

# HUBBLE

Miloslav Zejda  
Ústav teoretické fyziky a astrofyziky  
Přírodovědecká fakulta MU, Brno

U3V, 26. 1. 2021

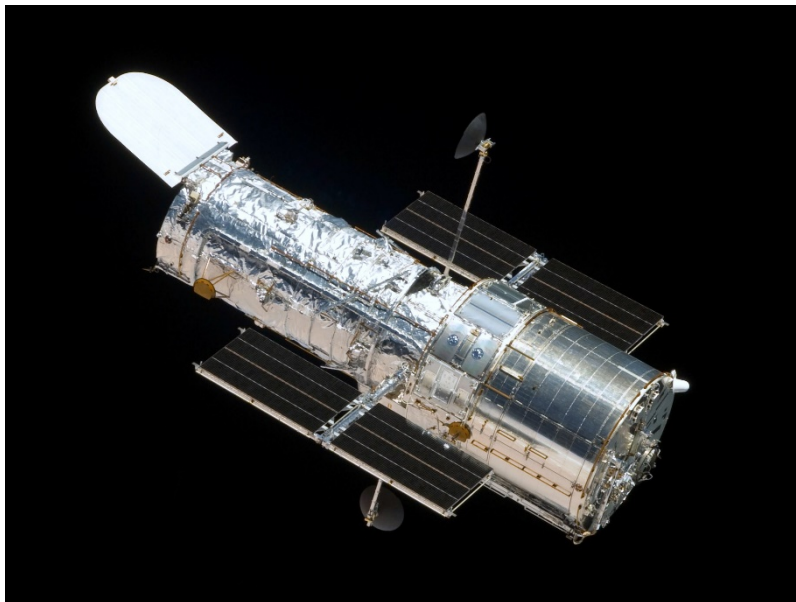
# Edwin Powell Hubble

život a dílo

Hubbleova vidlička

Hubbleův zákon

Hubbleova konstanta



## Hubbleův kosmický dalekohled

počátky projektu

konečně v kosmu

nejvýraznější výsledky



# Edwin Powell Hubble

\* 20. 11. 1889 Marshfield, Missouri, USA,

† 29. 9. 1953 San Marino, California, USA

Edwin Hubble

rodiče – John Powell Hubble and Virginia Lee Hubble (rozená James)

sourozenci – 5. ze 7 bratrů, 1 sestra

1897 – dalekohled od dědečka

1901 – první článek – v místních novinách o Marsu

1906 – maturita v Chicagu

"Edwine Hubble, sledoval jsem tě čtyři roky a nikdy jsem tě neviděl deset minut studovat." => stipendium na University of Chicago

1906-10 - studium práv, matematiky, fyziky, astronomie

vynikal ve sportu – atletika, baseball, basketbal, fotbal, box

1910 – titul bakaláře;

Rhodesovo stipendium =>  
studium práv a španělštiny  
v Oxfordu



1913 – smrt otce => návrat do USA, možnost věnovat se vědě, ale složil advokátní zkoušky, věnoval se advokacii  
od podzimu 1913 také učil španělštinu, matematiku a fyziku na New Albany High School (Indiana); trenér basketu  
květen 1914 – zpět na univerzitu studovat astronomii; přístup na Yerkes (61 cm)  
počátek 1917 – Hale mu nabídl místo na Mt. Wilson observatory  
jaro 1917 – Hubble obhájil, ale přihlásil se do armády po vstupu USA do 1. světové války  
major, sloužil ve Francii

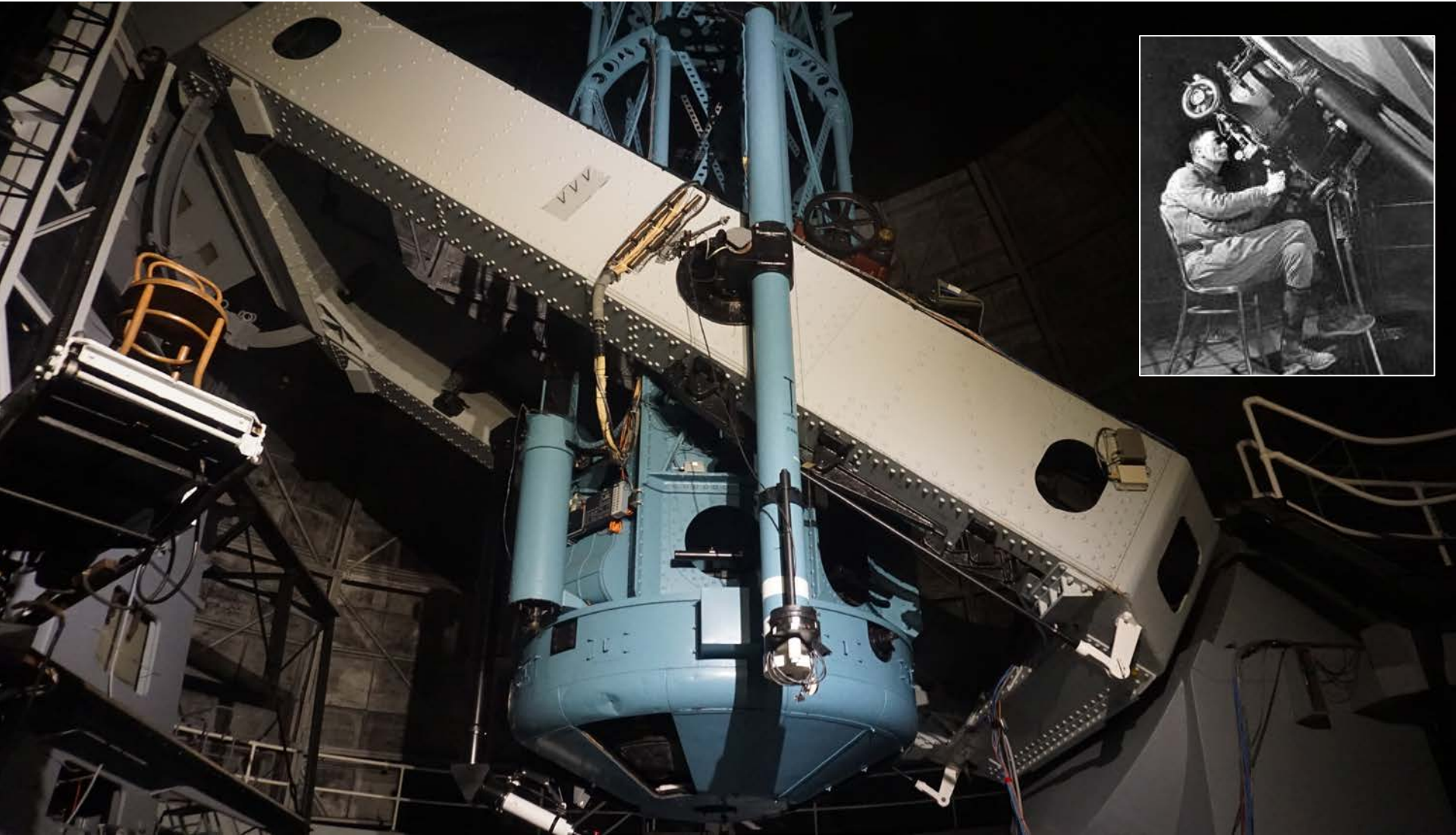




1918-9 – Cambridge university

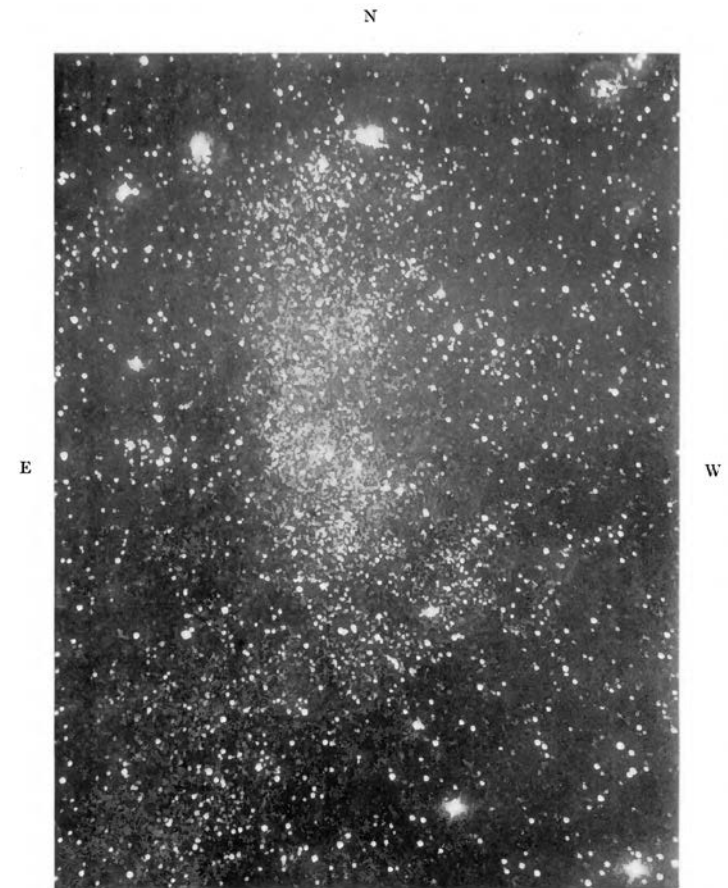
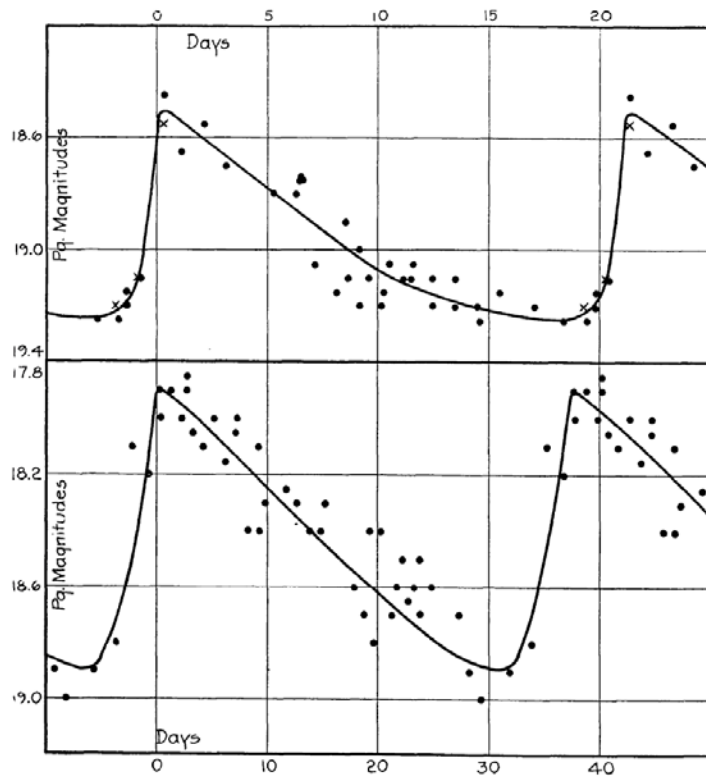
1919 – návrat do USA, Mt. Wilson observatory – dokončení 2,5m Hookerova dalekohledu

Shapley x Hubble – mlhoviny x galaxie



říjen 1923 – Hubble – cefeida v M31; během roku 12 cefeid – určení vzdálenosti  
=> **mlhovina v Andromedě je samostatnou galaxií, daleko od naší Galaxie**

1924-5 – další cefeidy v M31, M33, NGC 6822



N.G.C. 6822



26.2.1924 - sňatek s Grace Lillian Leib Burke

žádné děti

spolu až do jeho smrti

1942 – povolán do služby; zabýval se balistikou,

1946 - Medaile za zásluhy

červen 1949 - infarkt

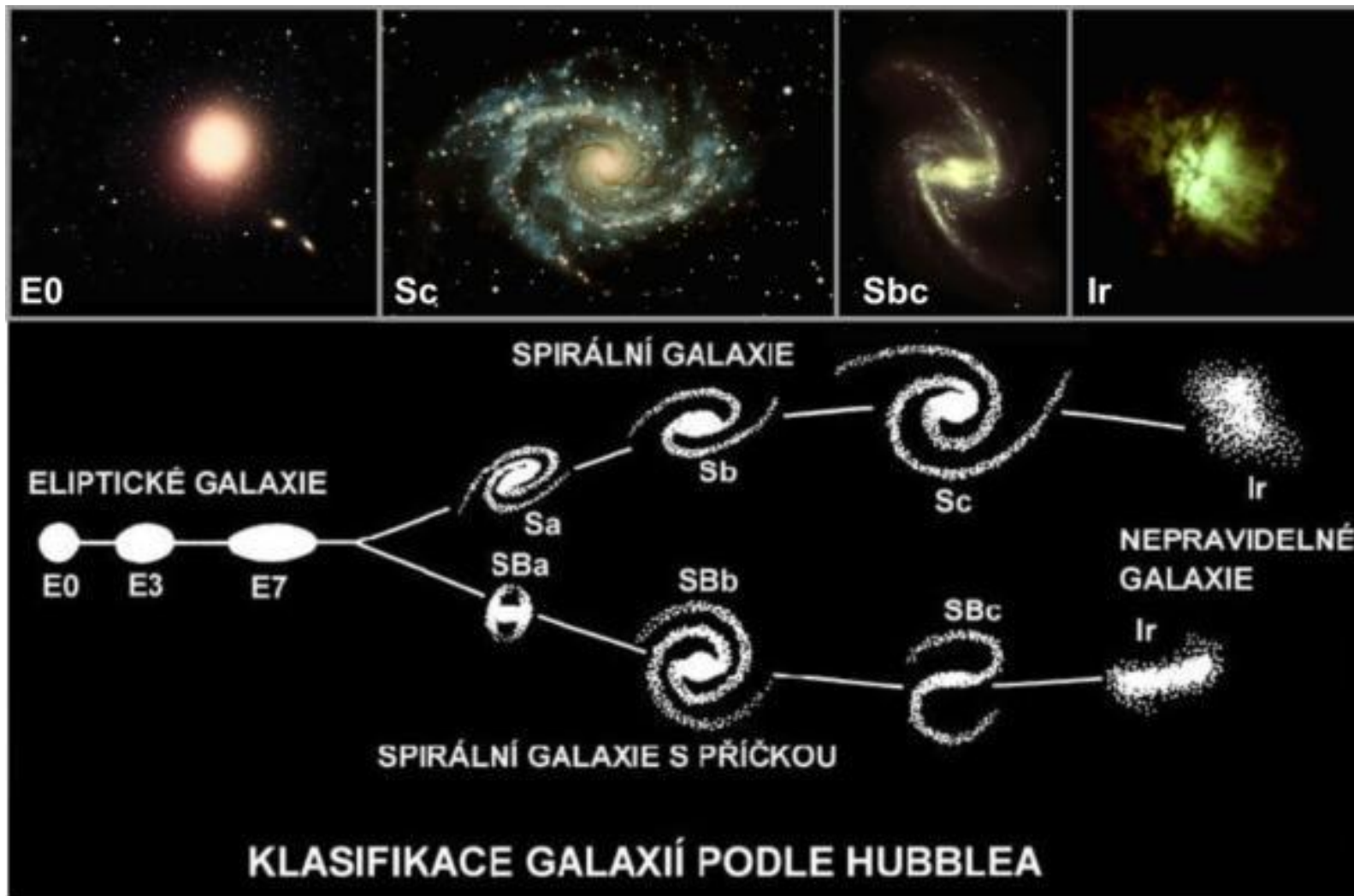
29.9.1953 mozková trombóza

neměl pohřeb a manželka nikdy neprozradila,  
kde byl zpopelněn



# Hubbleova vidlička – klasifikace galaxií

1927, IAU 1928





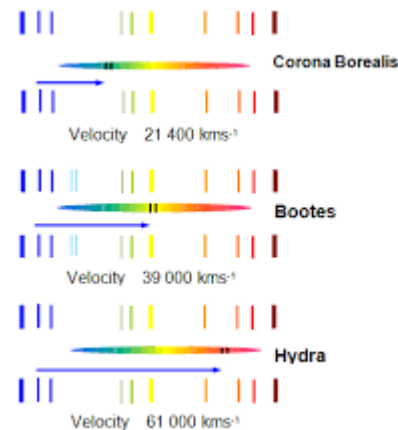
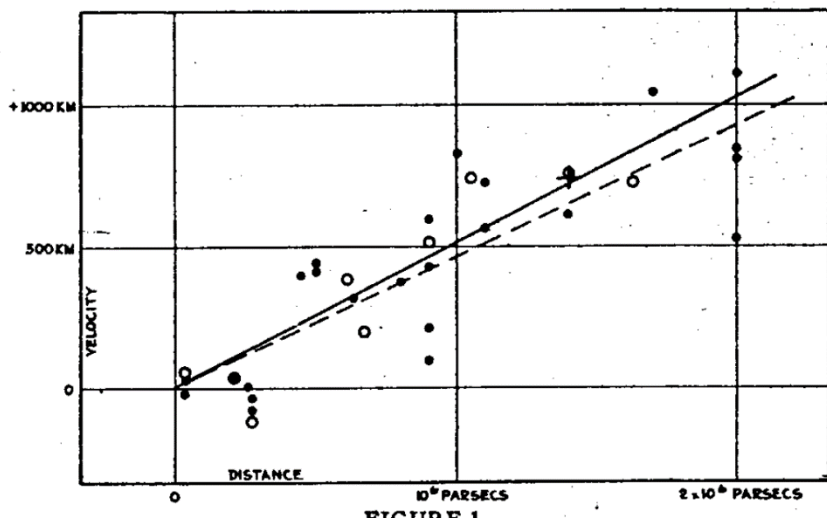
# Hubbleův zákon

# Hubbleův – Lemaîtreův zákon

konec 20. let 20. st. – rudý posuv ve spektrech galaxií => jejich vzdalování od nás

1929 – 1. článek – s využitím dat Vesta Sliphera z Lowell Observatory a dat Miliona Humasona a vlastních z Mt. Wilson Observatory

jenže 1927 - Georges Lemaître – teoretické odvození závislosti rychlosti a vzdálenosti galaxií – expanze vesmíru



$$v = H \cdot r$$

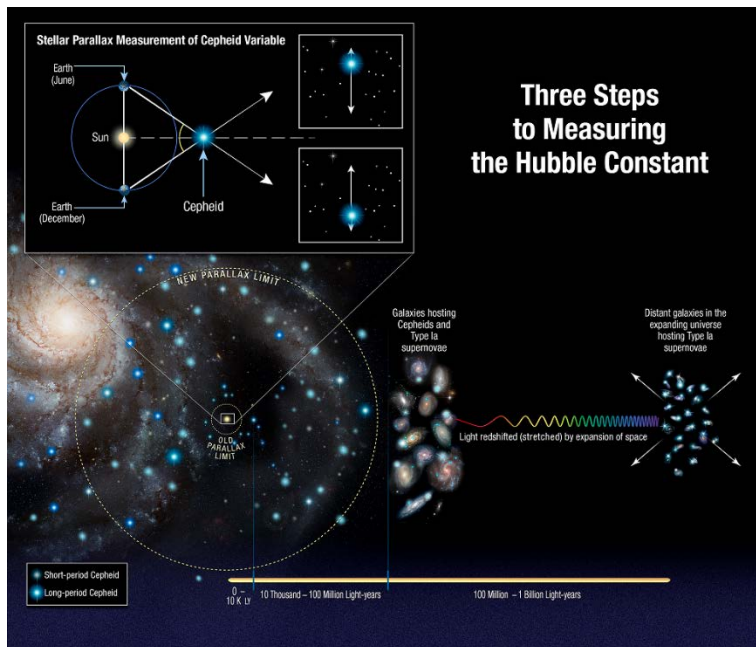
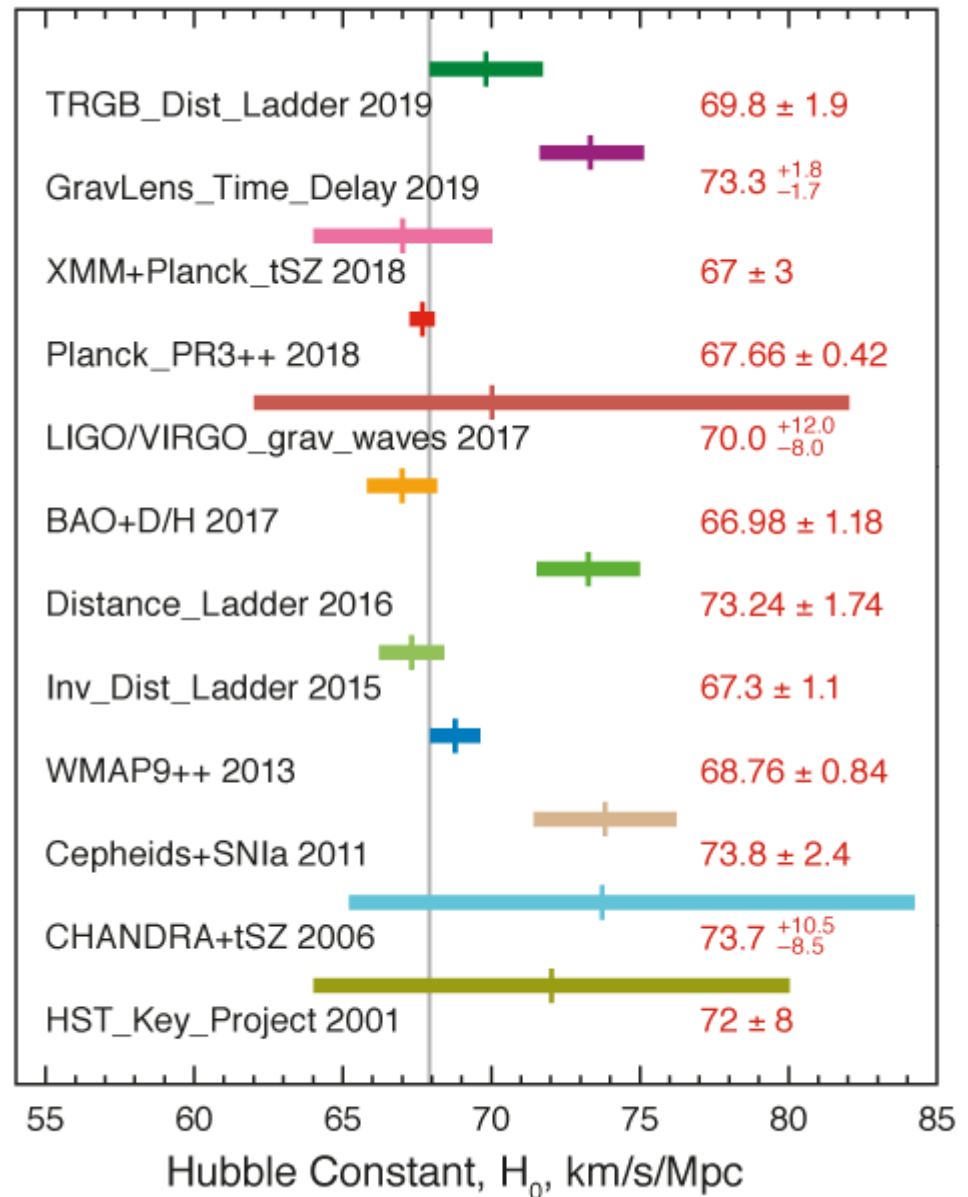
# Hubbleova konstanta

$$v = H \cdot r$$

1929 Hubbleova hodnota konstanty  $H \cong 500 \text{ km/s/Mpc}$

2021 – kolem  $70 \text{ km/s/Mpc}$

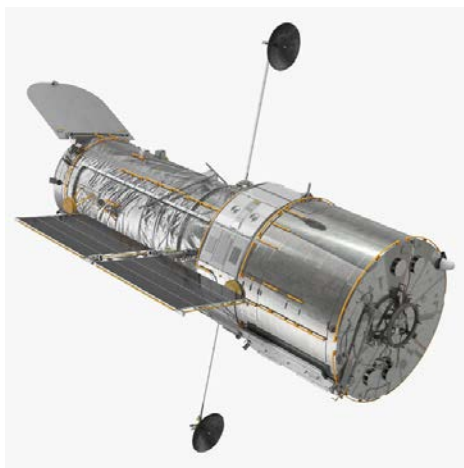
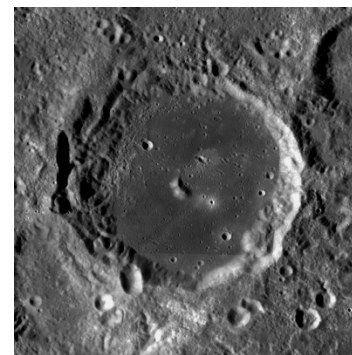
přesné, ale dosud nevysvětlený rozptyl hodnot





# Ocenění Hubblea

- asteroid 2069 Hubble
- kráter na Měsíci
- 1938 Zlatá medaile Catherine Wolfe Bruceové (Astronomical Society of the Pacific)
- 1939 Franklinova medaile ve fyzice
- 1940 Zlatá medaile Royal Astronomical Society
- 1946 Medaile za zásluhy během 2. světové války
- 1948 čestný člen Queen's College v Oxfordu
- 1953 Nobelova cena???
- Hubble Space Telescope



# HST – Hubble space telescope (Hubbleův kosmický dalekohled)

## Trnitá cesta na výsluní

1946 – Lyman Spitzer – koncepce kosmické dalekohledu

1969 – vědecké využití velkého kosmického dalekohledu  
- hlavní úkol: zpřesnění Hubbleovy konstanty

1971 – ředitel NASA George Low – souhlas s projektem

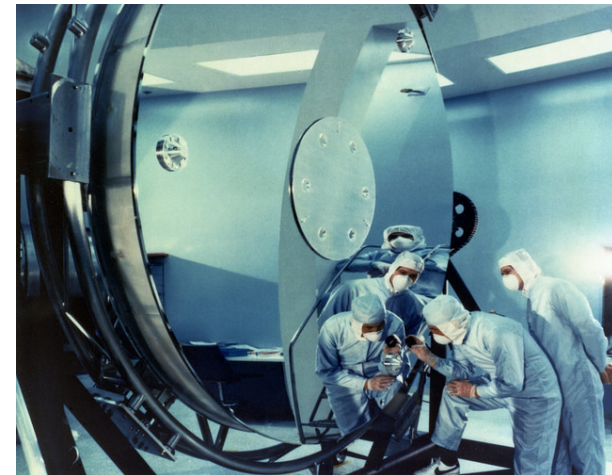
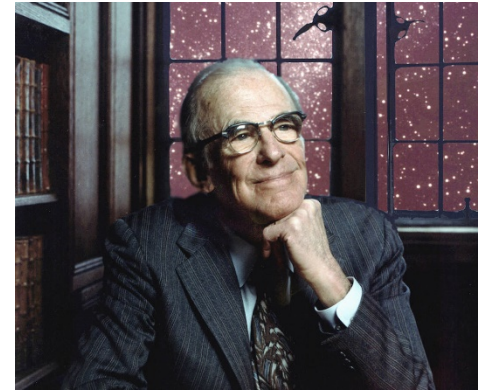
1977 – smlouva s ESA

1977 – souhlas Kongresu s částečným financováním

prosinec 1978 – začalo broušení primárního zrcadla

1983 – plánovaný start;  
pojmenován po Hubbleovi

1986 hotov, ale Challenger



**24. 4. 1990 – start na palubě raketoplánu Discovery**

# Technická data

## Velikost:

- délka 13.2 m
- max. průměr 4.2 m
- hmotnost 11 110 kg

## Optika:

- primární zrcadlo – průměr 2.4 m (828 kg)
- sekundární - 0.3 m (12.3 kg)

## Trajektorie:

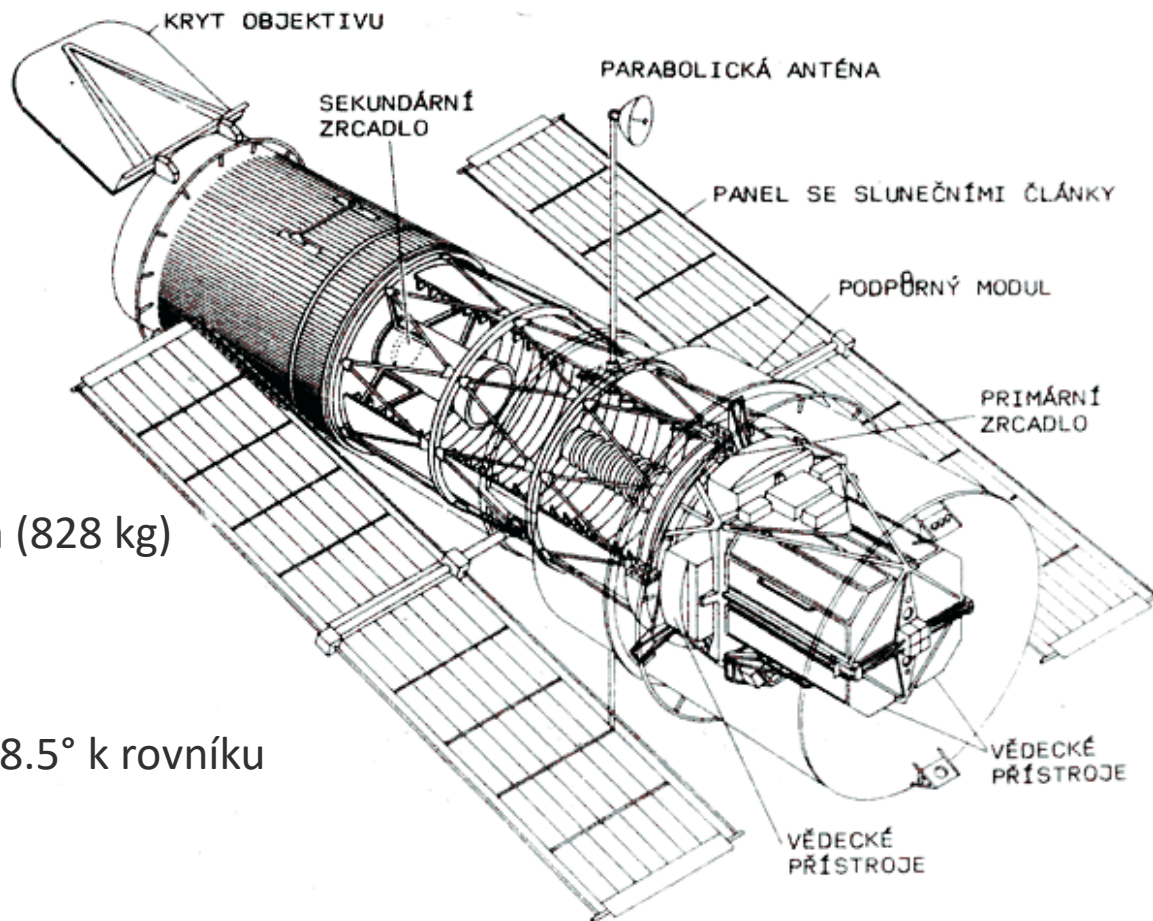
- průměrná výška 569 km, sklon 28.5° k rovníku
- doba oběhu: 97 min
- rychlost 28 000 km/h

## Energie:

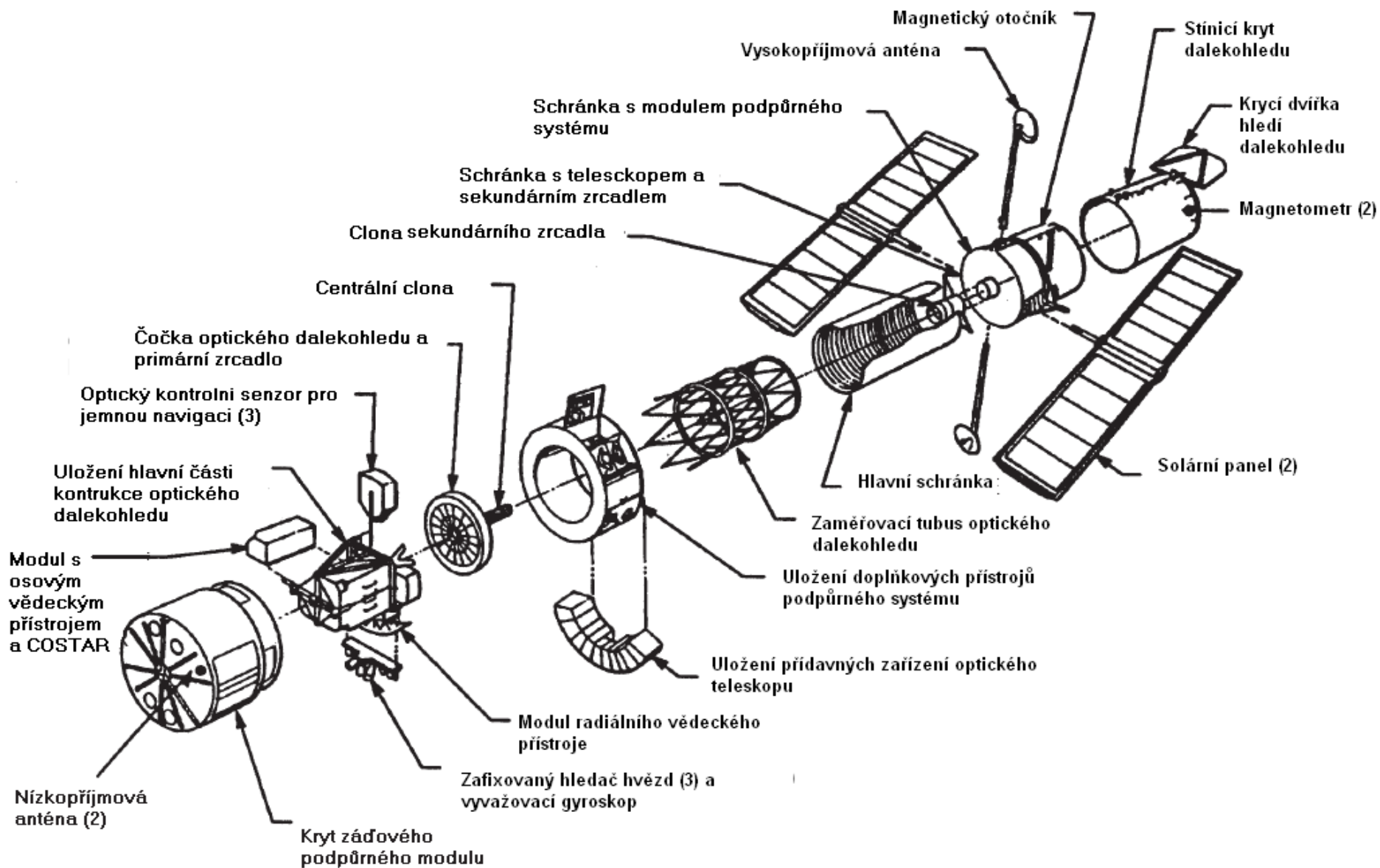
- zdroj: sluneční záření na solárních panelech
- příkon: 2 800 W
- baterie: 6 NiH s kapacitou jako 20 autobaterií

## Data:

120 GB vědeckých dat týdně  $\cong$  1 097 m knih na polici

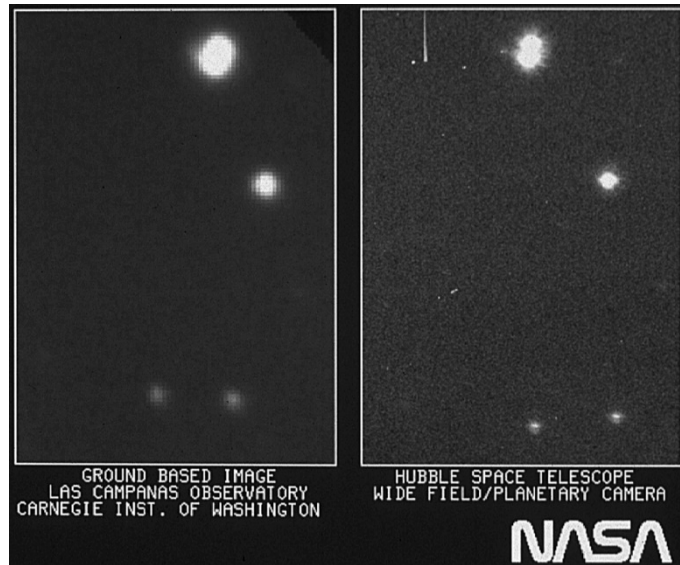






# Okamžik pravdy

20.5.1990 – první snímek



NGC 3532



sférická vada!

odchylka od správného tvaru  $2 \mu\text{m}$   
(1/50 tloušťky lidského vlasu)

firma Perkin-Elmer netestovala

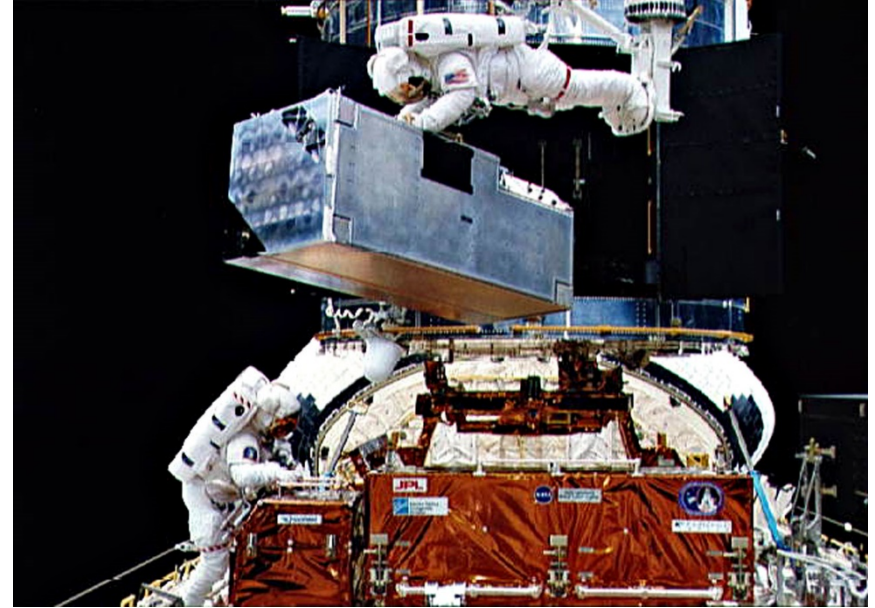
záložní zrcadlo od Eastman-Kodak perfektní



# Servisní mise

1. mise - The Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement (COSTAR) instrument

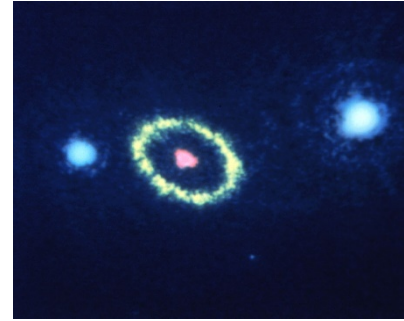
celkem 5, poslední v květnu 2009



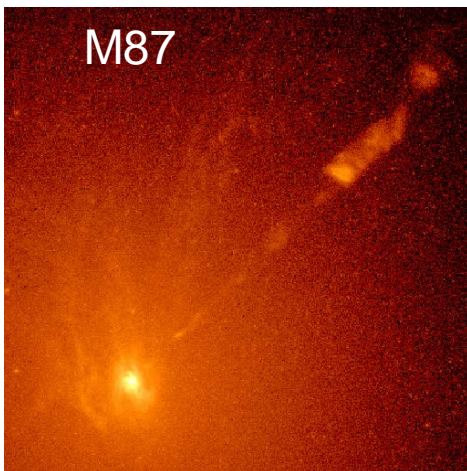
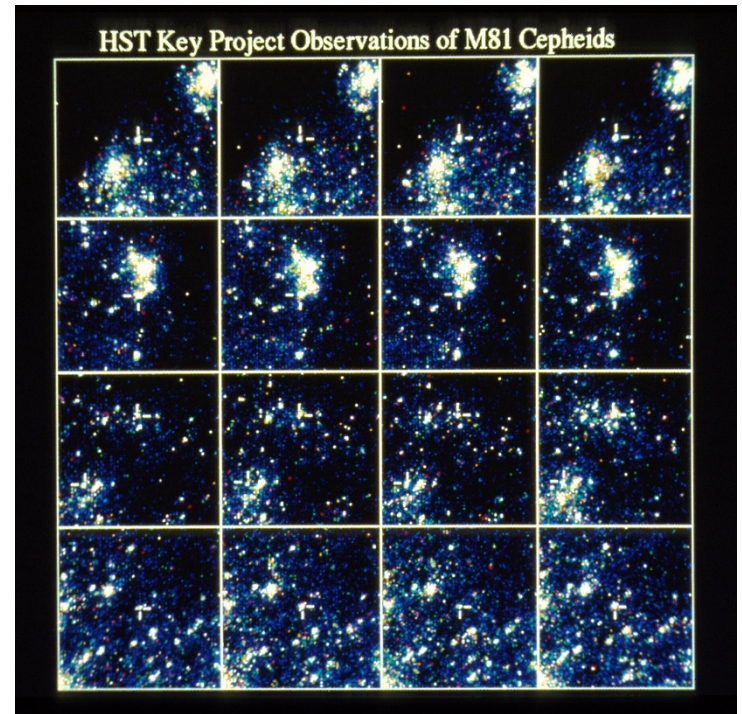


# Objevy a významné výsledky

1990 – SN1987A – prsteneček



1993 – Hubbleova konstanta, stáří vesmíru

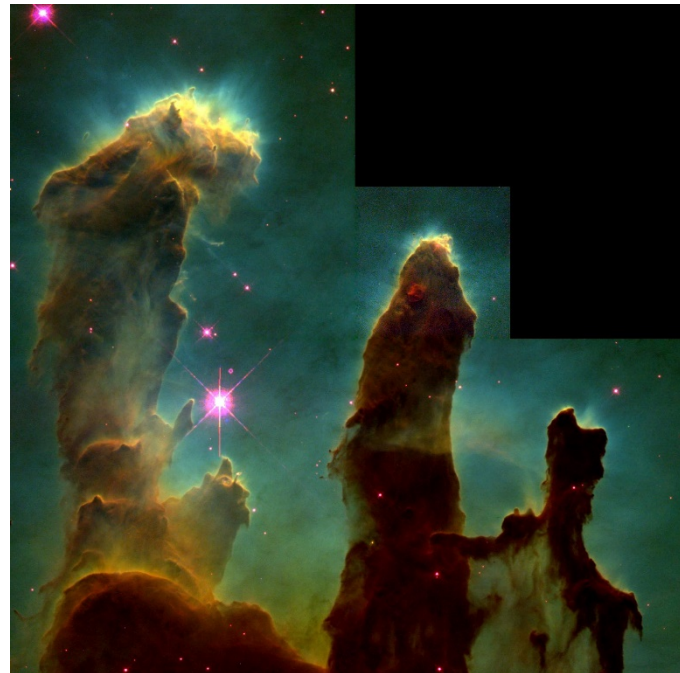


1994 – potvrzení existence supermasivních černých děr

1994 – dopad komety Shoemaker-Levy na Jupiter

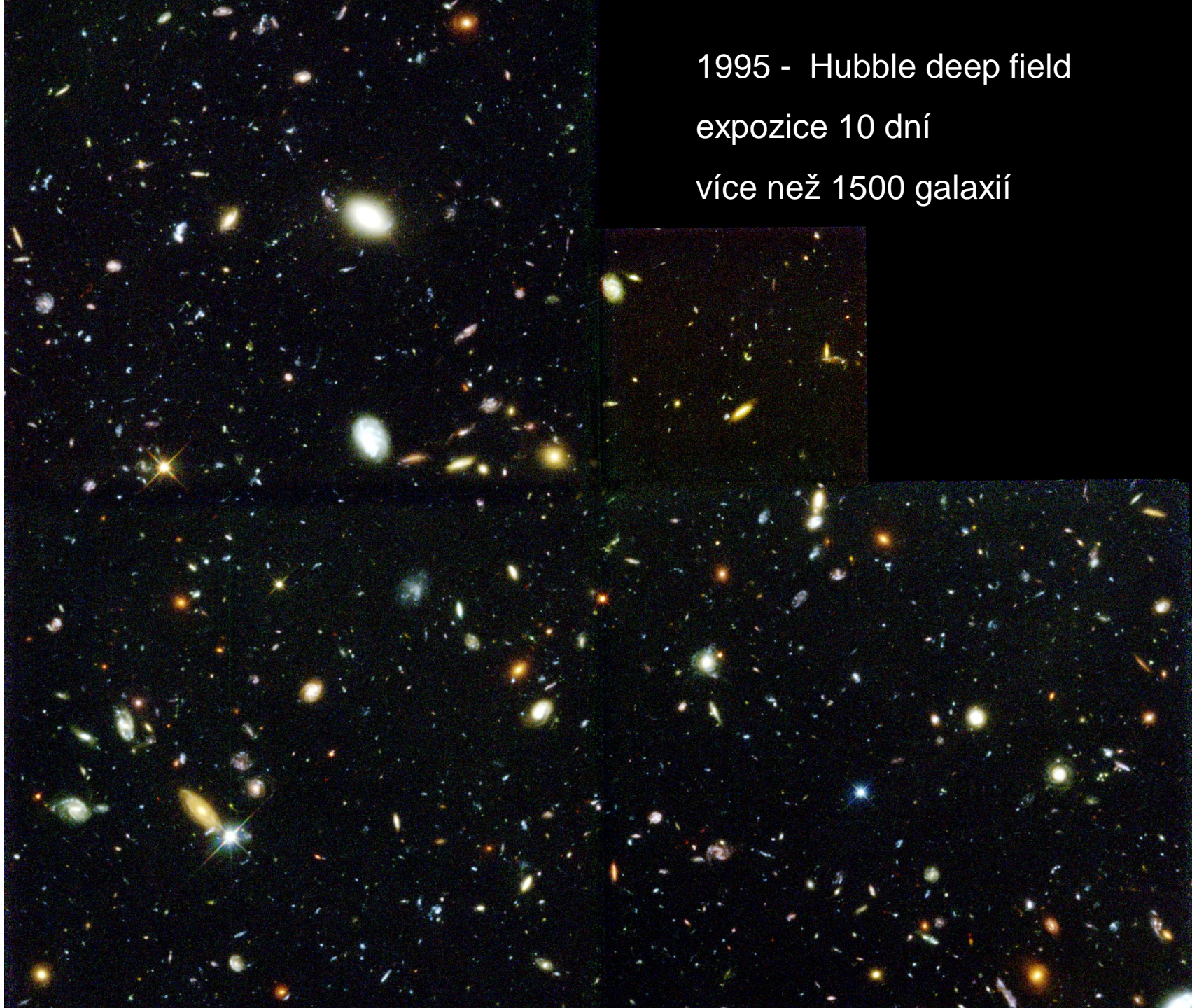


1995 – Sloupy stvoření – vznikající hvězdy v M16



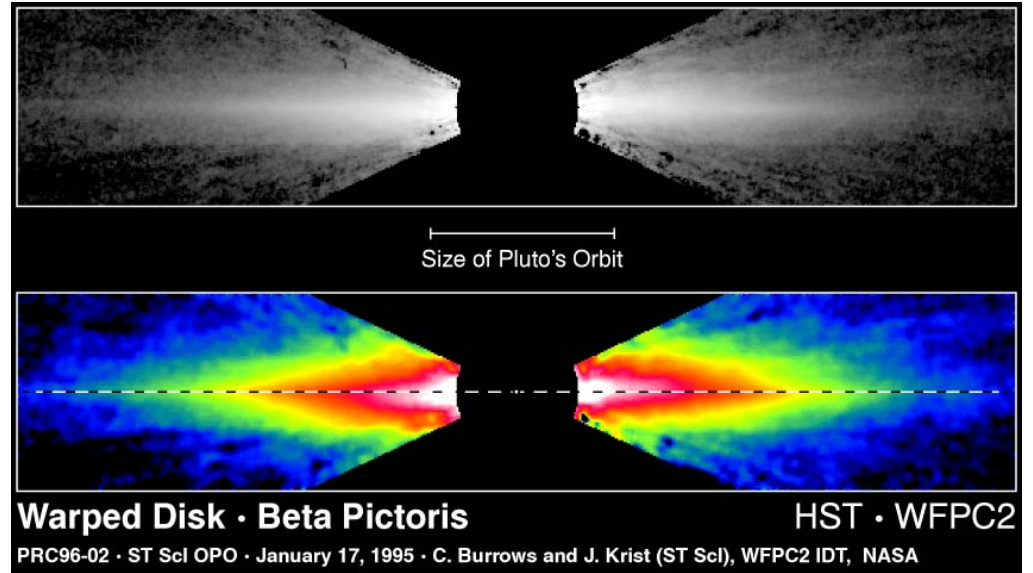


1995 - Hubble deep field  
expozice 10 dní  
více než 1500 galaxií

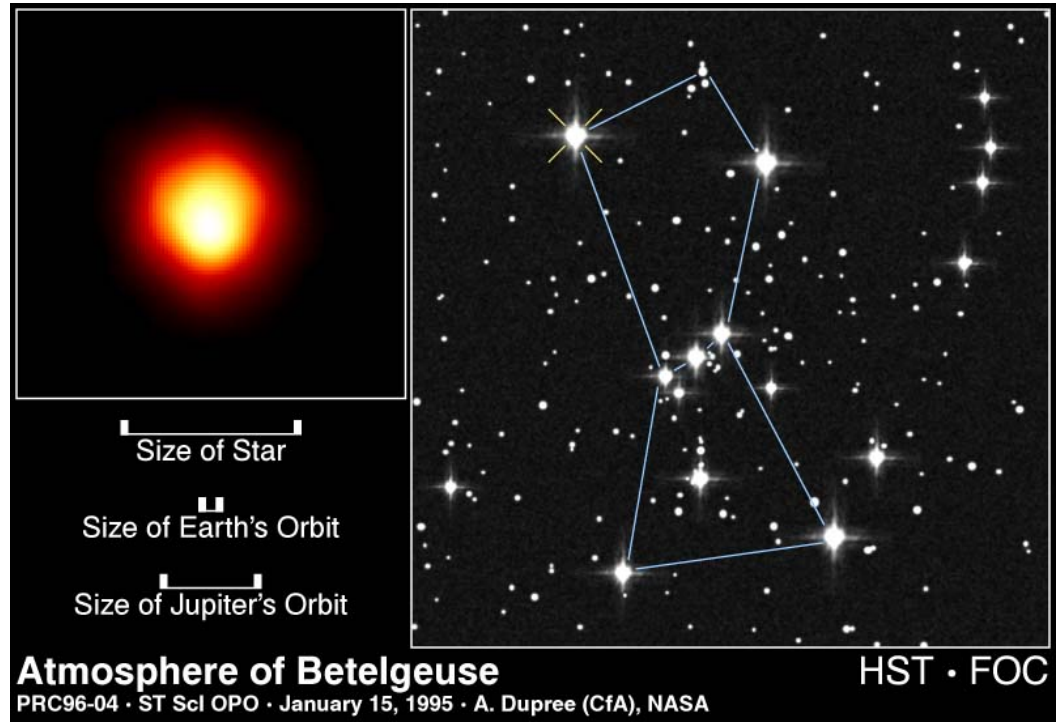




# 1996 – planeta u hvězdy $\beta$ Pic



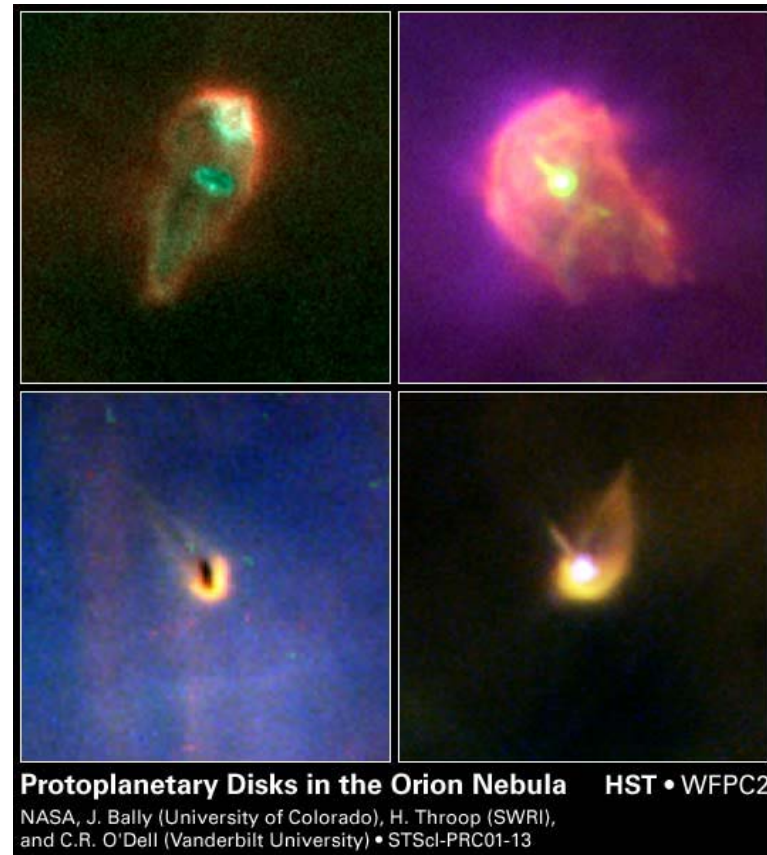
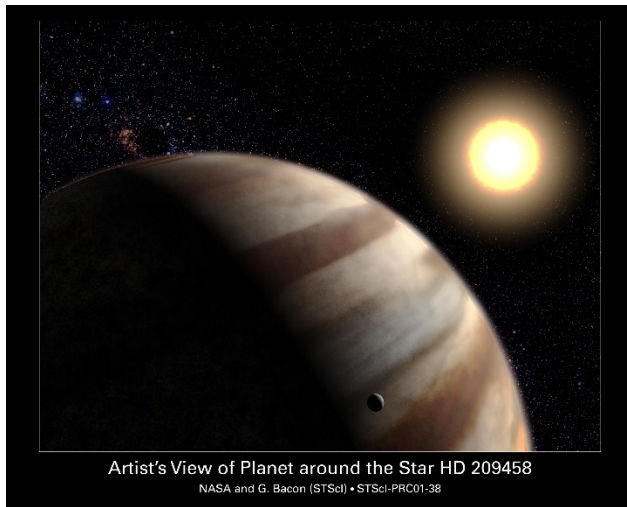
# 1996 – 1. snímek povrchu hvězdy



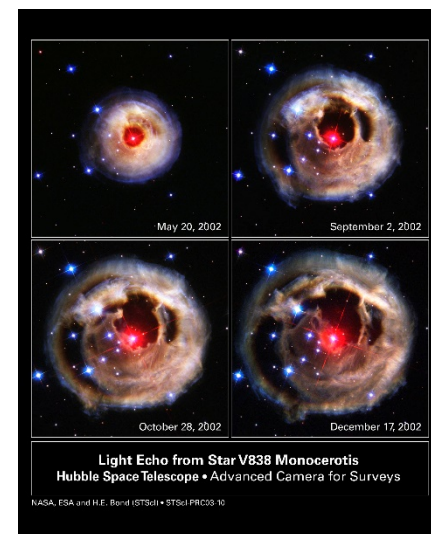
1998 – první výsledky o akceleraci rozpínání vesmíru

2001 – 1. přímé vizuální potvrzení tvorby planet

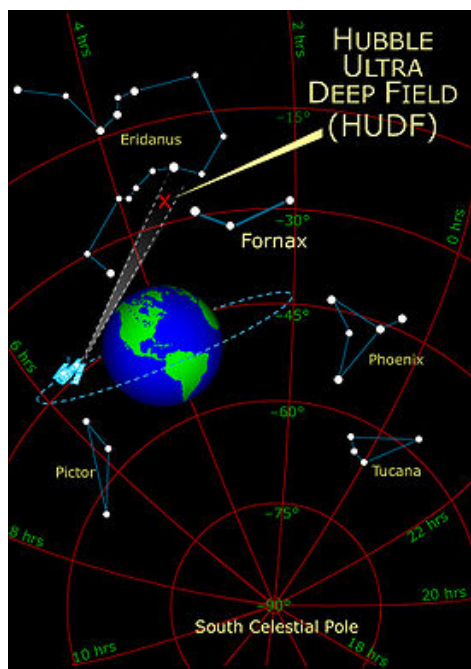
2001 – 1. přímá detekce atmosféry exoplanety



2003 – zaznamenáno světelné echo V838 Mon



2004 – Hubble ultra deep field  
celková exp. doba cca 11,5 d

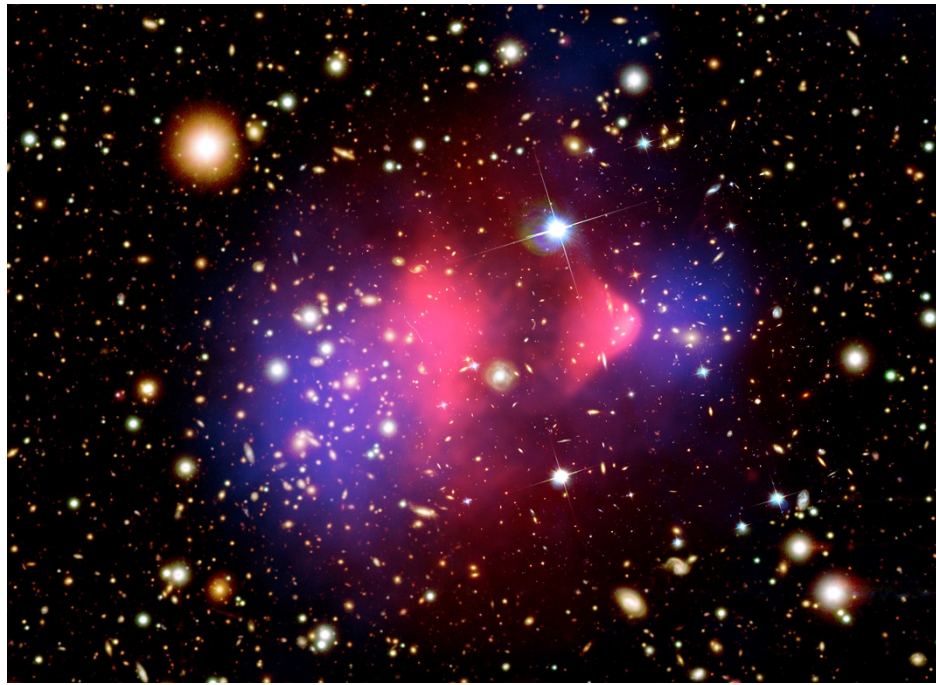




2005 – dopad Deep impact na kometu  
9P/Tempel 1

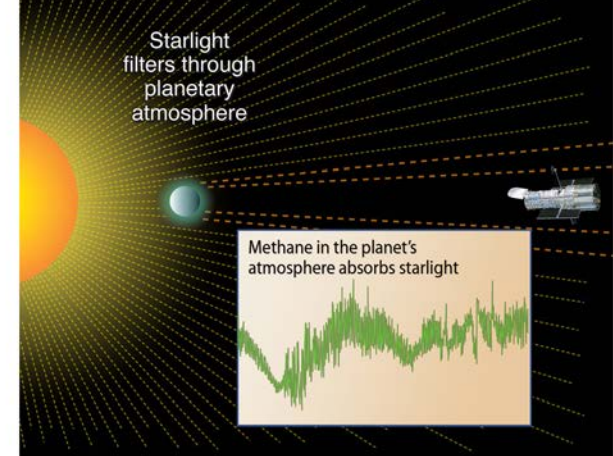


2006 – přímý důkaz temné hmoty v kupě galaxií 1E 0657-56 (Kulka)



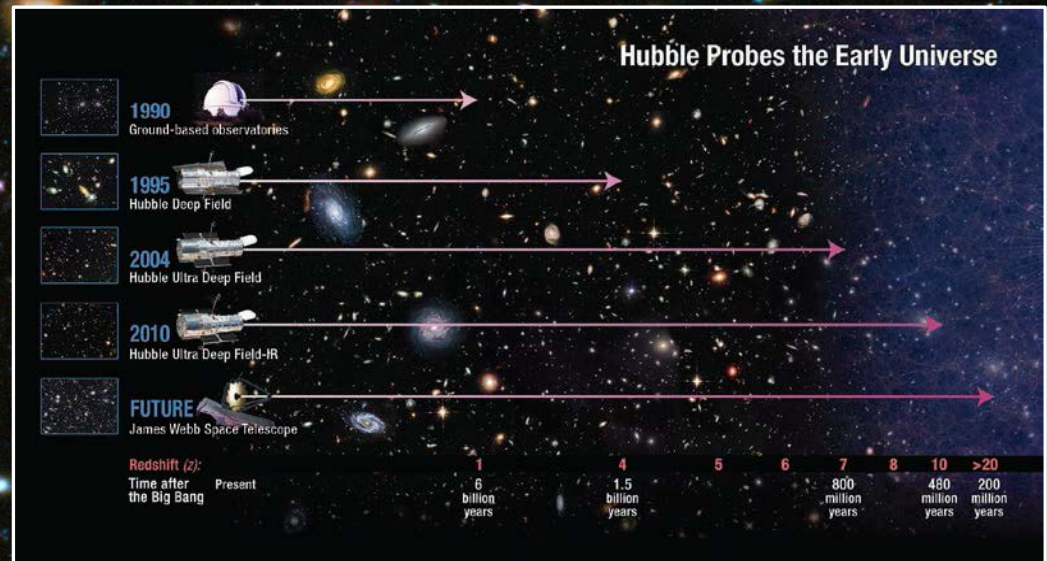
2008 – 1. detekce organických molekul (metanu)  
v atmosféře exoplanety

2012 – Hubble extreme deep field - exp. 2000000 s



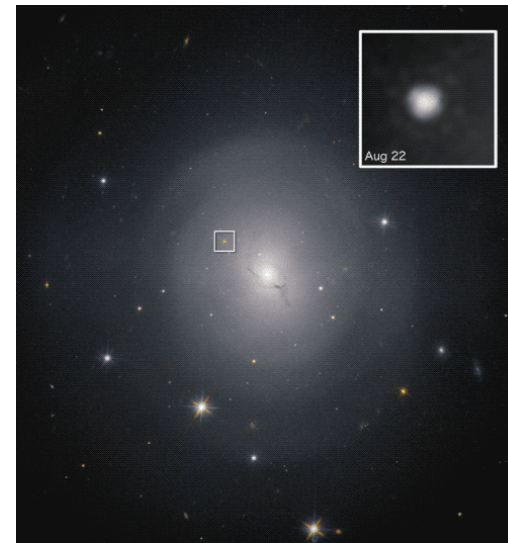
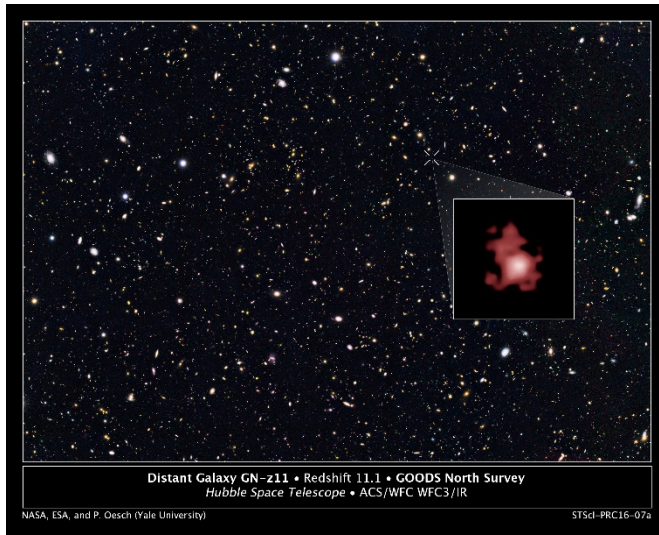


# 2014 – Hubble ultra deep field + UV

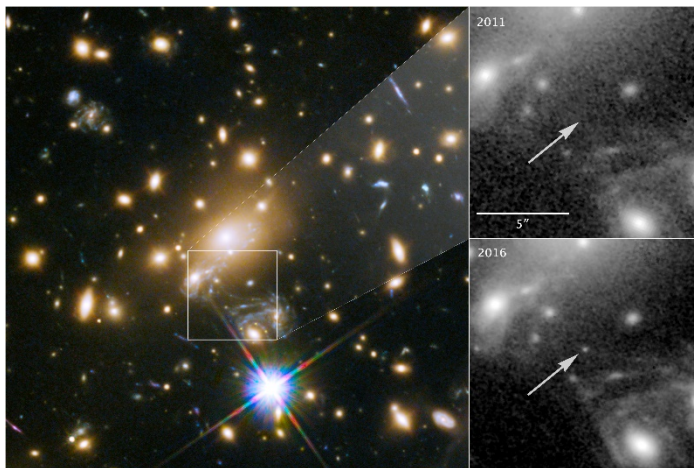




## 2016 – snímek nejvzdálenější galaxie GN-z11 (stáří jen 400 000 let po VT)



## 2017 – pozorován zdroj gravitačních vln



## 2018 – nejvzdálenější hvězda 9 mld sv. let od Země

# 2019 – Hubble Legacy deep field

rozměry 25000 x 25000 pixelů



mozaika ze 7500 snímků za 16 let

2018 – detekce možného exoměsíce

2019 – 1. detekce vodních par v atmosféře exoplanety K2-18b

2020 – 30 let provozu

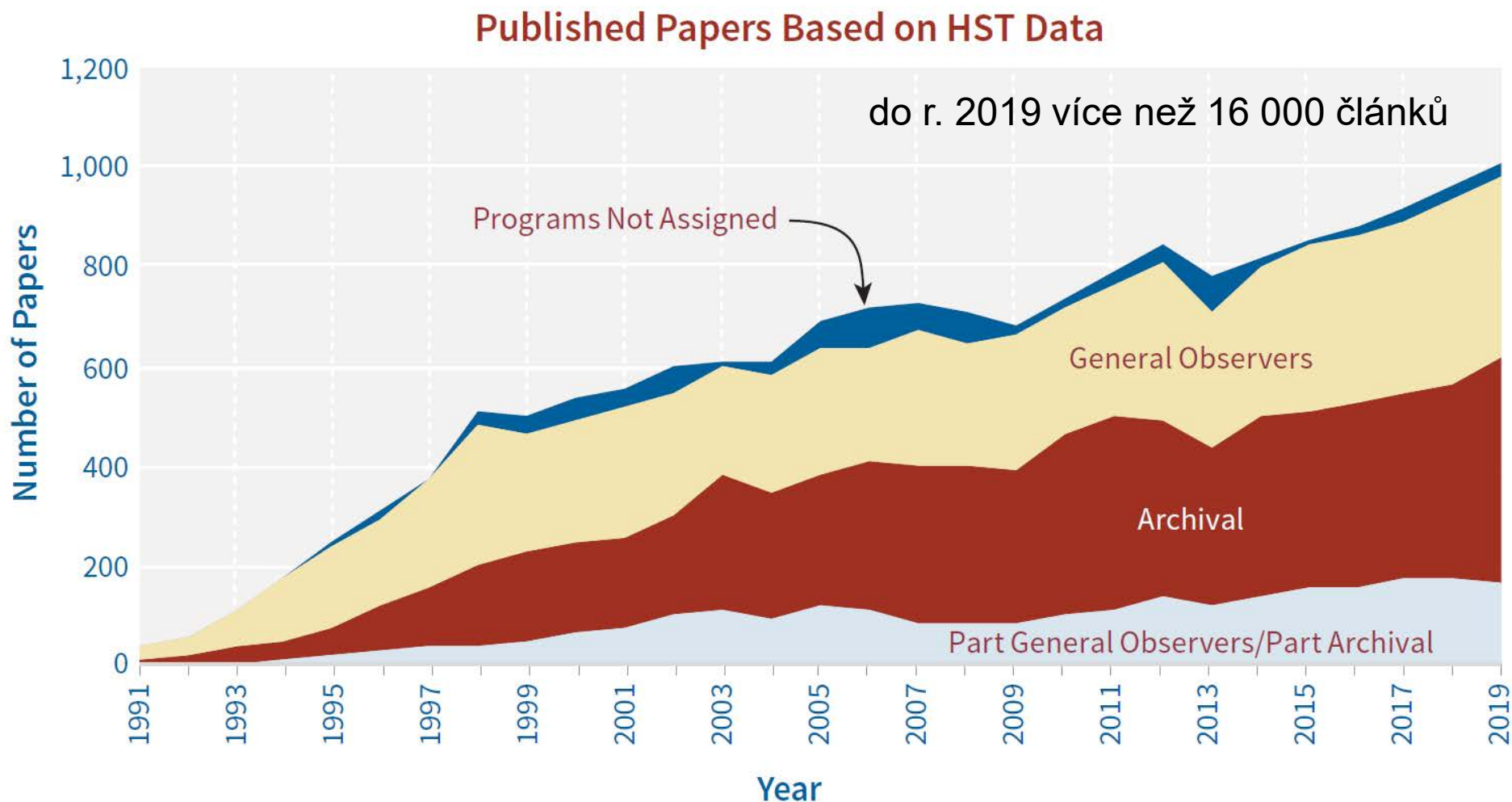




Celkové náklady – vývoj, vypuštění, 30 let provozu – 20 mld \$

Space Telescope Science Institute in Baltimore, Maryland

založen 1981 – zhruba 100 vědců, celkem téměř 700 zaměstnanců (2019)

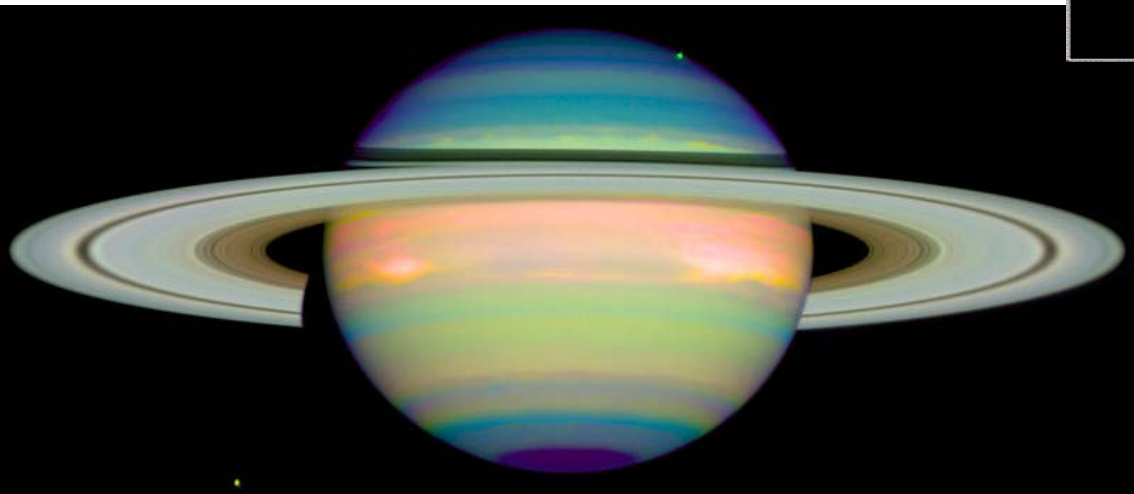
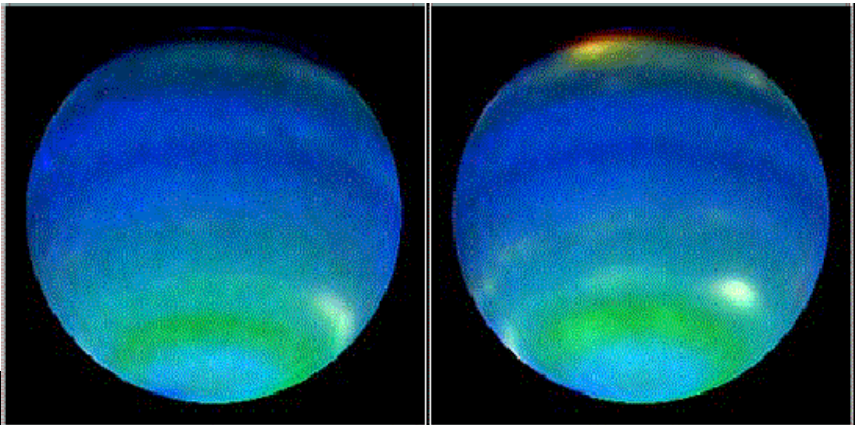




**Galerie na závěr**

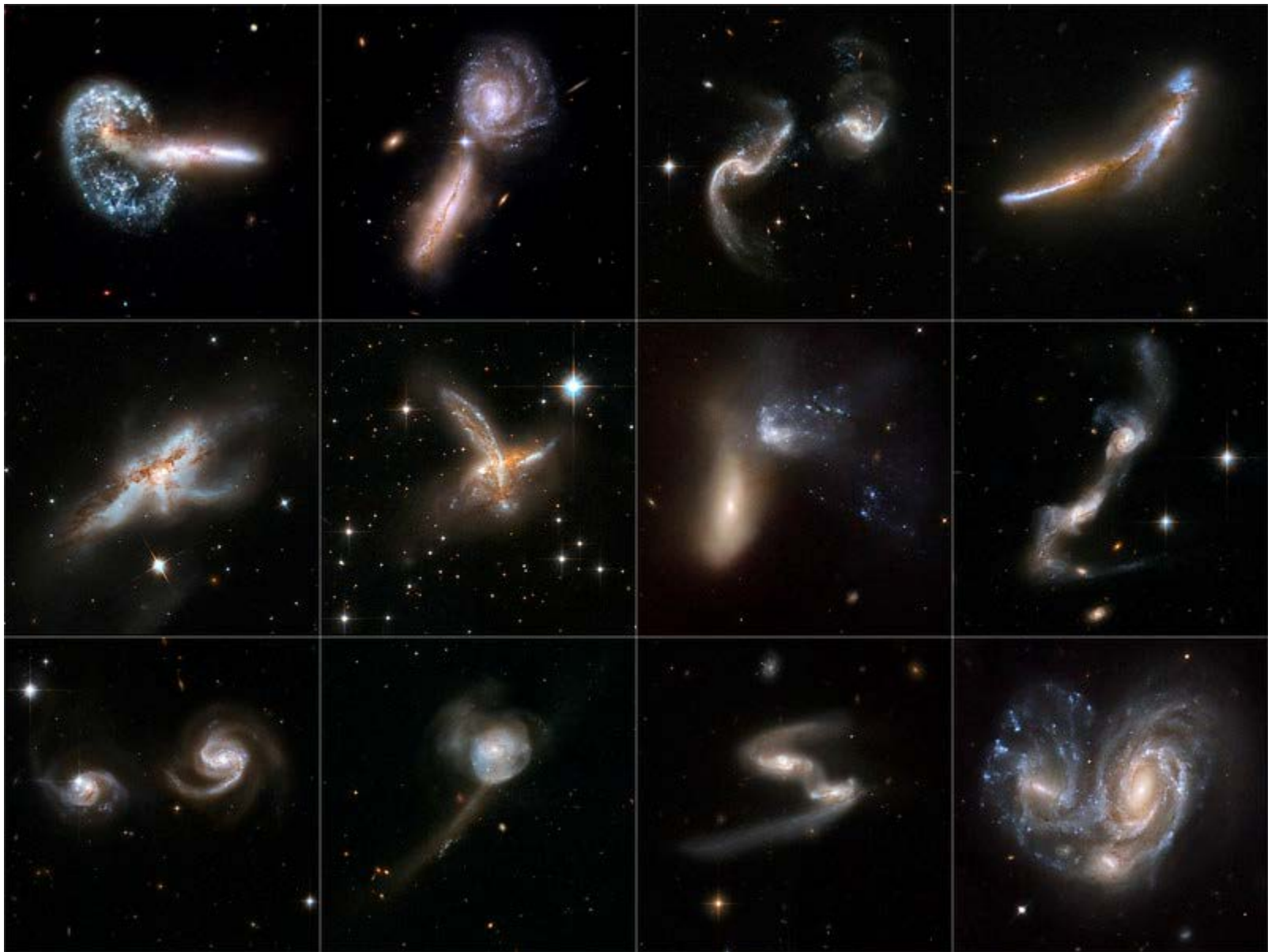
The background of the slide is a detailed astronomical image of a nebula. It features a complex network of glowing filaments and structures in shades of red, orange, and yellow, set against a dark, star-filled field. The overall appearance is that of a rich, multi-colored interstellar cloud.



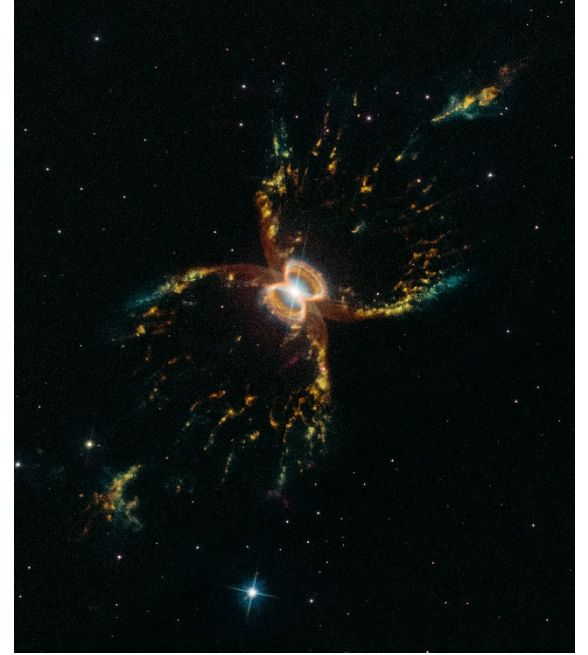




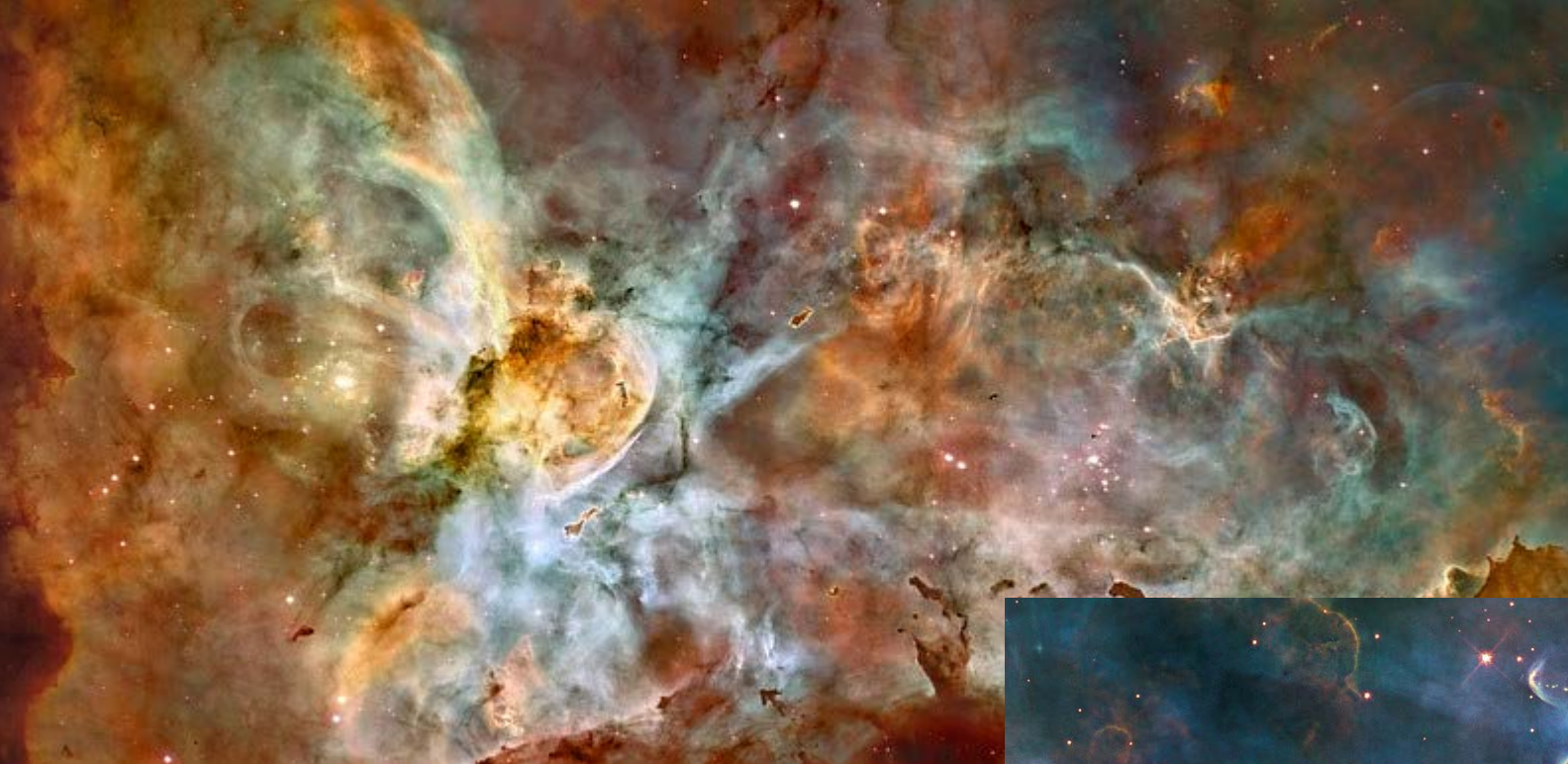












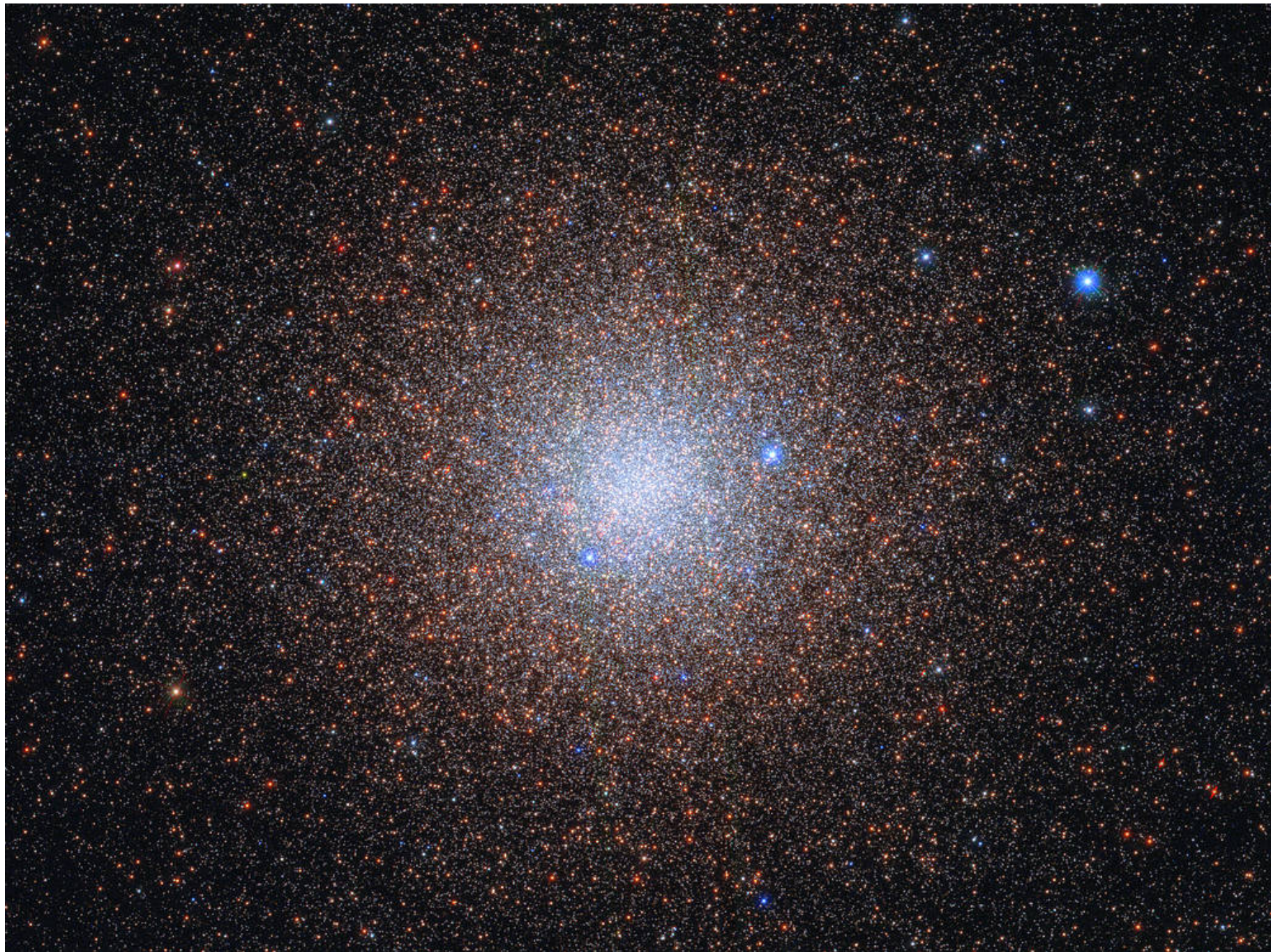














**Děkuji za pozornost!**

<https://hubblesite.org/>

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/main/index.html)

<https://www.stsci.edu/>

<https://www.nasa.gov/subject/7731/hst-gallery/>



**Děkuji za pozornost!**



<https://hubblesite.org/>

[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/hubble/main/index.html](https://www.nasa.gov/mission_pages/hubble/main/index.html)

<https://www.stsci.edu/>

<https://www.nasa.gov/subject/7731/hst-gallery/>