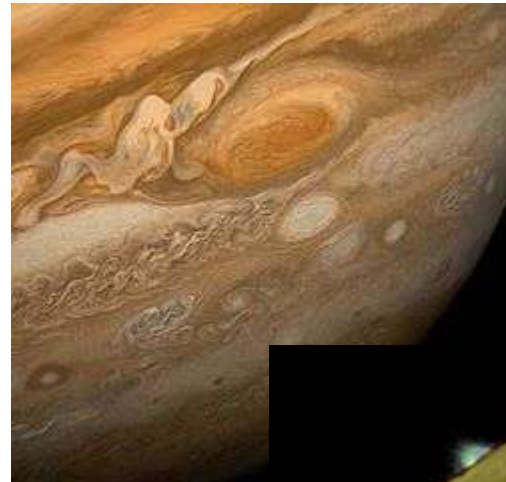
Pioneer 11: a Szaturnusz



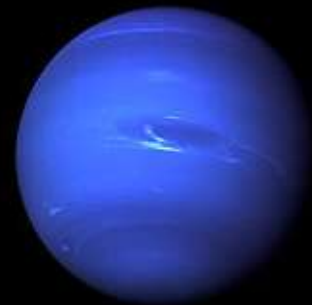
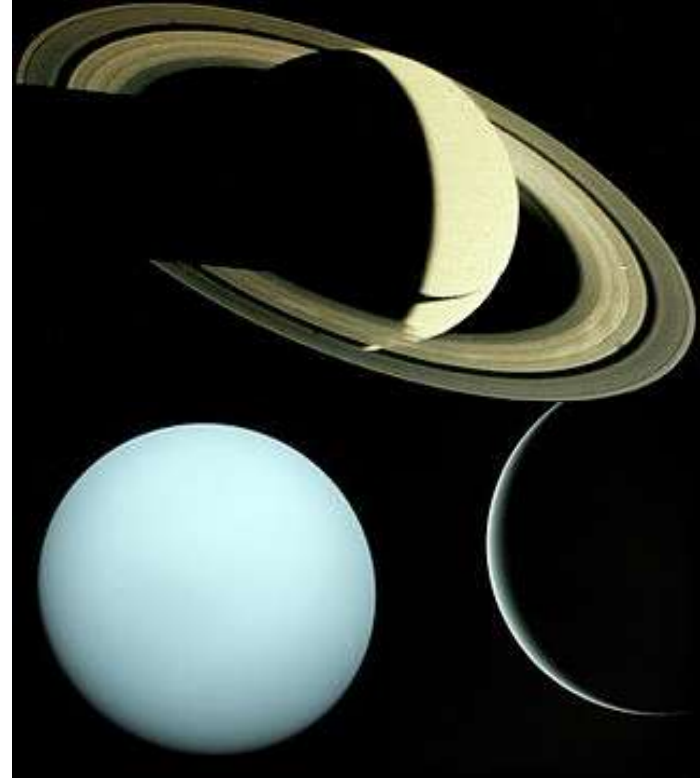
# ...és tovább

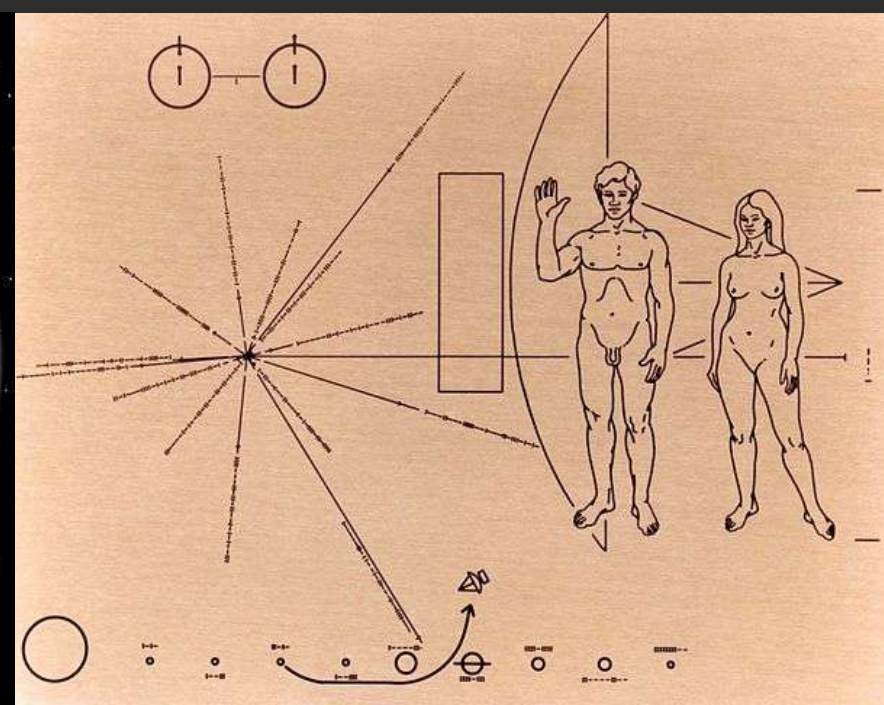
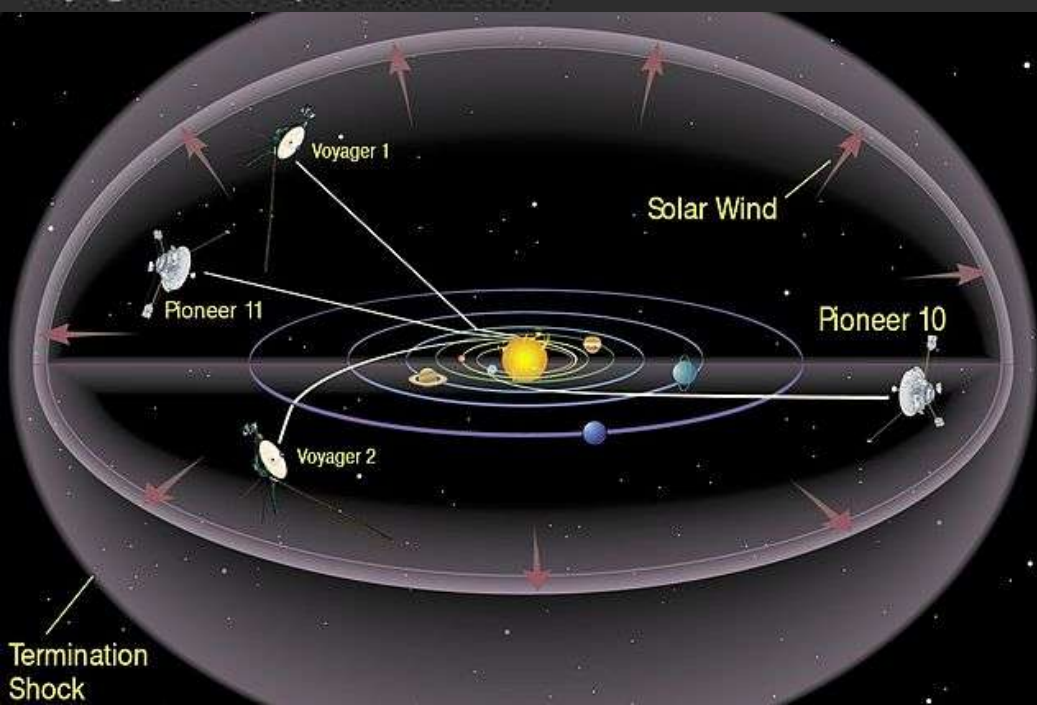
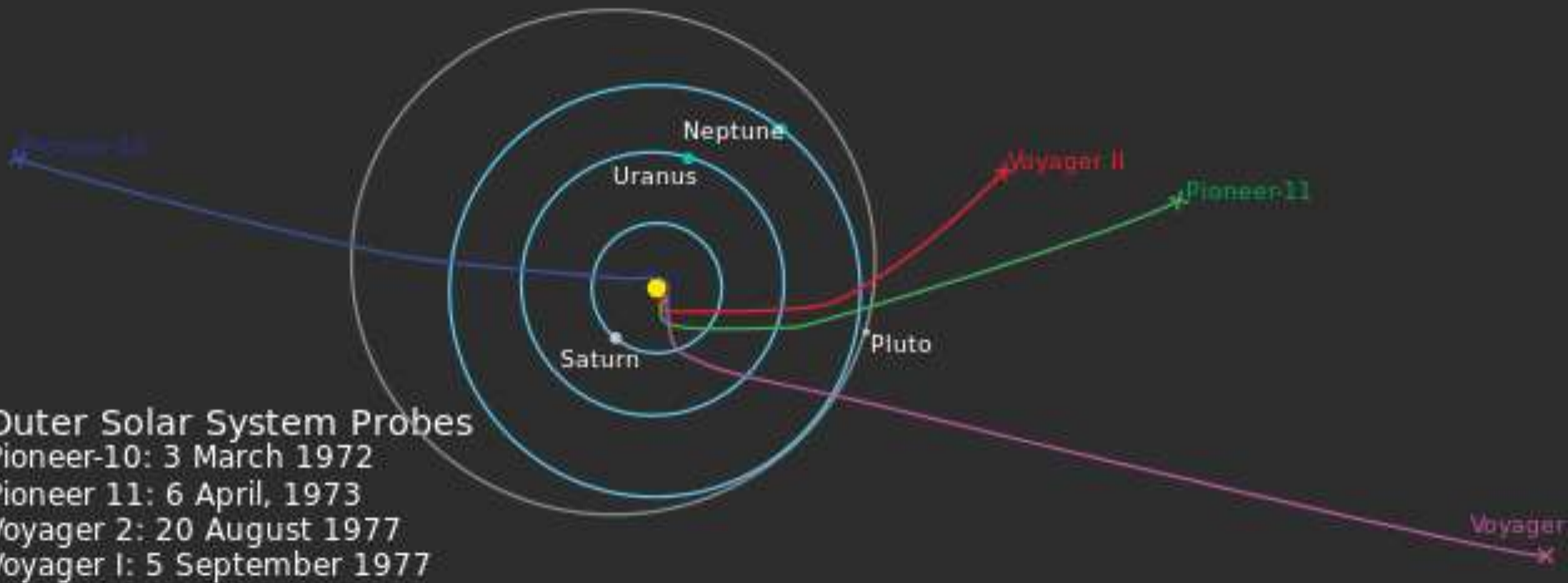
## Voyager 1, 2

- eredeti terv: V1 Jup, Szat, Titán – V2: Jup, Szat, Ur, Nept (DE ha V1 elmegy a Titán mellett, akkor V2-t átprogramozzák és lemond a külsőbb bolygókról a Titán kedvéért)
- fejlettebb fedélzeti számítógépek → mindent maga megold (kivéve: pályamódosítás) (Neptunusz: bő 8 óra oda-vissza a fény → lassú irányítás)
- indítás: 1977 aug-szept.
- 800 kg tömeg (a Pioneer háromszorosa)
- Jupiter (1979)
  - rengeteg jó fotó: felszín, holdak
  - halvány gyűrűk a bolygó körül
  - 3 újabb hold
  - vulkánosság az Ion (8 aktív vulkán)

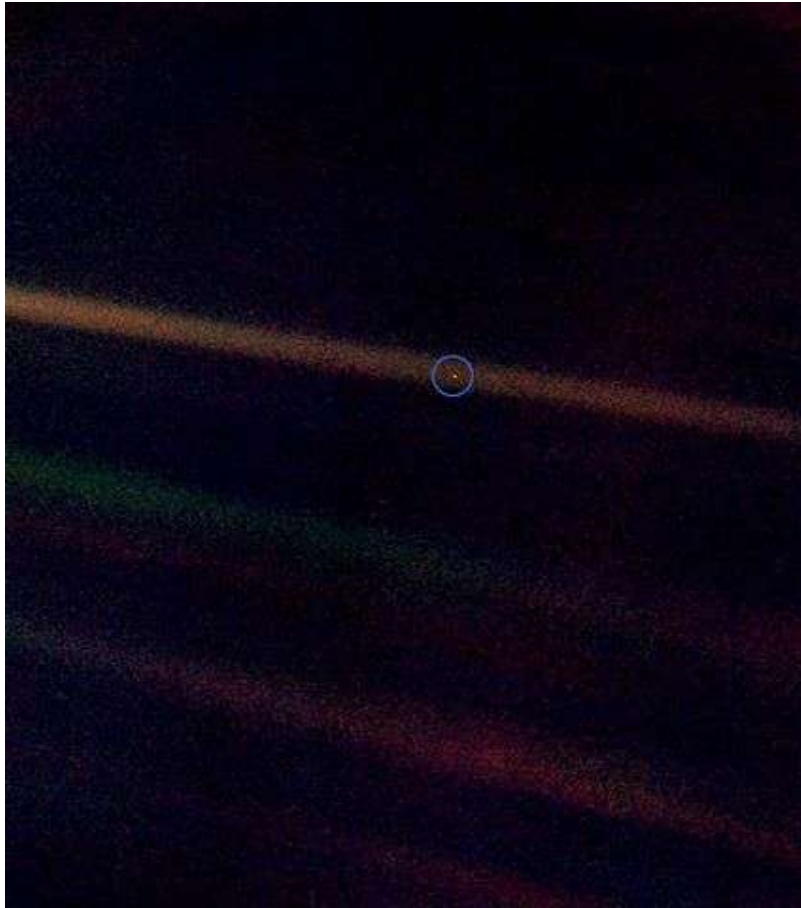


- Szaturnusz (1980-81)
  - itt már látszanak felhőképződmények
  - a gyűrűk pontosabb szerkezete + holdak
  - Titán: csalódás: nem látni a felhők alá
- Uránusz (V2, 1986)
  - 10 új hold (+ fotó az ismert 5-ről)
    - Miranda: barázdált felszín
  - mágneses tengely  $60^\circ$ -os a forgástengelyhez
  - a bolygó unalmas: nem nagyon látszik semmi
- Neptunusz (V2, 1989)
  - mágneses tengely  $47^\circ$ -os a forgástengelyhez
  - a felhők felső rétegei: szerkezet (pl. Nagy Sötét Folt)
  - 2000 km/h-s szelek (legerősebb a Naprendszerben)
  - Triton: van légkör ( $\text{N}_2$ ,  $10^{-5}$  földi nyomás)





„Halványék Pötty”: a Voyager 1 utolsó felvétele a Földről (1990,  $4 \cdot 10^9$  km)



Carl Sagan:

*„Nézzenek ismét arra a pontra. Az itt van. Az otthonunk. Azok mi vagyunk. Ott van mindenki, akit szeretnek, mindenki, akit ismernek, mindenki, akiről valaha hallottak, az összes emberi lény, aki létezett. Az összes örömünk és szenvedésünk, vallások, ideológiák és gazdasági dogmák ezreinek magabiztossága, minden vadász és növényevő, minden hős és gyáva, minden civilizáció alkotója és lerombolója, minden király és paraszt, minden szerelmes fiatal, minden apa és anya, reménnyel teli gyermek, feltaláló és felfedező, minden erkölcs oktatója, minden korrupt politikus, minden „szupersztár”, minden „legfőbb vezér”, fajunk történelmének összes szentje és bűnös személye ott élt – azon a porszemcsén a napsugárban függve....*

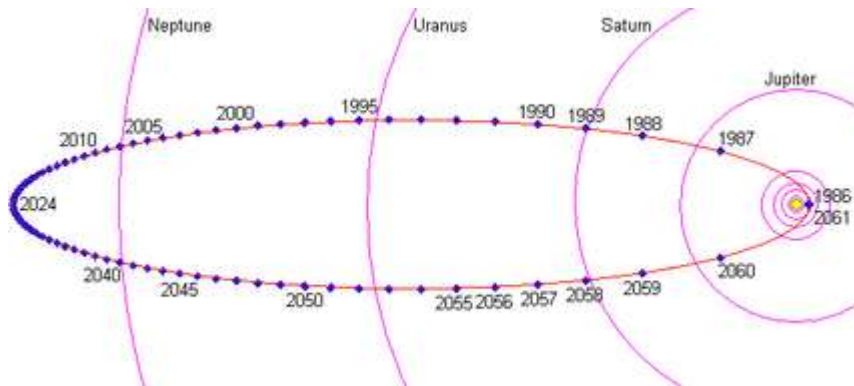
*Úgy tartják, hogy a csillagászat alázatosságra nevelő és jellemfejlesztő tapasztalat. Talán nincsen jobb mód bemutatni az emberi beképzeltség ostoba mivoltát, mint ez a távoli kép az apró világunkról. Számomra ez kiemeli annak felelősségét, hogy kedvesebben bánjunk a másikkal, hogy megtartsuk és ápoljuk eme halványkék pöttyöt, az egyedüli otthonunkat, melyet valaha ismertünk.”*

# A Halley-üstökös

- a legaktívabb a jól ismert periodikus üstökösök körül
- perihélium: 1986 február 9, 0,59 AU; de ekkor nem az ekliptikában van  
→ kicsit utána érdekes (márc. 10: metszi az ekliptikát)
- ekkor 150 mill. km-re volt → 16 perc a kommunikációs késés  
→ jórészt előre beprogramozott feladatok
- retrográd mozgás → a szondák szembementek vele (250 000 km/h rel. seb.)

→ Nemzetközi összefogás

- 1981: *Inter-Agency Consultative Group* (USA, SZU, Európa, Japán)



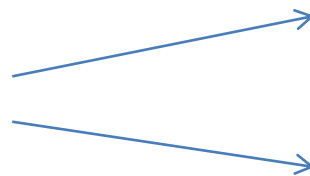
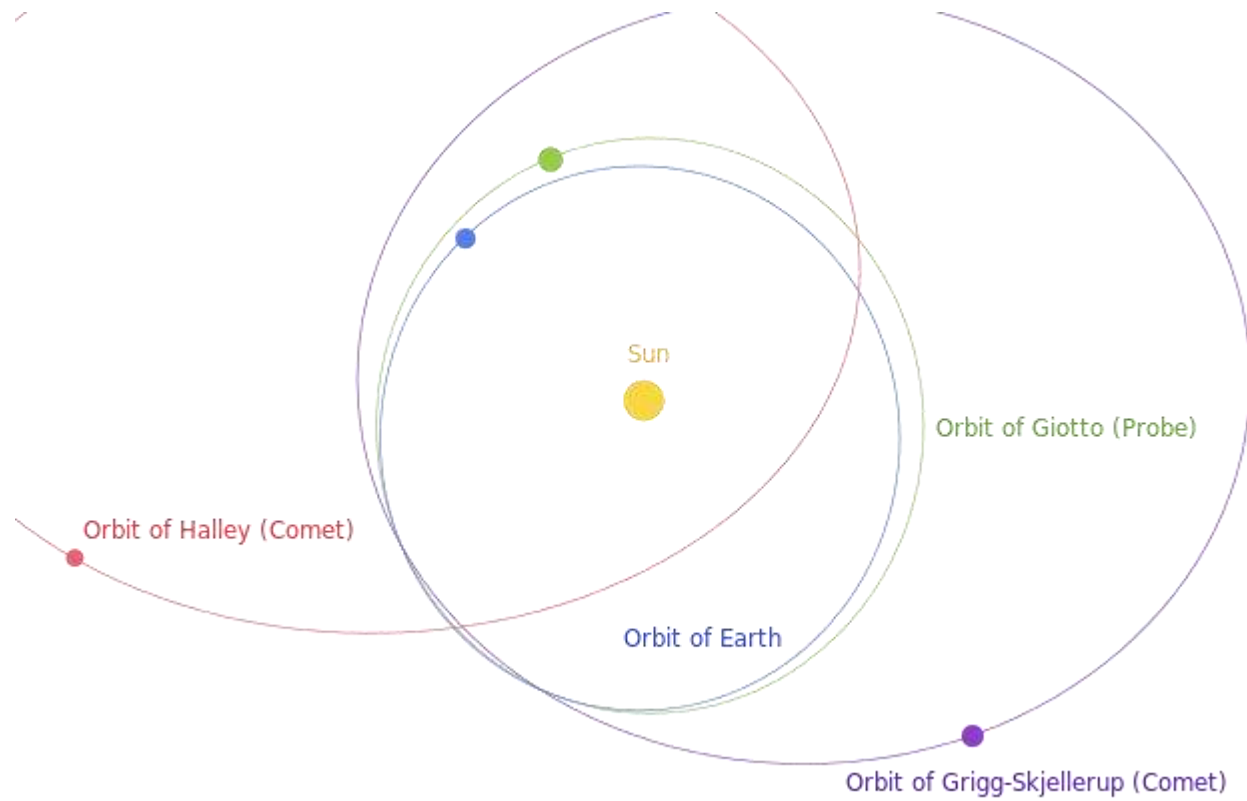
1986: 5 űrszonda ment  
+ 1 kicsit távolabbról

- USA üstökösszonda  
újraprogramozva

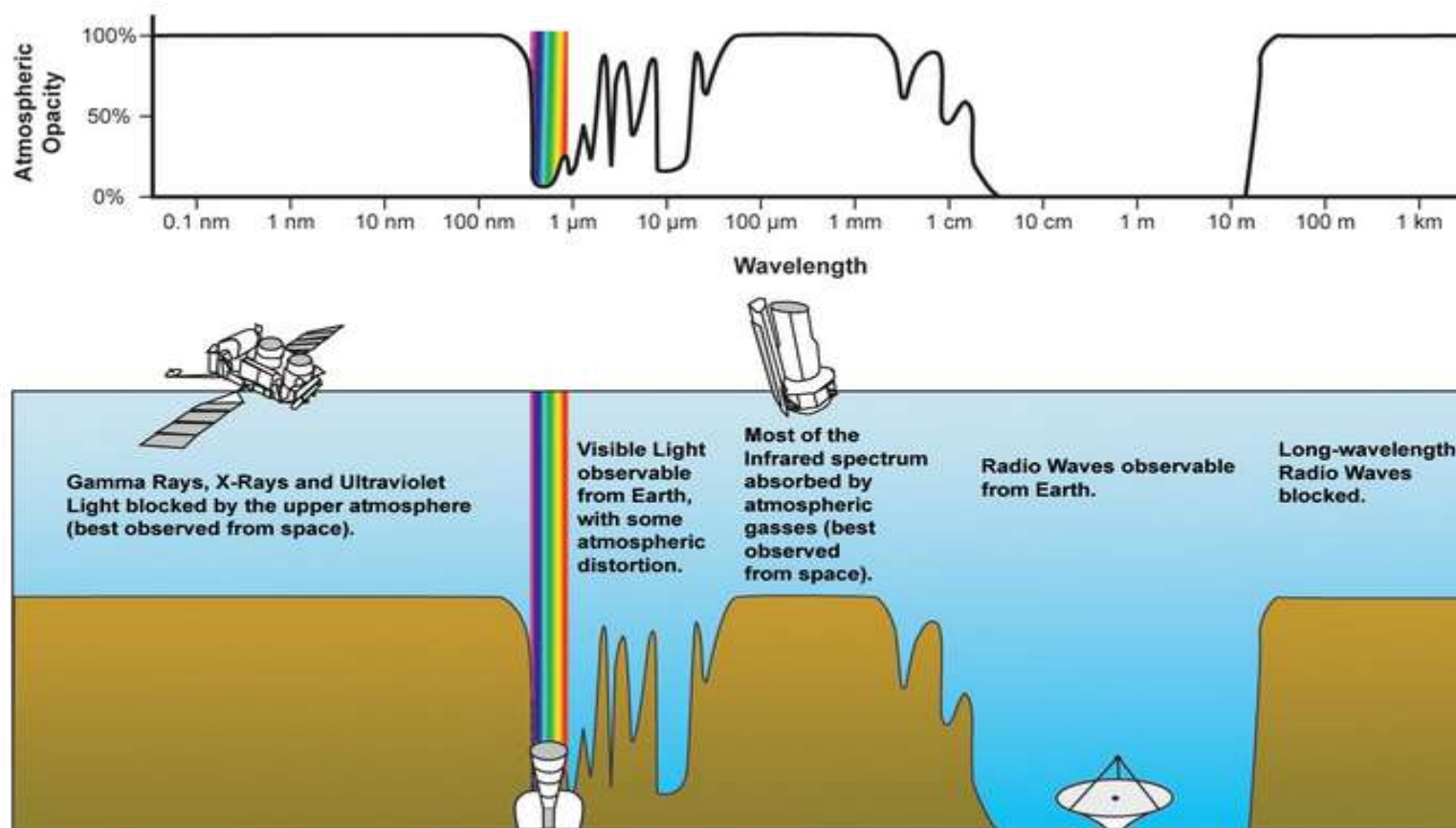
(ISEE-3 → ICE: *International  
Cometary Explorer*) – nincs pénz újat küldeni)

- nincs kamerája → csóva összetélt vizsgál elég messziről
- Vega 1-2: egy-egy mérőegység a Vénuszra (1985 júl.) → fotózzák a magot  
+ pontos pozíció (Földről csak 400 km pontosan lehet → ez kevés Giotto-nak)
- japánok: a semleges nitrogén-korona vizsgálatára (10 mill. km-re a magtól,  
53 órás intenzitás-változások)
- Giotto: cél: gyors fotó a magról
  - kétrétegű pajzs a porrészecskék ellen (0,1 g mozgási E-ja ezen a seb-en u.a,  
mint egy 600 kg-os testé 100 km/h seb-en) (→ „kamikaze-küldetés”)
  - -33 s: megsérül egy műszer → -21 s: 2 másik tönkremegy → -9 s: a kamera  
tönkremegy → -7 s: megszakad a kommunikáció (utolsó teljes kép: 1930  
km-ről) → fél óra múlva stabilizálja magát és visszaáll a kapcsolat
  - utóélet: 1992-ben újabb üstökös vizsgál (Grig-Skjellerup)

<u>Spacecraft</u>	<u>Agency</u>	<u>Date in 1986</u>	<u>Fly-by distance from nucleus (km)</u>
Vega 1	Intercosmos (USSR)	6th March	8,890
Suisei	ISAS (Japan)	8th March	151,000
Vega 2	Intercosmos (USSR)	9th March	8,030
Sakigake	ISAS (Japan)	11th March	6,990,000
Giotto	ESA (Europe)	14th March	596
ICE	NASA (USA)	25th March	28,100,000



# Légkör feletti megfigyelőműszerek



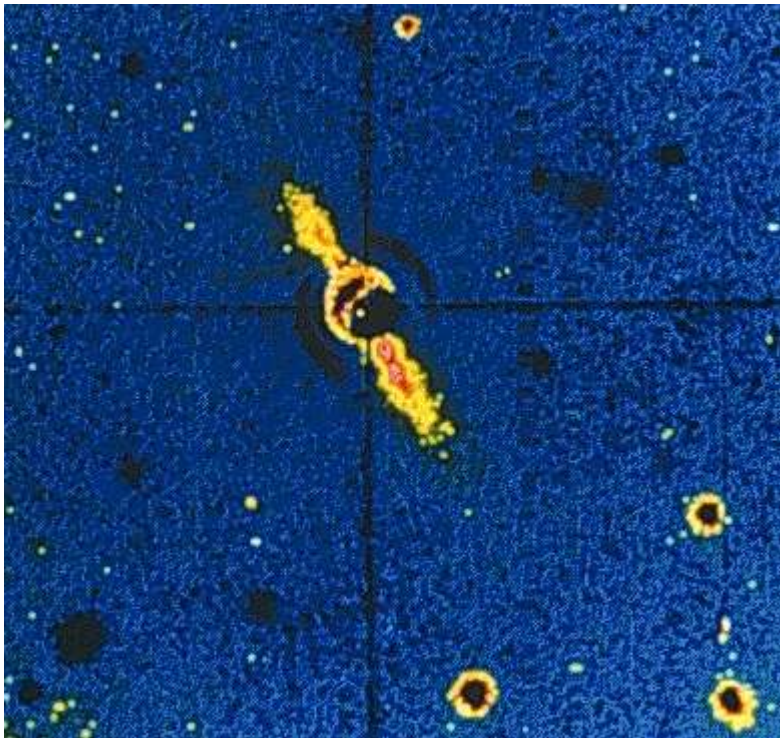
a Föld légköre csak 310 és 900 nm között (látható + kicsi UV, IR),  
valamint 1 mm és 30 m között (rádió) átlátszó  
→ ha más tartományban akarunk észlelni, az űrből érdemes

# Infravörös észlelések

- 0,7-300  $\mu\text{m}$ : 400 K alatti objektumok (Wien-törvény)
- földi távcsővel (1,5 m), hűtött optika (termikus zaj miatt)
  - vannak „ablakok”: a légkör máshol is valamennyire átlátszó
  - az égbolt első IR felmérése: Gerry Neugebauer, Bob Leighton (1960-as évek): 5612 csillag 2,2  $\mu\text{m}$ -en
- rakétákról
  - USA, 1970-es évek: 11 repülés során (össz. egy szűk óra)
  - 16 cm-es távcsővel 4, 11, 20 és 27  $\mu\text{m}$ -en
  - az ég 90%-a, 2000 csillag és köd (hűvös csillagok, por, stb.)
- műholdról
  - 1983 jan. 25: IRAS (*Infrared Astronomical Satellite*) (USA, UK, Hollandia)
  - 55 cm-es távcső, 2 K-re hűtve (folyékony He  $\rightarrow$  ez az ég végére kifogy)
  - 12, 25, 60, 100  $\mu\text{m}$ -en az ég 96%-a kétszer
  - 245 000 pontforrás, 16 700 kiterjedt forrás, 5400 IR spektrum

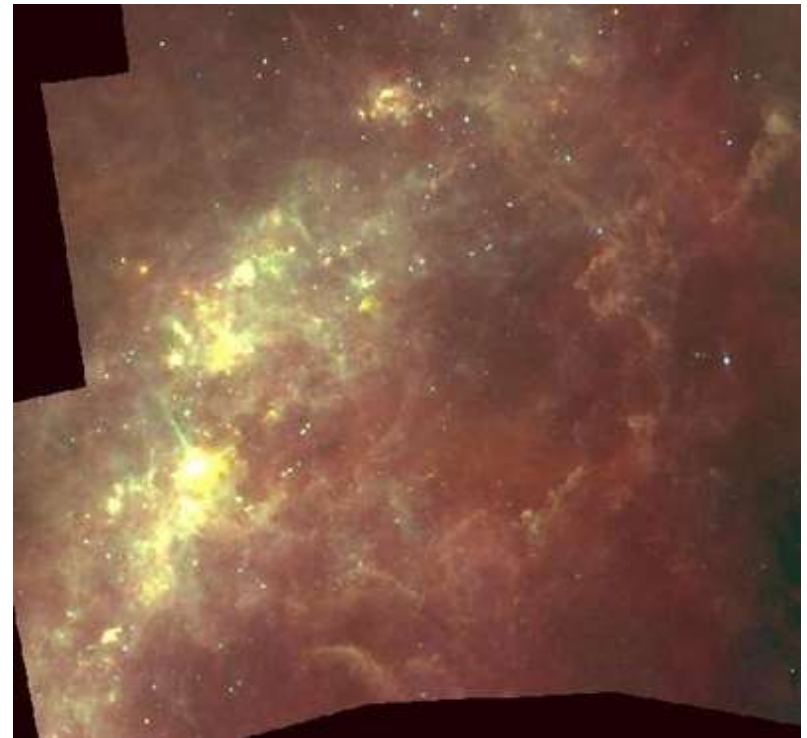
közeli csillagok körüli részecske-  
felhők (134-ből 25 körül)

→ pormentes öv a csillag körül:  
bolygóövezet



$\beta$  Pictoris

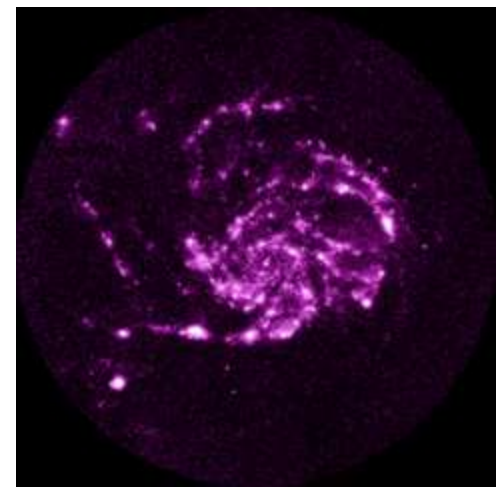
a heves csillagkeletkezést mutató  
galaxisok ütközésben vannak,  
E-juk 99%-át IR-ben adják le  
(porfelhők ütközése)




Vela-Puppis régió

# Ultraibolya észlelések

- 9-310 nm: 10-300 kK hőmérséklet
- 1962, OSO-1 (*Orbital Solar Observatory*): Nap – UV
- 1968, OAO-2 (*Orbital Astronomical Observatory*)
  - 11 távcső 20 és 40 cm között
  - 100 és 400 nm között csillagok, spektrumok
  - felfedezi az üstökösök körüli nagy, szférikus H-felhőket
- 1972-81, OAO-3 (→ „Copernicus”)
  - 80 cm-es távcső, 70-320 nm (+ 3 kis röntgen-távcső: 7 nm)
  - deutérium abszorpciós vonalak csillagspektrumban  
→ először észlelik a Földön kívül, pedig az Ősrobbanás-elméletnek fontos
- 1978-: IUE (*International Ultraviolet Explorer*)
  - 45 cm-es távcső 115-320 nm tartományban
  - csillagfoltokat észlel hideg, sötét, aktív régiókban
  - 1987A szupernóva észlelése
- 1990-: Astro-1; stb...



# Röntgen (X) észlelések

- 0,01-9 nm: 300 kK-...
- 1949, Richard Tousey: a Nap X-forrás (rakétáról)  
→ napkitörések, korona (a felszín túl hideg ehhez)
- 1959, Vanguard 3: az első űrszonda X-műszerrel
- 1960: az első X-fotó a Napról (rakétáról)
- 60-as évek: komoly támogatás (nukleáris robbantások észlelése) → sok rakéta
  - a legfőbb X-források azonosítása  
→ Scorpius X-1 a legfényesebb, de nem sikerül optikai megfelelőt találni (később: 13 mag. csillag → akkréciós korong, 1981)
  - diffúz X-háttérsugárzás: minimuma a galaktikus síkban
- 1970-72, SAS-1 (*Small Astronomical Satellite-1* → „Uhuru”) 
  - az első teljes X-térkép az égről, 339 forrás 1° pontossággal
  - Cygnus X-1: az első komoly fekete lyuk-jelölt
  - Centaurus X-3, Hercules X-1: kettősök (pulzár + kék óriás)
    - Hercules X-1 a pulzár gyorsul, nem lassul → behulló anyag



- 1978-81, HEAO-2 (*High Energy Astronomical Observatory-2* → „Einstein”)
  - 6 m hosszú, 3,5 t
  - ezerszeres az érzékenysége az Uhuru-hoz képest, 2” felbontás
  - 2 képalkotó kamera (→ 7000 kép), 2 spektrométer
  - halvány, vörös törpék, az E 10%-át X-ben adják le
  - nagyon fiatal, nagyon nehéz csillagok (→ korona)
  - szupernóva-maradványok, röntgen-börszterek
  - galaxiscentrumok → gyors változások: kicsi méret
- 1983: Exosat (EU)
  - 2,1 x 1,4 m, 500 kg
  - 8” felbontás, precízebb (gázscintillációs spektrométer)
  - vibráló források nem fekete lyukak, hanem neutron-csillagok
- 1990: Rosat (*Röntgen X-ray Satellite*) (Németország, UK, USA)
  - 83 cm-es távcső, érzékenység az Einstein 100-szorosa
  - kb. 100 000 forrás (→ tízszerese az addiginak)
  - sok szupernóva-maradvány
  - X-háttérsugárzás a távoli kvazárok sokaságától származik



# Gamma-sugárzás észlelések

- 1972, SAS-2: az első szonda  $\gamma$ -távcsővel
  - össz. 8000 egyedi fotont rögzít
- 1975-82, Cos-B
  - 2°-os felbontás
  - összesen 100 000 foton
  - pulzárok mint  $\gamma$ -források
  - gázfelhők  $\gamma$ -sugárzása  $\rightarrow$  nagyenergiájú részecskék becsapódása
  - UGO: „Azonosítatlan  $\gamma$ -sugárzás Objektum”: más tartományban nem található
  - $\gamma$ -börsztök: szintén azonosítatlan forrás
- 1991, *Compton Gamma Ray Observatory* (GRO)
  - 16 t súly, ebből 5,4 t műszer; 9 m hossz x 4,5 m átmérő
  - alacsony keringés (450 km)  $\rightarrow$  elkerüli a Van Allen-öveket
  - évente 300  $\gamma$ -börsztöt észlel  $\rightarrow$  izotróp eloszlás



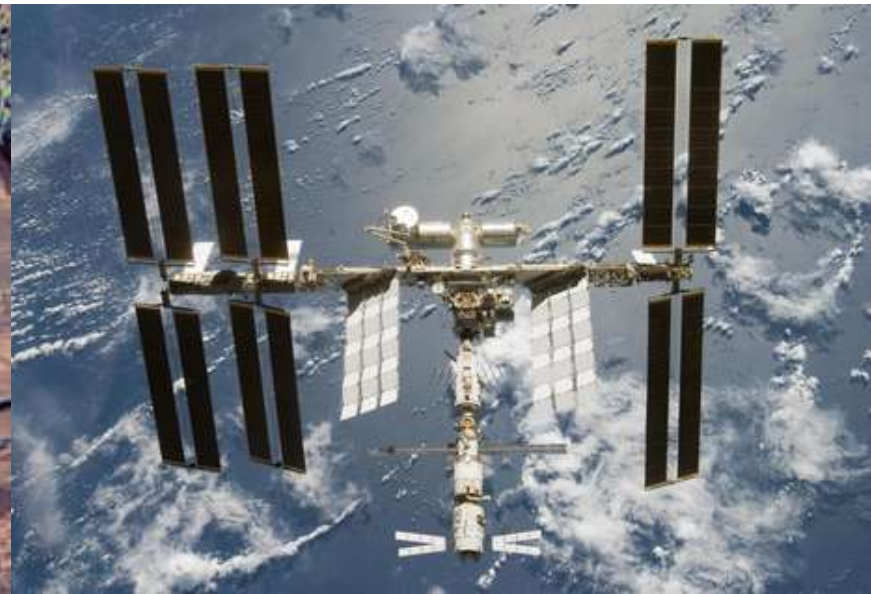
# Hubble-űrtávcső

- ötlet: 1946 → komolyan veszik: 1962 → igen hosszú tervezési folyamat
- 1990-től működik (sok előzetes probléma után)
- 4 főműszer (spektrométer, fotométer, 2 képalkotó) egy 2,2 m-es csőben a főtükror (2,4 m) mögött; össz. 13 m hosszú, 11 t)
- a tükror szférikus aberrációtól szenved → pontatlan képek
  - 1993: számos, az Endeavourról indított űrsétával megjavítják: korrekciós tükror a fotométer helyére



## 20. század vége

- hidegháború után → kompetíció helyett kooperáció
- sok újabb, egyre pontosabb eszköz + rengeteg adat (informatikai forradalom)
- Galileo
  - első közeli fotók kisbolygóról (1991), fotók a Shoemaker-Levy 9 üstökös becsapódásáról (1994), mérőszonda a Jupiter légkörébe (1995)
- első Mars-rover (*Mars Pathfinder*, 1997)
- Nemzetközi Űrállomás (1998)

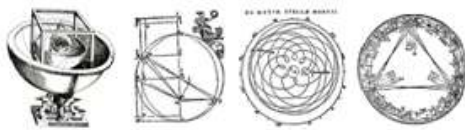




## Kopernikusz fogadtatása a 16. század második felében

A csillagászat története 2., 2015.

1



## Johannes Kepler

A csillagászat története 2., 2015. február 20.



2



## Galileo Galilei

A csillagászat története 2., 2015. február 27

3



Tudomány és csillagászat a Tudományos Forradalom idején

4

## Isaac Newton



A csillagászat története 2., 2015.

5

## Észlelőcsillagászat a 18. században



A csillagászat története 2., 2015.

6

## Égi mechanika a 18. században



A csillagászat története 2., 2015.

7

## A Naprendszer felfedezése a 19-20. században

A csillagászat története 2., 2015. április 10.

8



## Műszerek és technikák a 19-20. század csillagászatában



A csillagászat története 2., 2015.

9

## Fejezetek az asztrofizika történetéből



A csillagászat története 2., 2015.

10

## Kozmológia a modern korban

A csillagászat története 2., 2015. május 8.



11

## Űrkutatás és űrutazás a 20. században



2015  
A csillagászat

12

# A vizsgatételek