

KAM SPĚJE ASTRONOMIE?

(V perspektivě 10 - 20 let)

Jiří GRYGAR

Učená společnost ČR

JAK LZE PŘEDVÍDAT BUDOUCNOST?

- Vnitřnosti zvířat ?????
- Kávová sedlina ???
- Křišťálová koule ??
- Astrologie ?

*„Předvídání je neobyčejně obtížné,
zvláště pak, jde-li o budoucnost.“*

Samuel Goldwyn (MGM, Hollywood)

Jediná trochu nadějná cesta:

Poučení z krizového vývoje z minulosti

PŘÍNOS XX. STOLETÍ

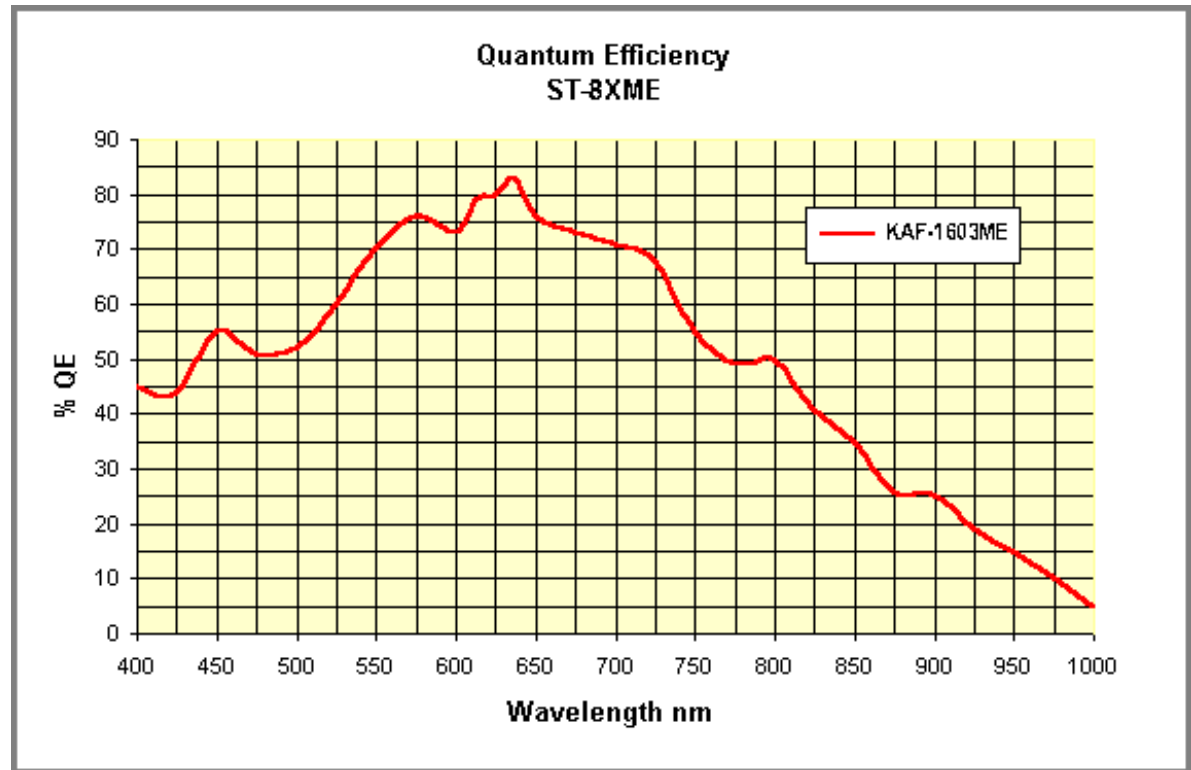
Reflektory místo refraktorů: Průměr optiky vzrostl z 1 m na desetinásobek



Úhrnná plocha:
1950 – 50 m²
2001 – 1000 m²

Změna detektorů: lidské oko – fotografická emulze – fotočlánky a fotonásobiče – matice CCD: integrační schopnost + větší dynamický rozsah + citlivost

fotonásobič



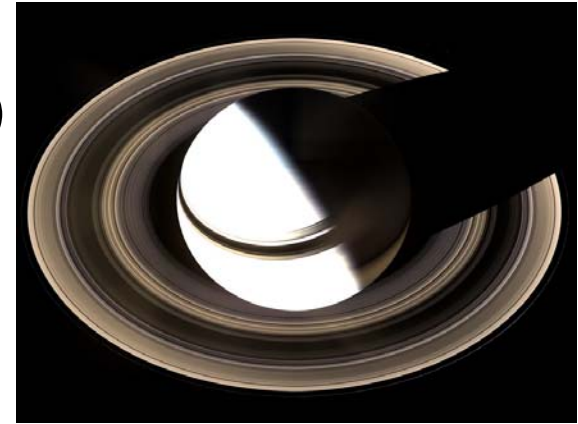
Závislost kvantové účinnosti matice CCD na vln. délce

Umělé družice a kosmické sondy (Hubbleův kosmický teleskop): vliv atmosféry odstraněn, měření *in situ*

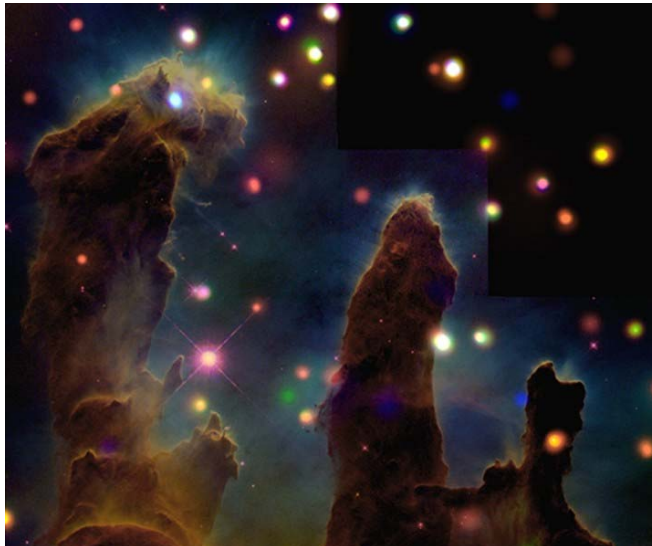
HST



SATURN
(Cassini)



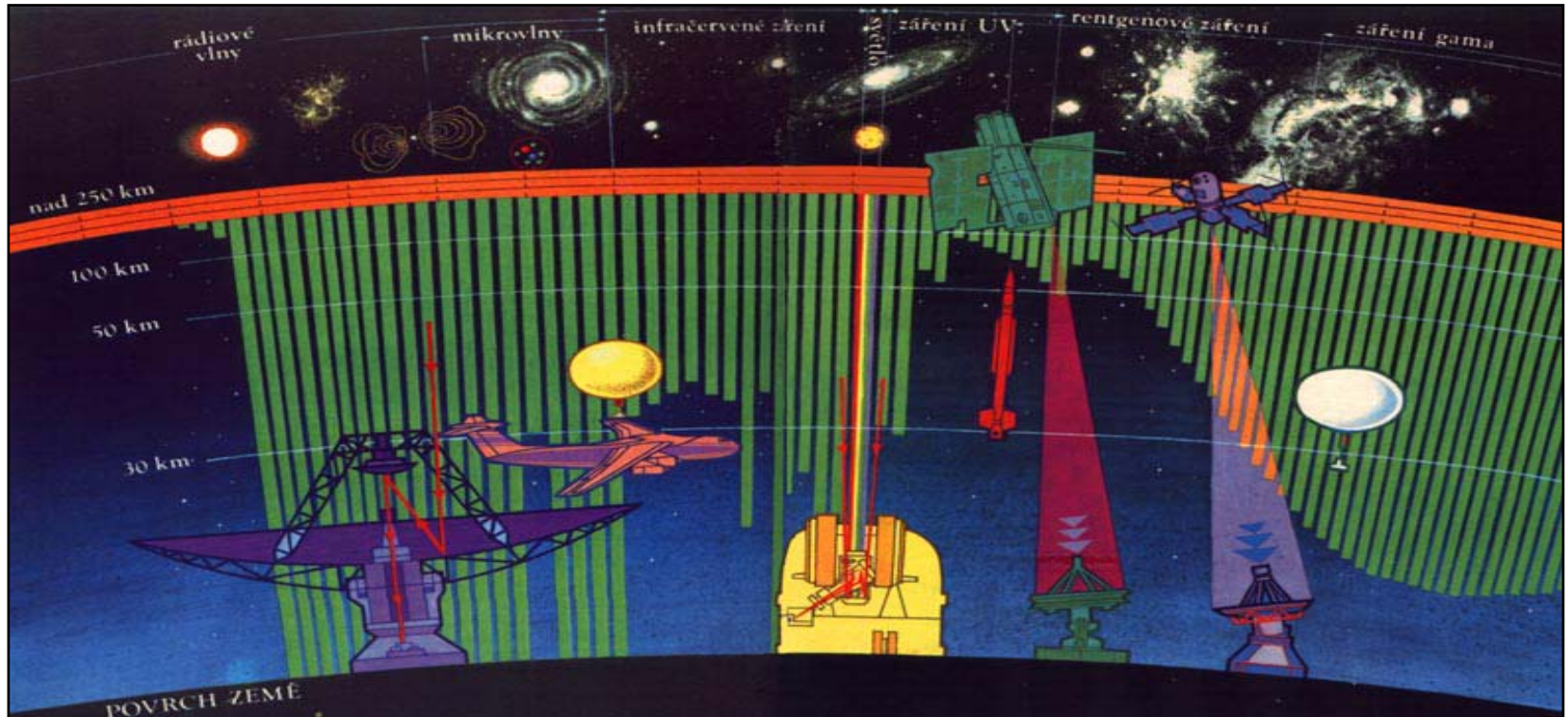
„Sloupy
stvoření“



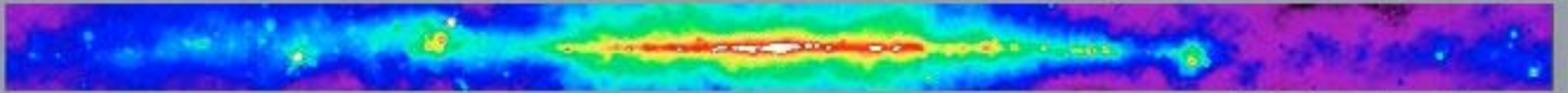
Gravitační čočka



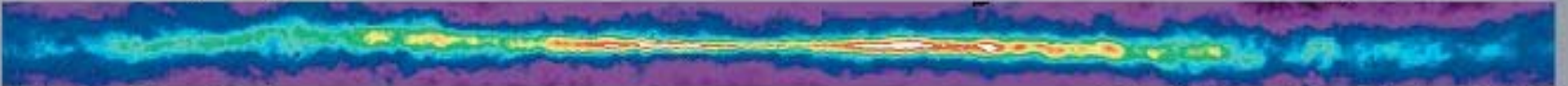
Původně užouký optický obor
s poměrem vlnových délek **1:2**
(fialová/červená) se rozšířil na celé
elektromagnetické spektrum
(rádio/gama) s rozsahem
1:10²⁴ !!



Radio Continuum **Rádio (Galaxie)** 408 MHz Bonn, Jodrell Bank, & Parkes



Atomic Hydrogen **Mezihvězdný H I** 21 cm Dickey-Lockman



Molecular Hydrogen **Molekulární H** 115 GHz Columbia-GISS



Infrared **Mezihvězdný prach** 12, 60, 100 μm IRAS



Near Infrared **Chladný plyn a hvězdy** 1.25, 2.2, 3.5 μm COBE/DIRBE



Optical **Teplé hvězdy a plyn** Laustsen et al. Photomosaic



X-Ray **Horký plyn a hvězdy** 0.25, 0.75, 1.5 keV ROSAT/PSPC



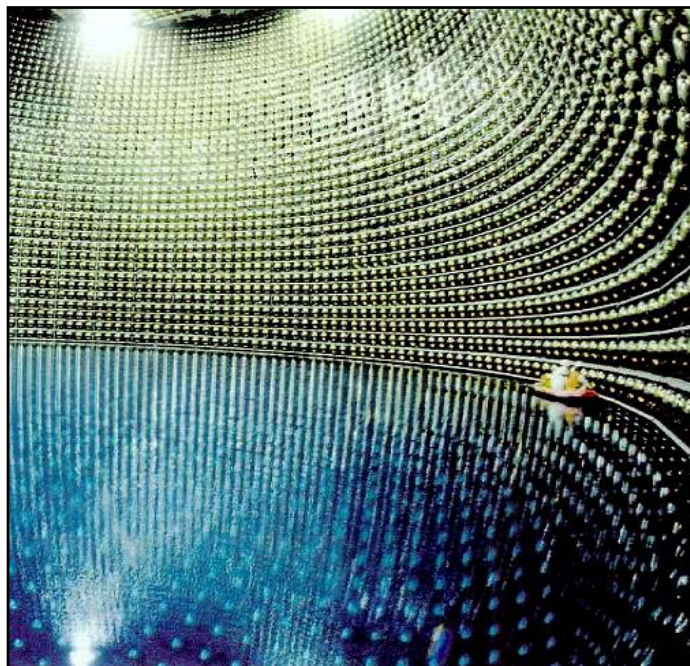
Gamma Ray **Netepelné zdroje záření** >100 MeV CGRO/EGRET



- **Nová patra vesmírné rozhledny:**
neutrína ze Slunce a ze supernovy 1987A (VMM)
kosmické záření (elektricky nabitě částice a jádra)



HOMESTAKE, S.D.



SUPERKAMIOKANDE



Pierre Auger Observatory

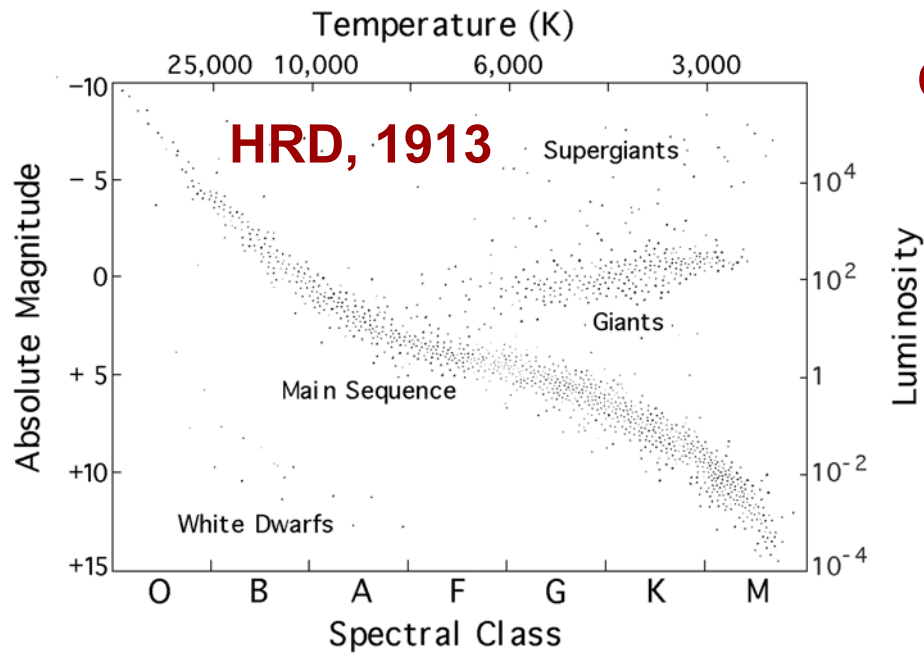
- **Možnosti výpočetní techniky:** mechanické kalkulačky –
děroštitkové stroje – sálové počítače – PC - internet

VÝSLEDKY XX. STOLETÍ

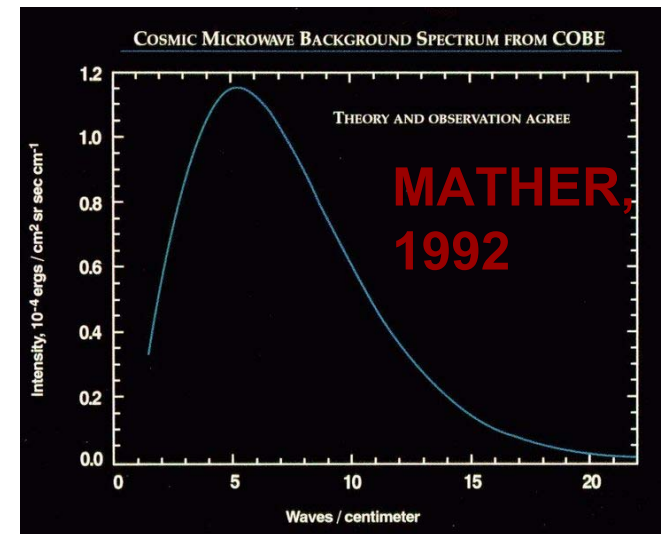
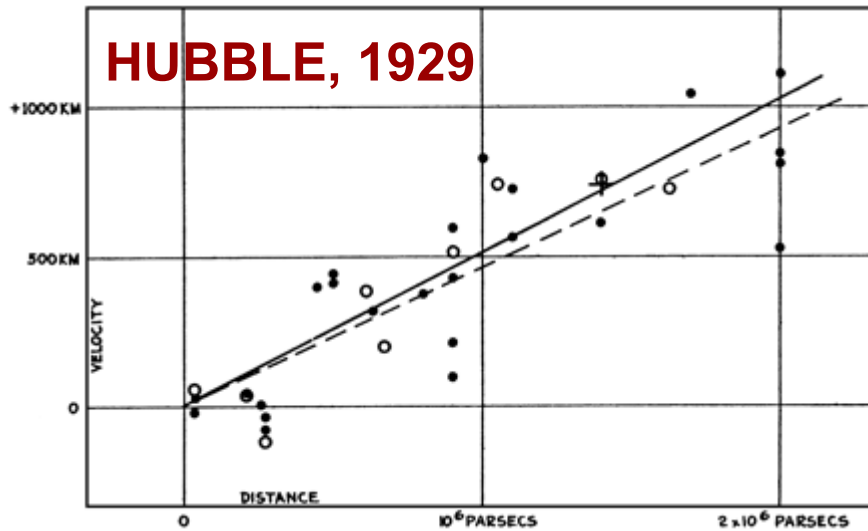
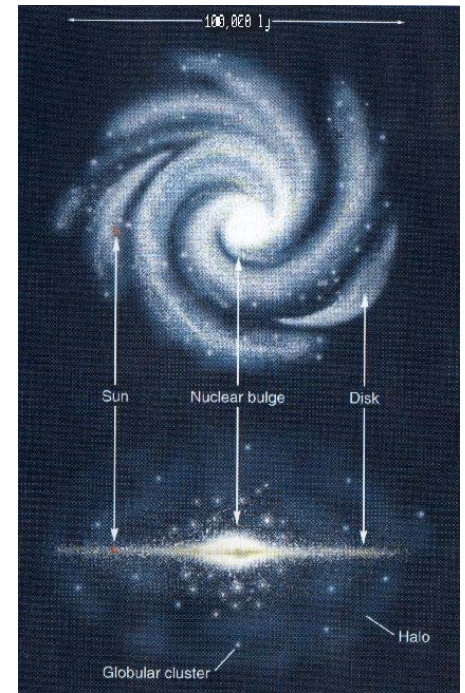
- **VÝVOJ HVĚZD:** Termonukleární reakce – obři a veleobři – gravitační hroucení – novy – supernovy – bílí trpaslíci – neutronové hvězdy – magnetary – hvězdné černé díry
- **GALAXIE – HVĚZDNÉ OSTROVY:** Vzdálenosti, rozměry, rotace, struktura, dynamika, mezihvězdné prostředí
- **KOSMOGONIE SLUNEČNÍ SOUSTAVY:** Vznik Slunce, planet a jejich průvodců, planetek, komet. Dráhový chaos
- **KOSMOLOGIE:** Soustavy galaxií, kvasary, rozpínání a chemické složení vesmíru, kosmické a reliktní záření

NOVÉ POJMY

KVASARY, PULSARY, KOLAPSARY, ČERNÉ DÍRY A VELEDÍRY, ZÁBLESKOVÉ ZDROJE ZÁŘENÍ GAMA, SKRYTÁ HMOTA, GRAVITAČNÍ ČOČKY, EXOPLANETY



OORT, 1928



ESO – současnost a budoucnost

(570 zaměstnanců: Garching (SRN), Santiago, Antofagasta)

1999-2002 VLT (Cerro Paranal; 2635 m, 25° j.š., 70° z.d.):
4 x 8,2 m zrcadla (ekvivalent \varnothing 16 m !) – 350 M€





2007 Česko - 13. členská země ESO (Belgie, Dánsko, Finsko, Francie, Holandsko, Itálie, Německo, Portugalsko, Španělsko, Švédsko, Švýcarsko, Velká Británie) + Chile

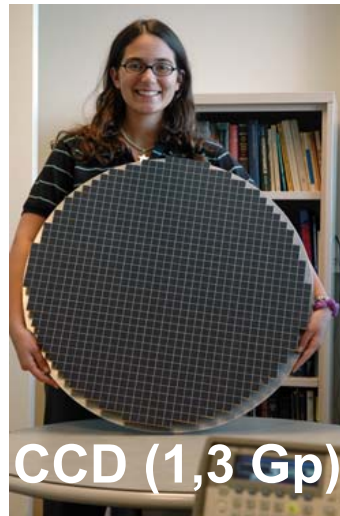
2003-2012 ALMA: soustava > 50 radioteleskopů \varnothing 12 m pro submilimetrové pásmo v *Llano de Chajnantor* (východně od *San Pedro*, poušť Atacama; 5000 m n.m.) ve spolupráci s Japonskem, USA, Kanadou a Tajvanem (650 mil. €)

1996-2006-2016? E-ELT: skládané ~ 40 m zrcadlo, 1 mld. €

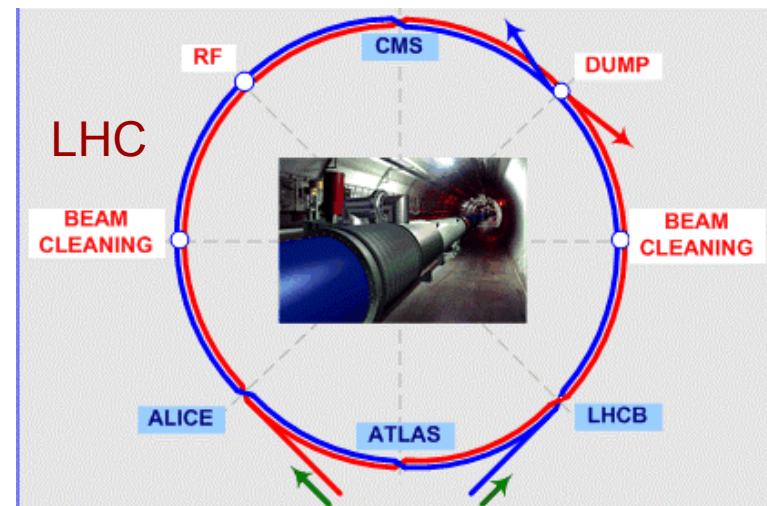
CO LZE PŘEDVÍDAT?

FINANCE: Astronomie jako „velká věda“: HST ~ 5 G\$:
od financování do realizace cca 15 let

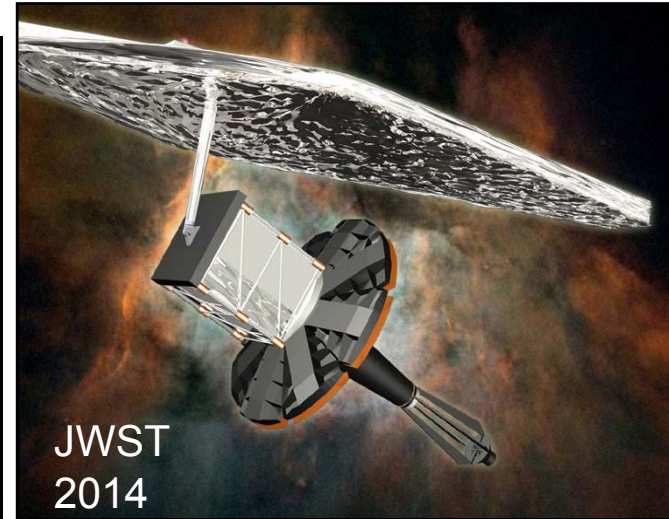
- **POZEMNÍ PROJEKTY:** Optické interferometry se základnami do 200 m; složená zrcadla (voštiny) do \varnothing 40 m; synoptické přehlídky oblohy; obří radioastronomické soustavy až 1 km², astronomie v Antarktidě a v poušti Atacama; záření gama (HESS, MAGIC) a kosmické (Pierre Auger)



- **POD/NAD ZEMNÍ ASTRONOMIE:** Mimosluneční neutrina – IceCube (270 M\$) aj.; gravitační vlny – LIGO (365 M\$) aj.; urychlovač **LHC** (3 G\$); B-747 (SOFIA, 500 M\$); balóny LDF



KOSMICKÁ ASTRONOMIE: Mars, Merkur, Venuše, Pluto-Charon, komety, extrasolární planety, astrometrie GAIA, infračervený JWST: 6,5 m



PROPOJENÍ POČÍTAČŮ: GRID – přírůstky 15 PB/rok!



SDÍLENÉ POČÍTÁNÍ: viz (*SETI at Home*)

DIGITALIZACE ARCHIVŮ:

fotografické snímky oblohy od konce XIX. stol.

spektroskopie od počátku XX. stol.

fotografické atlasy oblohy

EXTRÉMNĚ VELKÉ OBJEMY DAT

- **SOUČASNÉ ARCHIVY:** >100 TB; (Genom ~ 0,01 TB)
- **VIRTUÁLNÍ OBSERVATOŘE:** Veškerá data o daném objektu v kompatibilním formátu (cca 100 M\$)
- **DIGITALIZACE ANALOGOVÝCH DAT:**
1,6 mil. fotografií; 1 mil. spekter (cca 20 M\$)

SYMBIÓZA ASTRONOMIE A ČÁSTICOVÉ FYZIKY

Urychlovač LHC: stav hmoty ~ 10^{-22} s po velkém třesku

CO SE ASI PODAŘÍ OBJEVIT?*

*(bez záruky)

- **SLUNEČNÍ SOUSTAVA:** Tekutá voda mimo Zemi; vnitřní stavba Merkuru, Venuše a Marsu; rizikové planety $\varnothing > 1\text{km}$; příčina vysoké teploty sluneční koróny, nové údaje o Plutu
- **HVĚZDNÝ VESMÍR:** trigonometrické vzdálenosti hvězd do 50 tis. sv. let; desítky tisíc exoplanet a hnědých trpaslíků; výbuch supernovy v naší Galaxii; vzácné jevy; gravitační vlny; zdroje mimoslunečních neutrin, povaha zábleskových zdrojů záření gama a diskrétních zdrojů kosmického záření
- **KOSMOLOGIE:** Vývoj vesmíru v čase 400 tis. ÷ 200 mil. roků po velkém třesku (šerověk vesmíru); povaha skryté látky (*dark matter*); vývoj galaxií a vztah k černým veledírám; povaha vesmírné pralátky (kvarkové-gluonové plasma)

VELKÉ OTEVŘENÉ PROBLÉMY

- Arogantní astronomie: **73%** skrytá energie; **23%** skrytá látka; **4%** baryony (vidíme jen 1/2 baryonů)
- Podstata skryté energie (*dark energy*)
- Reliktní neutrina
- Přímá detekce gravitačního záření (vln)
- Důkaz existence života mimozemského původu
- Původ kosmického záření s energiemi > 10 PeV
- Podstata a struktura skryté látky (*dark matter*)
- Má vesmír singularity a fázové přechody?

TO NEJZAJÍMAVĚJŠÍ JE POD POKLIČKOU

1888 – Simon Newcomb : „*Pravděpodobně se blížíme mezím toho, co všechno můžeme vědět o astronomii.*“

1949 – Inaugurace 5 m palomarského reflektoru:

Novináři: „*Co očekáváte, že objevíte tímto největším dalekohledem světa?*“

Edwin Hubble (1889-1953):

„*Očekáváme, že objevíme něco, co jsme neočekávali.*“

1970 – Viktor A. Ambarcumjan (1908-1996):

„*Ty nejvýznamnější objevy nelze předvídat. Protože kdybychom je uměli předpovědět, tak to nebudou ty nejvýznamnější objevy.*“

1978 – Martin Harwit (1933):

„*Zlepšení některého technického parametru zařízení o řád přináší zákonitě nové objevy.*“



16.5.2007

Kam spěje astronomie?

21