

3.Hodina Svět galaxií

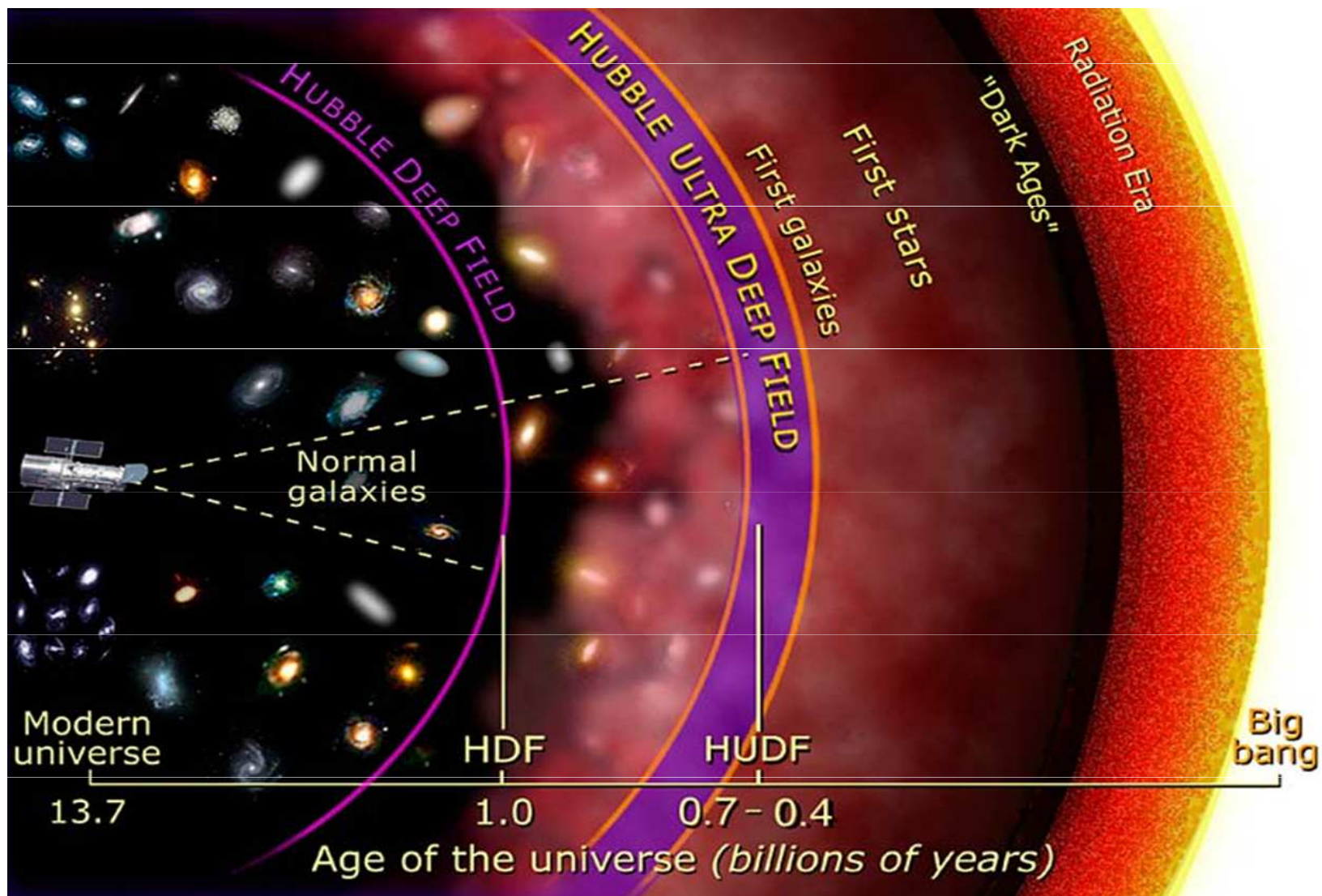
(osnova třetí přednášky z kosmologie)

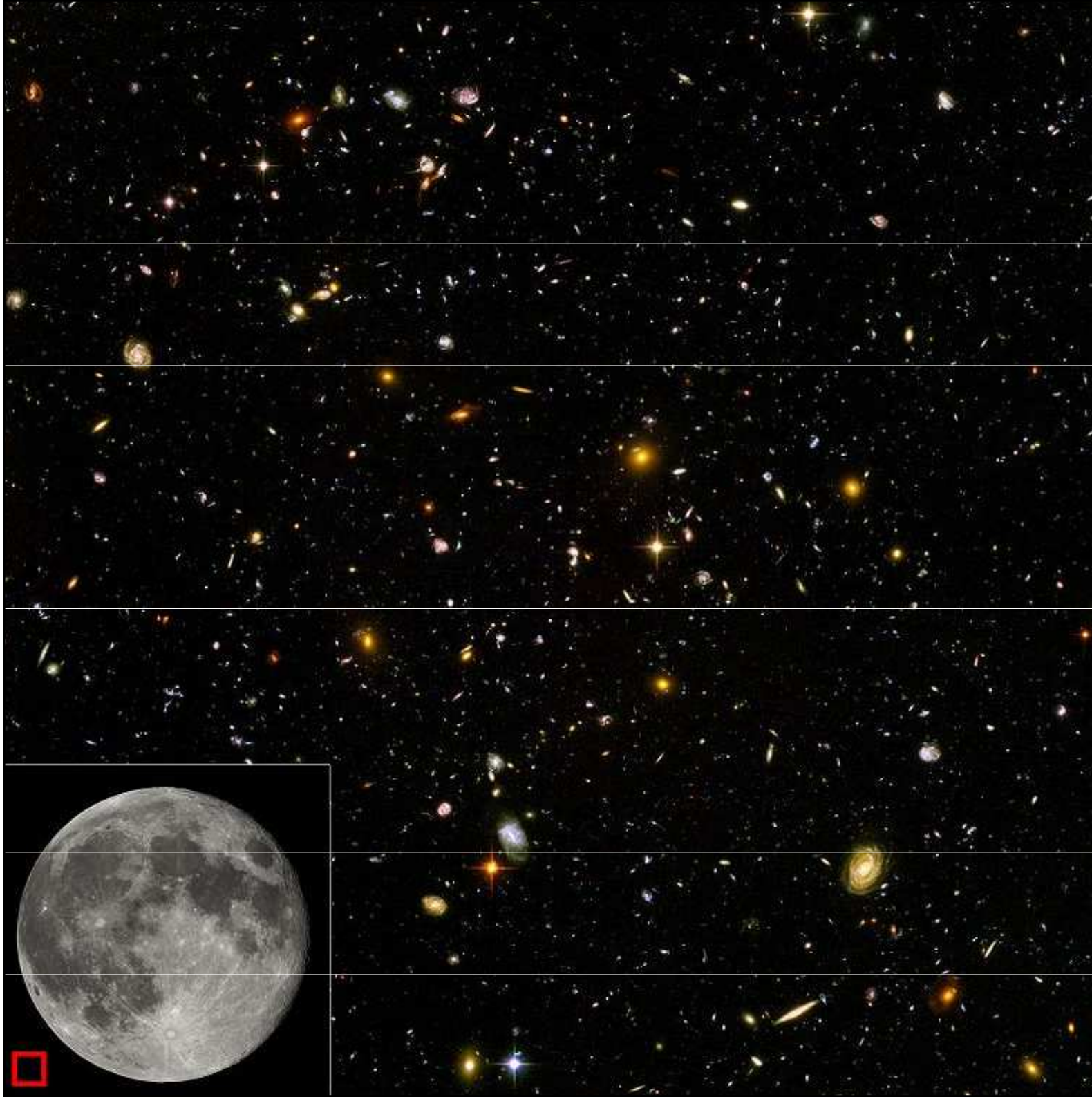
- Hubbleova ladička (klasifikace galaxií)
- Parametry naší galaxie
- Základní pozorovatelné parametry galaxií – zdánlivá svítivost (magnituda) m , počet galaxií o svítivosti $N(m) \leq m$, červený posuv $z(m)$. Příslušné závislosti, jak vyplývají z nejjednodušších předpokladů, diskuse oprávněnosti těchto předpokladů.
- V souvislosti s předchozím – hvězdné velikosti, Weberův-Fechnerův zákon, Pogsonova rovnice.
- Hodilo by se promítnout nějaké obrázky:
- **Hubbleova ladička**, ukázky **vzhledu galaxií** – naše galaxie, spirální a eliptické galaxie, nepravidelné galaxie, možná i srážky galaxií – třeba se najdou i nějaké animace.
- Možná i něco na hvězdné velikosti. Třeba i test, jaké jsou hvězdné velikosti vybraných objektů, úkol seřadit několik známých hvězd podle svítivosti?
- Asi v první hodině bych **jenom promítl tu ladičku, abych ji nemusel malovat, a snad by se našel ještě dobrý obrázek na ty hvězdné velikosti**, jinak bych tam hlavně odvodil několik vzorců. Ostatní obrázky by se mohly přesunout do druhé hodiny, která by byla stavěna na obrázcích a nějakém testu znalostí.

Svět galaxií

Galaxie je obrovský útvar obsahující hvězdy, mlhoviny, hvězdokupy a mezihvězdný plyn a prach.

Galaxie - z řeckého galaktikos –mléčný





Hubbleovo ultra hluboké pole zobrazuje mnoho galaxií, z nichž každá se skládá z miliard hvězd.

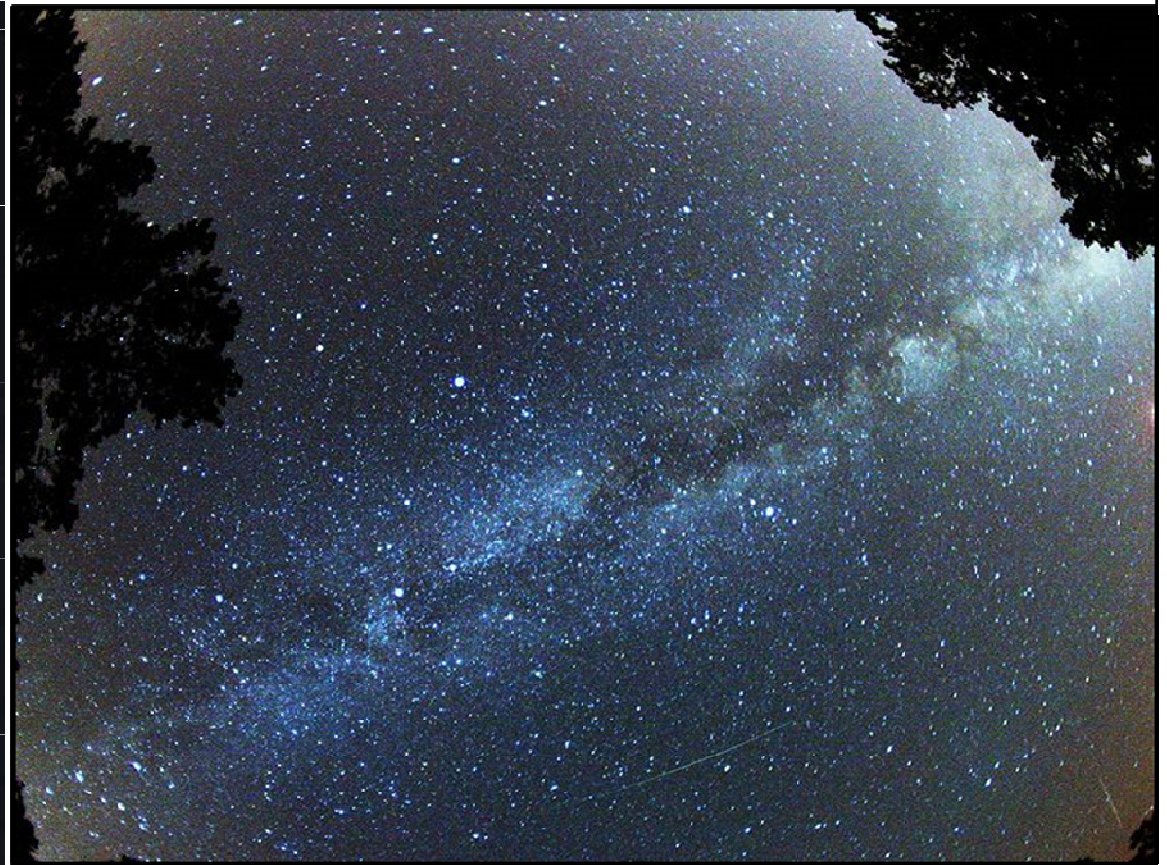
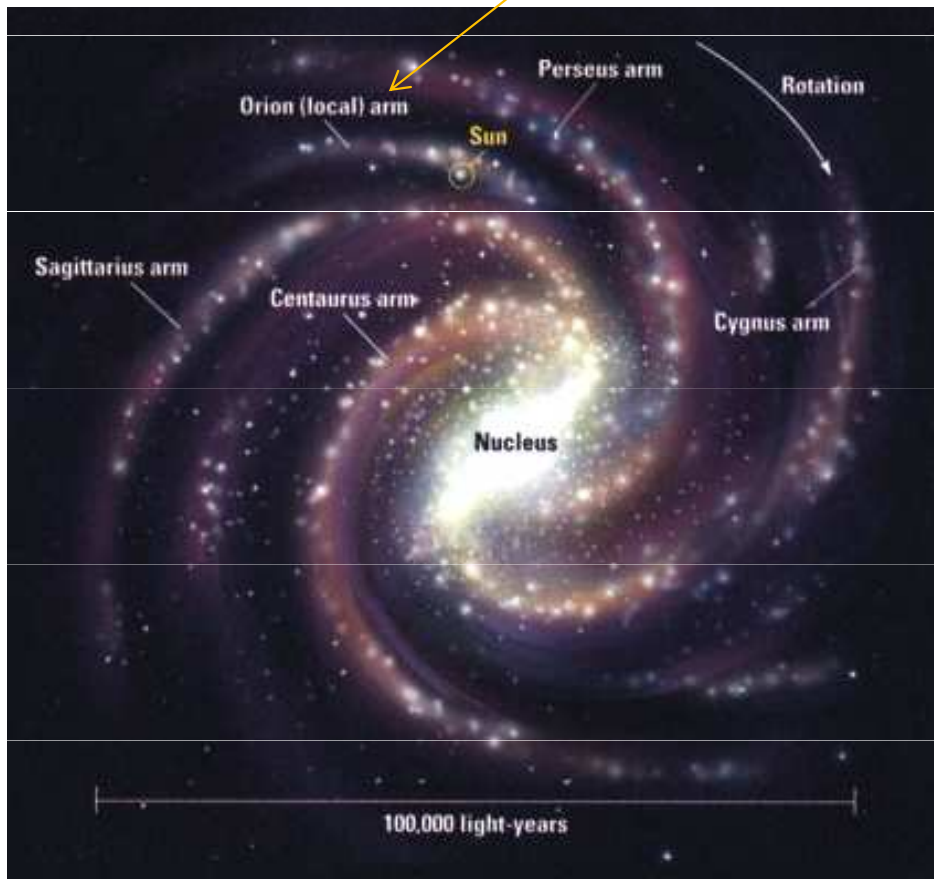
Ekvivalentní oblast oblohy, jakou zabírá obrázek, je zobrazena v levém dolním rohu.

Nejmenší, nejčervenější galaxie, kterých je přibližně 100, jsou ty nejvzdálenější, jaké optický dalekohled kdy zachytil a které existovaly již krátce po velkém třesku.

Světlou barvu mají mladší galaxie (k těm patří i naše Galaxie).



- Naše **Galaxie** (průměr 100 000 ly), spirálního typ s několika rameny , Mléčná dráha je stříbrný pás hvězd táhnoucí se oblohou, lidově se tak označuje také naše Galaxie. **Mléčná dráha** je malá část Galaxie pozorovatelná ze Země.
- Jsou to 2 ramena: rameno Střelce a rameno Orionu. Naše Galaxie patří spolu s mnoha ostatními do **Místní skupiny galaxií**
- Galaktické jádro naší galaxie - 7,6 kiloparseku ($23,5 \cdot 10^{13}$ km) od Země
- V naší galaxii je více než 100 miliard hvězd. A téměř každá z nich má svůj planetární systém či alespoň jednu planetu, která kolem ní obíhá.

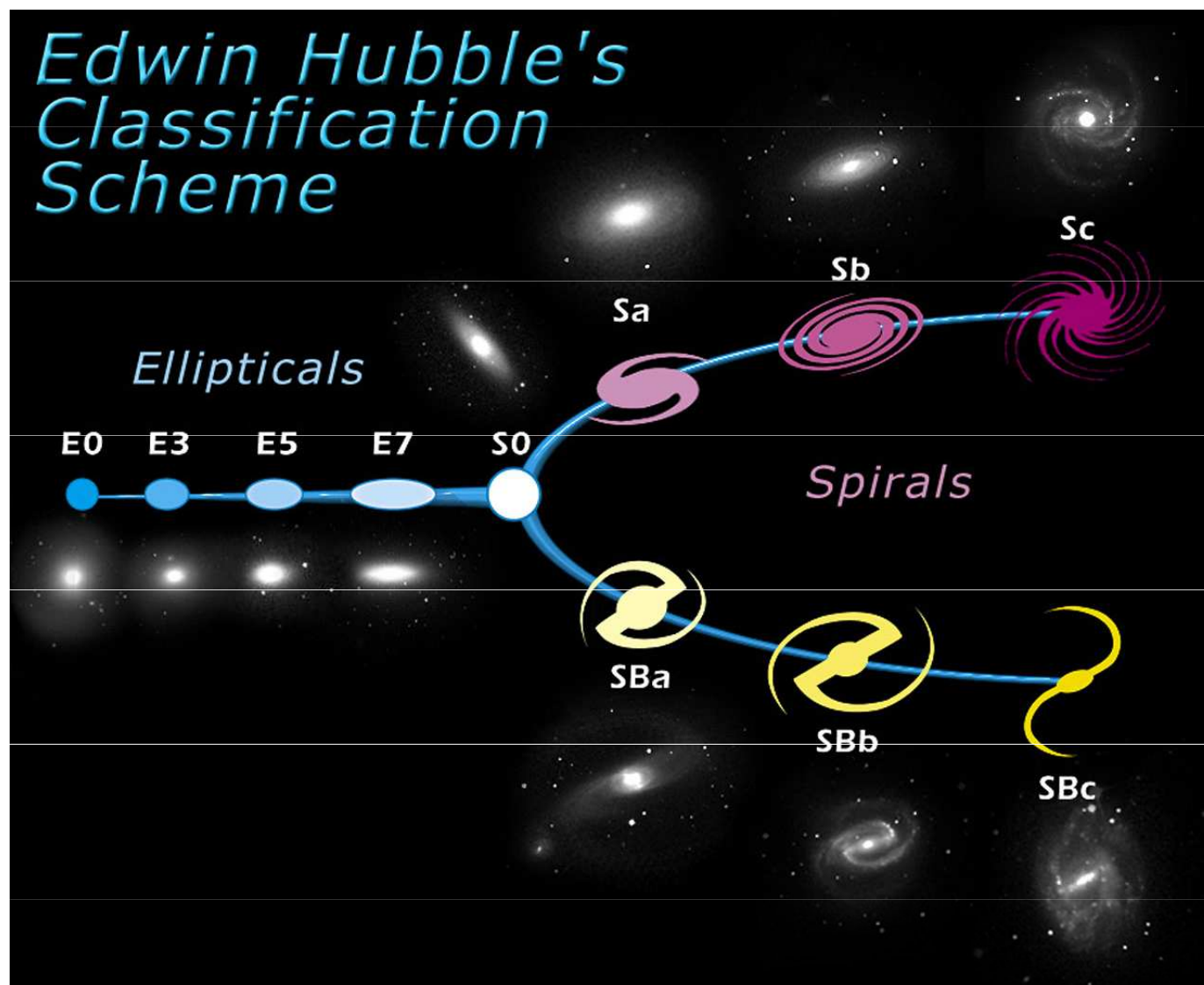


RAMENO MLÉČNÉ DRÁHY

Rameno Mléčné dráhy - panoramatický interaktivní pohled si můžete prohlédnout [ZDE](http://galaxy.phy.cmich.edu/~axel/mwpan2/krpano/)
<http://galaxy.phy.cmich.edu/~axel/mwpan2/krpano/>. Všechny hvězdy, které můžeme na obloze spatřit patří k naší galaxii



Edwin Hubble's Classification Scheme



Eliptická galaxie (E)

Spirální galaxie (S), Spirální galaxie s příčkou (SB)

Čočkovitá galaxie (L)

Nepravidelná galaxie (Irr)

https://cs.wikipedia.org/wiki/Hubbleova_klasifikace_galaxi%C3%AD

Spirální galaxie



M81

TypeSa



M51

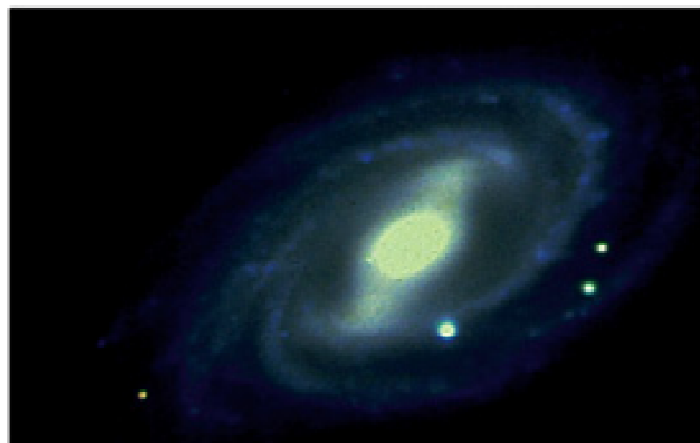
TypeSb



NGC 2997

TypeSc

Spirální galaxie s příčkou



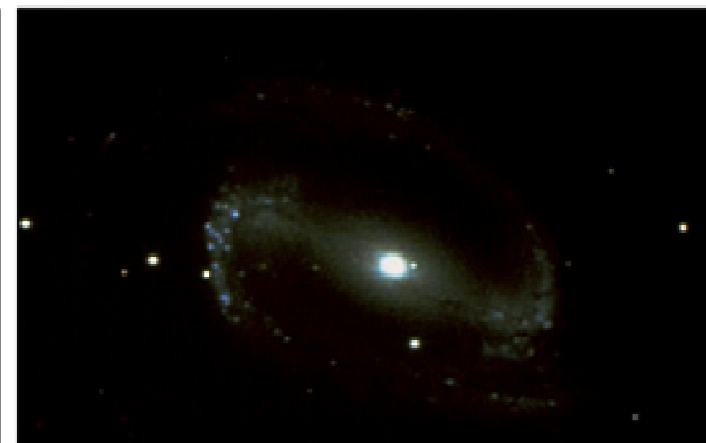
NGC 3992

Type SBa



NGC 1433

Type SBb



NGC 1300

Type SBc

Eliptická galaxie



(a) M49

Type E1



(b) M84

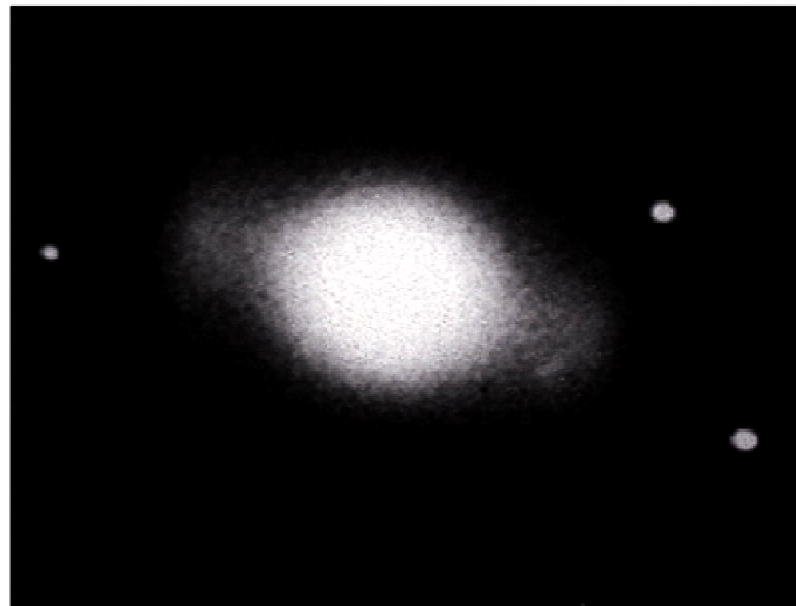
Type E3

čočková S0 Galaxie



(a) NGC 1201

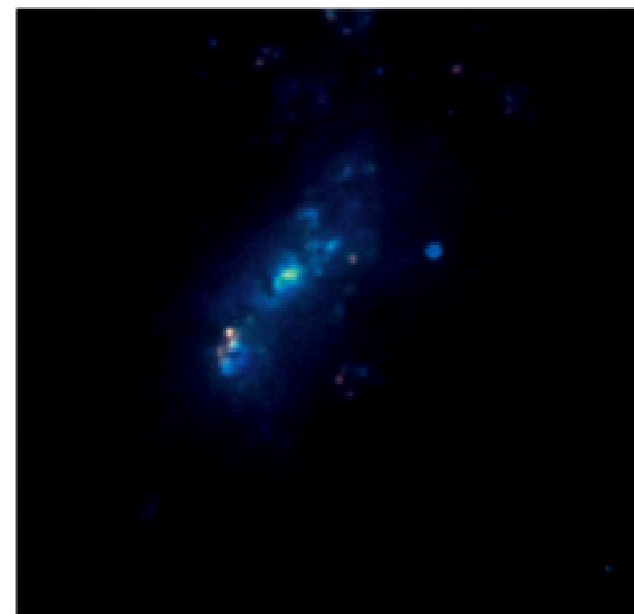
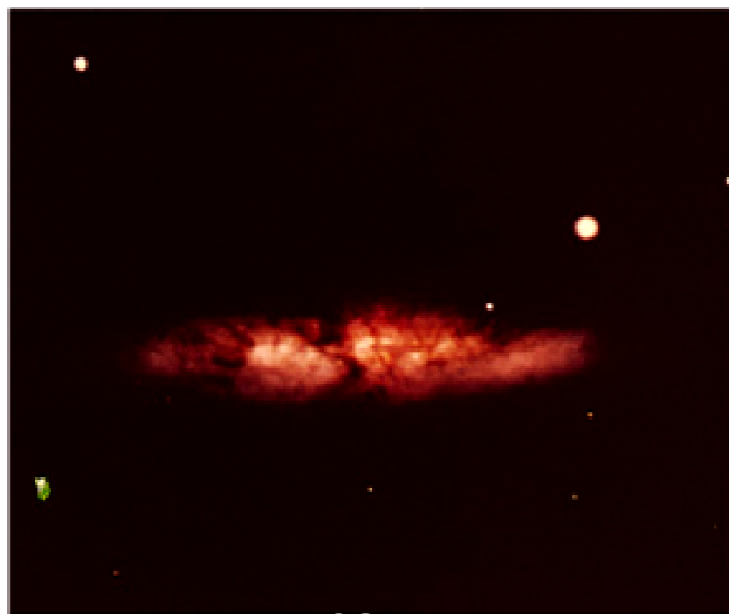
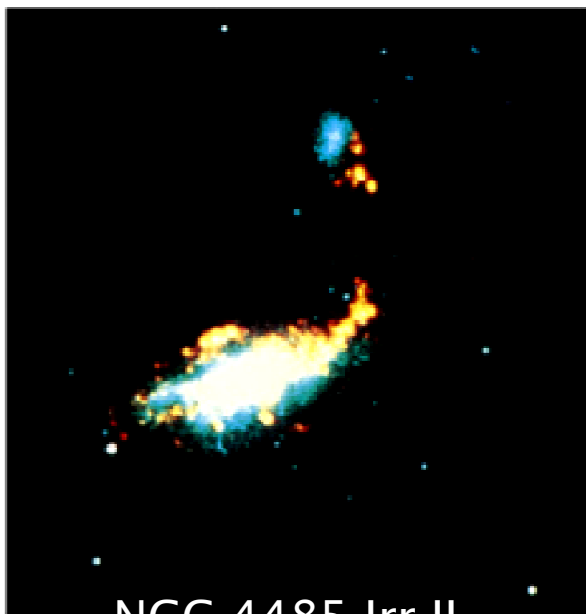
Type S0



(b) NGC 2859

Type SB0

Nepravidelná (pekuliární) galaxie



Rozdíl hvězdných velikostí dvou hvězd $m_1 - m_2$ je definován pomocí tzv. Pogsonovy rovnice

$$m_1 - m_2 = -2,5 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_2} \right)$$

kde I_1 a I_2 jsou hustoty světelného toku dopadajícího na lidské oko nebo čidlo přístroje ze dvou srovnávaných hvězd.

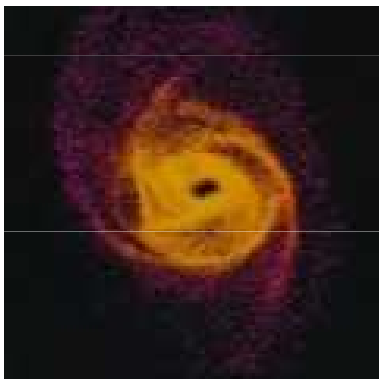
Hvězdná velikost m libovolné hvězdy je tedy rovna

$$m = -2,5 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right)$$

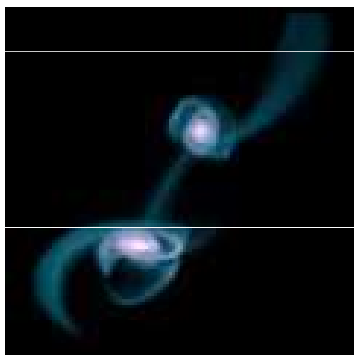
kde I_0 je referenční hodnota hustoty světelného toku hvězdy, které byla definitoricky přiřčena hvězdná velikost 0^m .

| Objekt | Hvězdná velikost | | Vzdálenost (ly) |
|---------------------------------|------------------|-----------|--------------------------------------|
| | zdánlivá | absolutní | |
| Slunce | -26,6 | 4,8 | 1,5×10 ⁸ km |
| Měsíc v úplňku | -12,6 | — | 3,844×10 ⁵ km |
| Venuše | -4,4 | — | — |
| ISS | -3,5 | — | ~400 km |
| Jupiter | -2,8 | — | — |
| Sirius A | -1,46 | 1,4 | 9 |
| Alfa Centauri A | -0,27 | 4,37 | 4 |
| Arcturus | -0,04 | -0,1 | 36 |
| Vega | 0,03 | 0,5 | 26 |
| Capella | 0,08 | -0,4 | 41 |
| Betelgeuze | 0,50 | -7,2 | 600 |

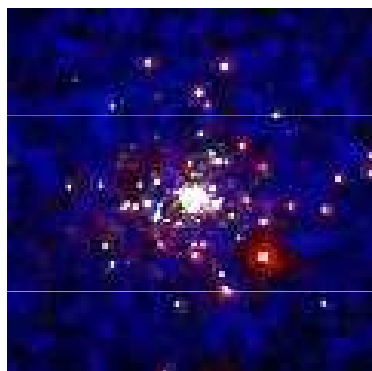




Spirální galaxie – počítačová simulace. Počítačová simulace vývoje spirální galaxie. Ukázána je v různých vývojových fázích. Galaxie jsou obří hvězdné ostrovy. V každé se nacházejí stovky miliard hvězd. Jde o základní stavební kameny vesmíru. Sdružují se do skupin a kup galaxií. Spirální galaxie patří k nejčastěji pozorovaným typům. ([mpg, 8 mB](#))



Počítačová simulace kolize dvou galaxií. Kolize galaxií jsou ve vesmíru relativně časté. Nikdy však nejde o žádný bouřlivý proces, ale spíše pomalé prolínání galaxií. Ke přímému střetu jednotlivých hvězd nedochází a pokud ano, jen zcela výjimečně, vzdálenosti mezi hvězdami jsou obrovské. Střet galaxií znamená ovšem celkové přeskupení hmoty, často splynutí galaxií a nastartování překotné tvorby hvězd. ([mpg, 3 MB](#))



Galaktická kupa – počítačová simulace. Tato počítačová simulace pokrývá období 16 miliard let. V kupě bylo jen 50 galaxií, přesto jsou dobře patrné srážky jednotlivých galaxií a postupné vytvoření jedné velké centrální galaxie. To je pozorováno jak u skupin tak u kup galaxií. ([mpg, 3 MB](#))

Místní vesmír.

Na klipu vidíte počítačovou vizualizaci našeho vesmírného okolí ve sféře o rozměrech 586 Mpc.

Místní skupina galaxií je v centru scény.

Na počátku je sféra orientována tak, že Velký atraktor

(gravitační anomálie v centru Místní nadkupy galaxií, která k sobě přitahuje galaxie

ze vzdálenosti stovek milionů světelných let) je na levé straně a stěna galaxií v souhvězdí Velryby napravo dole.

Polohy galaxií byly vypočteny ve shodě s červenými posuvy galaxií z přehlídky IRAS.

Z nich bylo vyhlazením vytvořeno pole zobrazovaných bodů,

kterých je v centrální oblasti o rozměru 113 Mpc

53 milionů, zatímco v ostatním okolí „jen“ 20 milionů.

Animace byla vytvořena pomocí simulace ([avi, 20 MB](#))

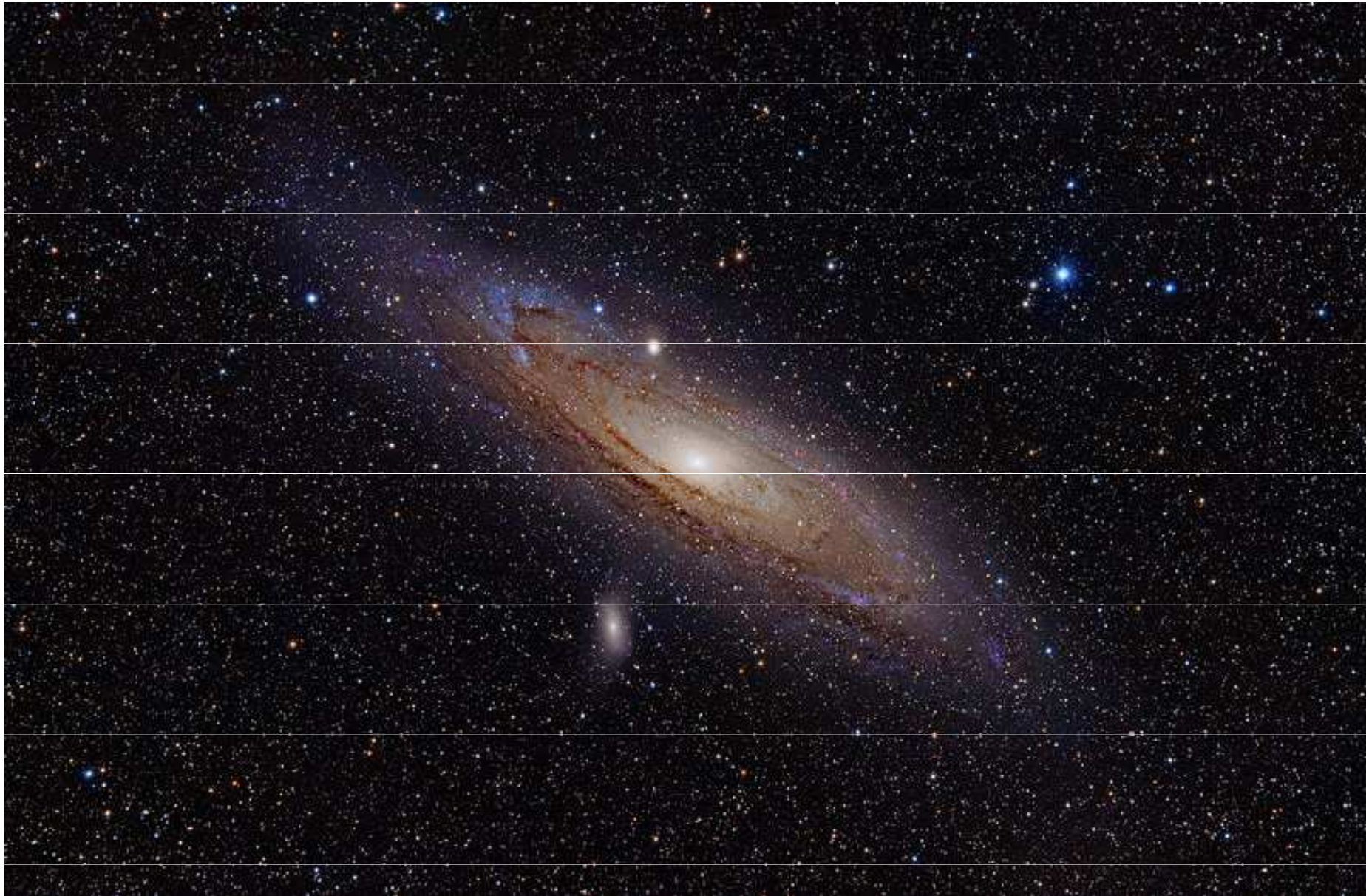
Galaxie v Andromedě M 31.

Animace, na které je nejprve galaxie M 31 ve vizuálním oboru a poté v infračerveném oboru. Červeně je zobrazena prachová hmota disku a modře svítí hvězdy vytvářející výrazné struktury. V centrální oblasti prachová hmota téměř chybí a je zde naopak největší koncentrace hvězd

http://www.aldebaran.cz/animace/Asf_M31_2006.wmv

http://www.aldebaran.cz/animace/index_asf.php

Galaxie v Andromedě je spirální galaxie vzdálená přibližně 2,5 miliónů ly od Země v souhvězdí Andromedy (Je také známá pod označením Messier 31, M31 a NGC 224.)



Evoluce galaxií

Pozorování vzdálených - mladých částí vesmíru:

Vzdalování → putování v čase

První tvorba hvězd - reionizace - ~ 200 milionů let

Mladé oblasti:

- 1) pouze vodík a primordiální helium
- 2) více hmotnějších a zářivějších hvězd

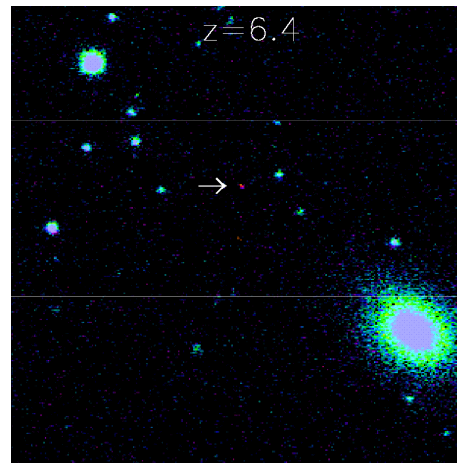
Galaxie ve vzdálených (mladých) oblastech jsou jiné než ty blízké

- 1) Zářivější, více aktivní, živější tvorba hvězd, více hmotnějších hvězd ...
- 2) Liší se hustota kvasarů, aktivních jader galaxií

Studium pomocí Hubbleova teleskopu, v programu Sloan Digital Sky Survey a dalších přehlídek vzdálených galaxií



galaxie NGC1087



Kvasar se $z=6.4$

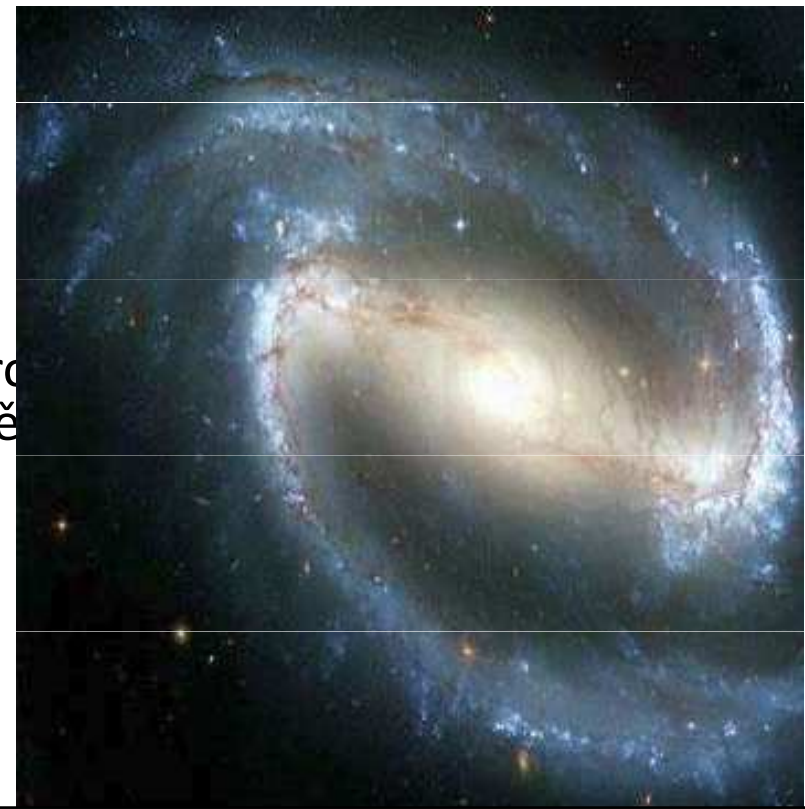


galaxie UGC03214

- Spirální galaxie
- Obsahují miliardy až stamiliardy hvězd
- Středové oblasti spirálních galaxií obsahují především starší hvězdy, zatímco ve spirálních ramenech se nachází velké množství mlhovin, mezihvězdného plynu a plynu a otevřených hvězdokup
- Spirální galaxie obsahují různý počet ramen, které vybíhají z galaktického středu

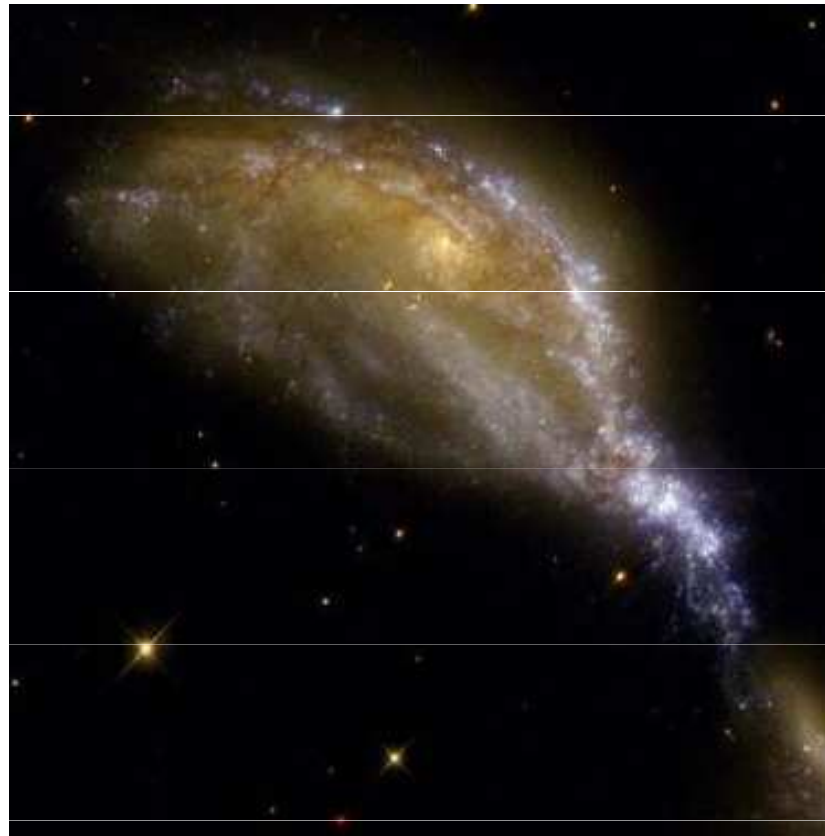


- Spirální galaxie s příčkou
- Podobné normálním spirálním galaxiím
- Jejich spirální ramena se ale nenapojují na jádro přímo, ale přes příčku, která se otáčí stejnoměrně spolu s jádrem



Nepravidelná (pekuliární) galaxie

- Obsahují velké množství mezihvězdné hmoty
- Mají obvyklé rozměry od 5 tisíc do 10 tisíc světelných let a obsahují až miliardy hvězd
- Nejbližšími nepravidelnými galaxiemi jsou Magellanova mračna



Temná hmota

Nesrovnalost mezi odhadem množství hmoty ve vesmíru na základě studia svítící hmoty a studia gravitačního vlivu hmoty (veškeré) → temná hmota – nevyzařuje ani neabsorbuje světlo, interaguje pouze gravitačně

Možnost zkoumání:

- 1) Studium oběžných pohybů hvězd → haló v galaxiích
galaxií → haló v galaktických kupách
kup galaxií → velkorozměrová hustota hmoty
- 2) Rentgenové záření horkého plynu v galaktickém halo – teplota dána rychlostí atomů – menší než úniková rychlost – rychlost je větší než by odpovídalo pozorované hmotě
- 3) Gravitační čočky – určení hmotnosti a jejího rozložení pro kupu tvořící gravitační čočku

Čím větší škála – tím větší podíl temné (skryté) hmoty
V kupách galaxií nejméně 90% skrytá hmota

Standardní model

| Čas: | Teplota: | Událost: |
|-------------|---------------------|---|
| 10^{-5} s | $2 \cdot 10^{12}$ K | Vznik elementárních částic z kvarků - hadronizace |
| ~ 1 s | 10^{10} K | Oddělení reliktních neutrin |
| 200 s | 10^9 K | Vznik prvotních jader H, He a některých dalších lehkých prvků |
| 400 000 let | 4000 K | Vznik atomů – oddělení reliktního záření |

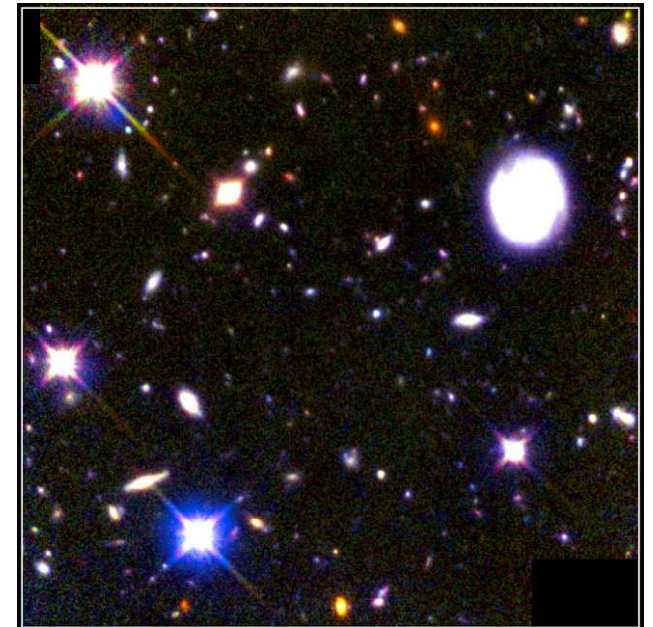
200 milionů let

vznik prvních galaxií a hvězd

Průběh popisuje obecná teorie relativity a standardní model hmoty a interakcí

Je dán počátečním složením a dalšími počátečními podmínkami

Vzdálené galaxie fotografované pomocí Hubblova teleskopu (archív NASA)

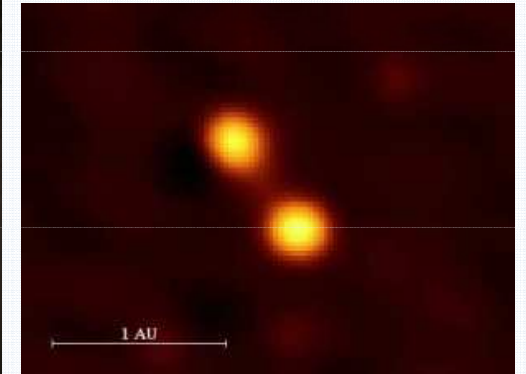
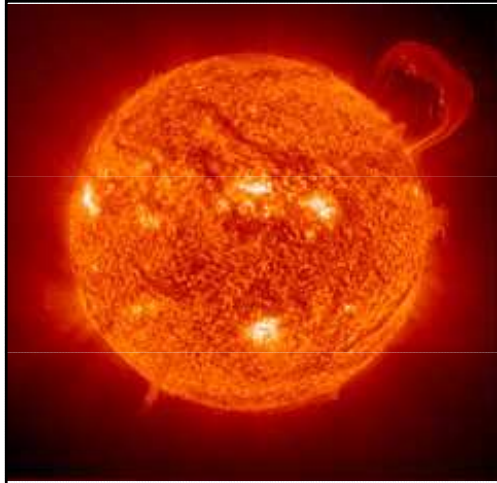


Úkoly cvičení - odhady

1. Seřadit objekty podle absolutní svítivosti
2. Seřadit objekty podle velikosti od nejmenšího k největšímu
3. Seřadit objekty podle od země
4. Seřadit objekty podle stáří od nejmladšího k nejstaršímu
(nejdříve zformovaný, nejpozději zformovaný)

| Objekt | Hvězdná velikost | | Vzdálenost od Země |
|---|------------------|-----------|----------------------------|
| | zdánlivá | absolutní | |
| Slunce | -26,6 | | 1,5 · 10 ⁸ km |
| Měsíc v úplňku | -12,6 | | 3,844 · 10 ⁵ km |
| Záblesky satelitů Iridium | -8,0 | | Stovky km |
| Venuše | -4,4 | | 40 400 000 km |
| ISS | -3,5 | | ~ 400 km |
| Jupiter | -2,8 | | 591 000 000 km |
| Sirius A | -1,46 | | 9 ly |
| Alfa Centauri A | -0,27 | | 4 ly |
| Arcturus | -0,04 | | 36 ly |
| Vega | 0,03 | | 26 ly |
| Capella | 0,08 | | 41 ly |
| Betelgeuze | 0,50 | | 600 ly |

1 ly – 1 světelný rok = $9,460 \times 10^{12}$ km ~ 10^{13} km



Capella A and B

Arcturus



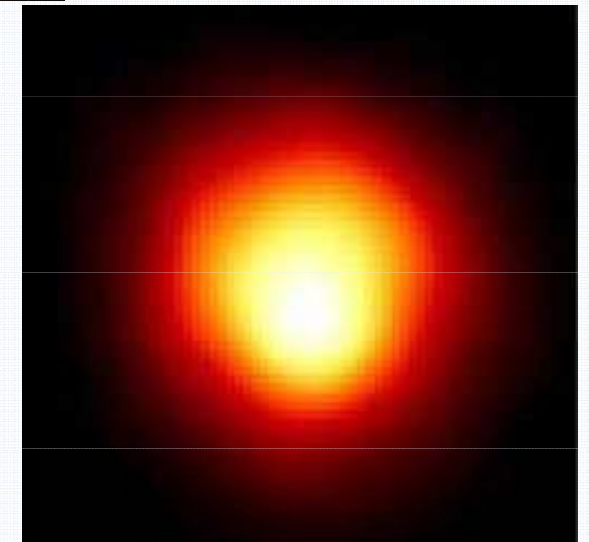
Sírius



Alfa Centauri



Vega



Betelgeuze

Výsledky

| Objekt | Hvězdná velikost | | Vzdálenost (ly) |
|---|------------------|-----------|--------------------------------------|
| | zdánlivá | absolutní | |
| Slunce | -26,6 | 4,8 | $1,5 \times 10^8$ km |
| Měsíc v úplňku | -12,6 | — | $3,844 \times 10^5$ km |
| Záblesky satelitů Iridium | -8,0 | — | Stovky km |
| Venuše | -4,4 | — | — |
| ISS | -3,5 | — | ~400 km |
| Jupiter | -2,8 | — | — |
| Sirius A | -1,46 | 1,4 | 9 |
| Alfa Centauri A | -0,27 | 4,37 | 4 |
| Arcturus | -0,04 | -0,1 | 36 |
| Vega | 0,03 | 0,5 | 26 |
| Capella | 0,08 | -0,4 | 41 |
| Betelgeuze | 0,50 | -7,2 | 600 |



Moon



Whirlpool Galaxy



Hubble Deep Field Galaxies



Hubble Space Telescope



Pleiades Star Cluster



Saturn



Sun



Moon



Whirlpool Galaxy



Hubble Deep Field Galaxies



Hubble Space Telescope



Pleiades Star Cluster



Saturn



Sun



Moon



Whirlpool Galaxy



Hubble Deep Field Galaxies



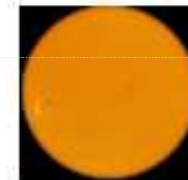
Hubble Space Telescope



Pleiades Star Cluster



Saturn



Sun



Moon



Whirlpool Galaxy



Hubble Deep Field Galaxies



Hubble Space Telescope



Pleiades Star Cluster



Saturn



Sun

Máte představu o velikosti, vzdálenosti a stáří 7 různých objektů ve vesmíru?

Seřazování

1, Zkuste uspořádat snímky v pořadí podle skutečné velikosti objektů

Nejmenší ----- největší

2, Zkuste seřadit snímky objektů od nejbližších po nejvzdálenější

Nejbližší ----- nejvzdálenější

3, Zkuste uspořádat snímky podle stáří zobrazených objektů (nejdříve zformovaný, nejpozději zformovaný)

Nejstarší ----- nejmladší

Měsíc

Kupa galaxií Hubbleova pole

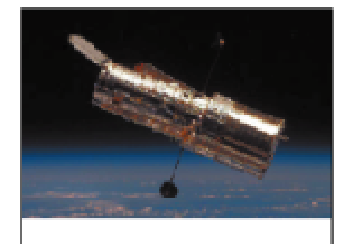
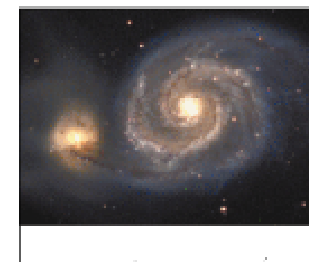
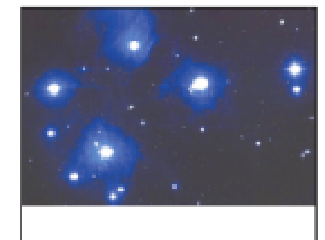
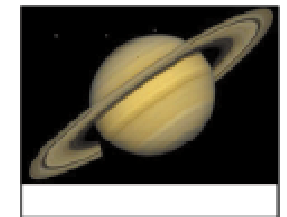
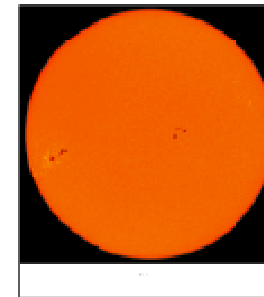
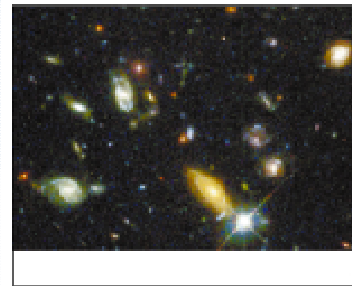
Hubbleův Teleskop

Slunce

Saturn

Plejády

Vírová galaxie



Výsledky

Otázka 1: Jak jsou velcí ?

Správné pořadí pro 7 objektů od nejmenšího k největšímu je:

Teleskop (0,012 km)

Měsíc průměr (3 200 km)

Saturn průměr (121 000 km)

Slunce průměr (1 408 000 km)

Plejády (1×10^{14} kilometers)

Galaxie (1×10^{18} km)

Hubble kupa galaxií průměr (1×10^{21} km)

Otázka 2: Jak jsou vzdálení?

Správné pořadí od objektu nejbližšího Zemi po nejvzdálenější:

Teleskop (560 km)

Měsíc (402 000 km)

Slunce (1.5×10^8 km)

Saturn (1.3×10^9 km)

Plejády (4×10^{15} km)

Galaxie (3×10^{20} km)

Hubble kupa galaxií (5×10^{22} km)

Otázka 3: Jak jsou staří?

Odpovědi, na nichž by se většina astronomů asi shodla:

Teleskop několik let (1990)

Plejády 80 milionů let

Měsíc 4.5 miliard let

Saturn 4.5 miliard let

Sun 4.5 4.5 miliard let

Galaxie 10 miliard let

Hubble kupa galaxií více než 10 miliard let

Na otázku je stanovení správné ho pořadí poněkud nejednoznačné, a je zároveň u řady objektů Vesmíru předmětem současného astronomický výzkumu.

Při řešení této zdánlivě jednoduché otázky, se studenti potýkají s důležitými poznatky formování sluneční soustavy, životní cykly hvězd a vývoje vesmíru!

Název planety: MERKUR

Vzdálenost planety od Země: 80 800 000 km

Vzdálenost planety od Slunce: 58 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 58,6 dní

Teplota povrchu: + 350 stupňů (v noci jen - 170 stupňů)

Název planety: VENUŠE

Vzdálenost planety od Země: 40 400 000 km

Vzdálenost planety od Slunce: 108 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 243 dní

Teplota povrchu: + 480 stupňů

Název planety: ZEMĚ

Vzdálenost planety od Slunce: 150 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 23 hodin, 56 minut

Teplota povrchu: 22,2 stupňů

Počet obíhajících těles: 1 (Měsíc)

Název planety: MARS

Vzdálenost planety od Země: 56 800 000 km

Vzdálenost planety od Slunce: 227 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 24 hodin, 37 minut

Teplota povrchu: - 23 stupňů

Počet obíhajících těles: 2

Název planety: JUPITER

Vzdálenost planety od Země: 591 000 000 km

Vzdálenost planety od Slunce: 778 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 9 hodin, 50 minut

Teplota povrchu: - 150 stupňů

Počet obíhajících těles: 16

Název planety: SATURN

Vzdálenost planety od Země: 1 198 000 000 km

Vzdálenost planety od Slunce: 1 427 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 10 hodin, 14 minut

Teplota povrchu: - 182 stupňů

Počet obíhajících těles: 19

Název planety: URAN

Vzdálenost planety od Země: 2 585 000 000 km

Vzdálenost planety od Slunce: 2 869 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 16 hodin, 10 minut

Teplota povrchu: - 210 stupňů

Počet obíhajících těles: 5

Název planety: NEPTUN

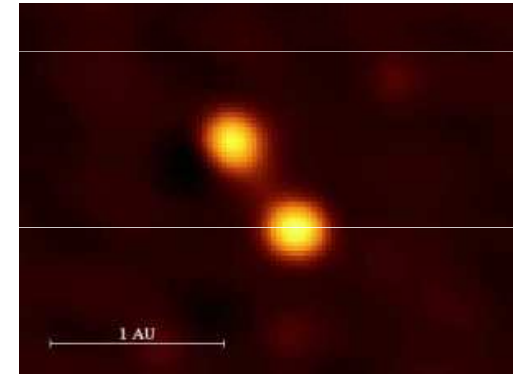
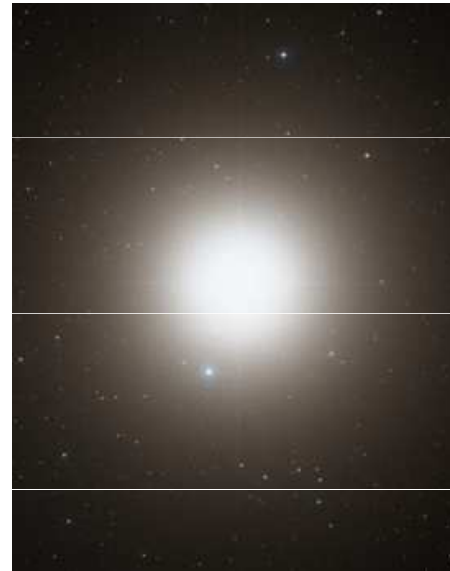
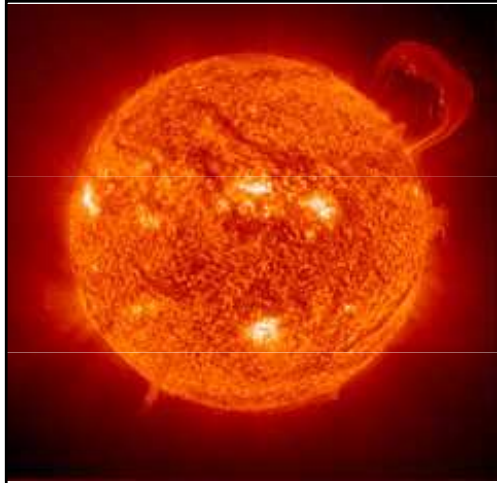
Vzdálenost planety od Země: 4 308 000 000 km

Vzdálenost planety od Slunce: 4 497 000 000 km

Doba otočení kolem své vlastní osy: 18 hodin, 26 minut

Teplota povrchu: - 220 stupňů

Počet obíhajících těles: 2



Capella A and B

Arcturus



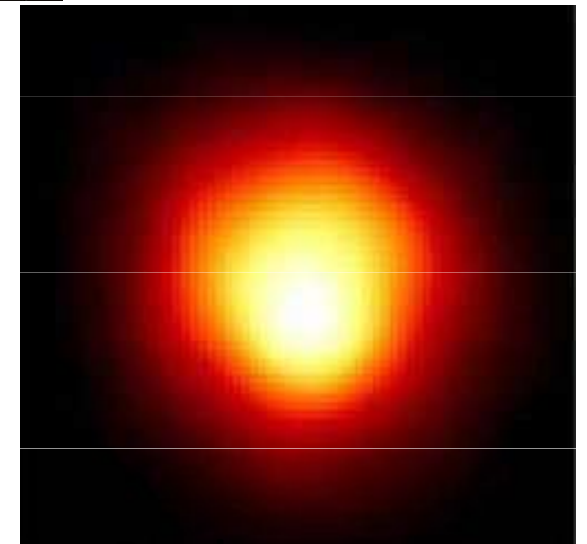
Sírius



Alfa Centauri



Vega



Betelgeuze