



Astronomie lidem

Miloslav Zejda,
Ústav teoretické fyziky a astrofyziky MU

Astronomie a základní výzkum

Oficiální metodika dle OECD:

1) **Základní (badatelský) výzkum** - experimentální nebo teoretické práce, které jsou v první řadě zaměřeny na získávání nových poznatků o nejzákladnějších příčinách jevů (fenoménů) a pozorovatelných skutečností, aniž by se však zabývaly otázkami užití a vyžití těchto poznatků.

prof. Antonín Holý



2) **Aplikovaný (cílený) výzkum** - experimentální a teoretické práce k získání nových poznatků, ale zcela jednoznačně zaměřených na specifické, konkrétní předem stanovené cíle využití.

Michael Faraday – objev elektromagnetické indukce (1831);
tehdejší premiér a ministr financí William Gladstone:

„K čemu je to dobré“?

Faraday: „Ještě nevím, ale určitě to brzy můžete zdanit.“



A co astronomie? Je to praktická věda?

Oblasti transferu vědomostí z astronomie

- Vzdělávání a popularizace vědy
- Čas a kalendář
- Navigace, GPS
- Přenos dat, wi-fi
- Zobrazovací technika, CCD, CMOS
- Život na Zemi a nebezpečí z kosmu
- Lékařství
- Technologie
- Mezinárodní spolupráce

Vzdělávání a popularizace vědy

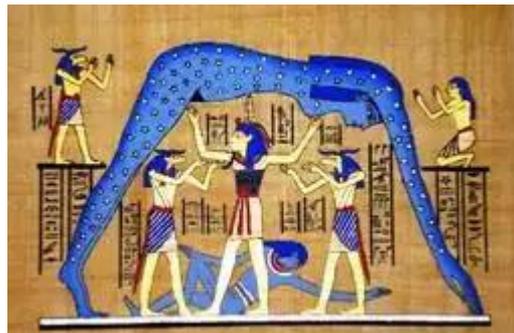
Astronomie – zdroj vytváření světonázoru v různých kulturách

podoba našeho světa, jeho stvoření a místo člověka a Země

věčné otázky: **Kdo jsme? Kde jsme se tu vzali? Kde se vzal náš vesmír? Jak vznikl?**

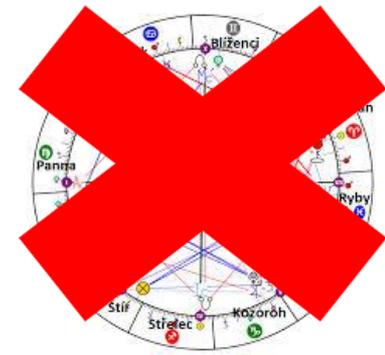
– vycházelo se z pozorování objektů na denní i noční obloze

Nebeská tělesa = božstva

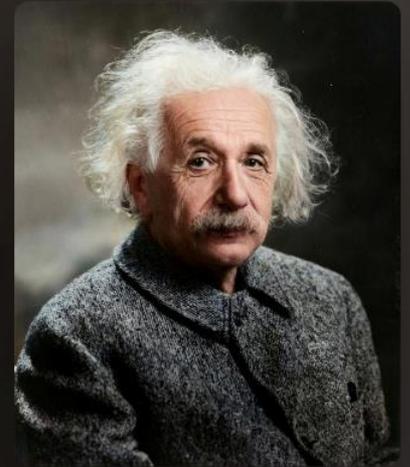


ale

- astronomická pozorování pomáhala vytvářet (nejen božské) modely světa a jeho uspořádání
- posouvá se hranice modelování – od Země, přes Sluneční soustavu, okolní vesmír, až po vesmír jako celek
- víme hodně, ale otázky zůstávají a objevují se nové
- spojení člověka a hvězd – astrální vliv
jsme „děti hvězd“, atomy v našem těle byly součástí hvězd



Pouze dvě věci jsou
nekonečné. Vesmír a lidská
hloupost. U té první si tím
však nejsem tak jist.



Albert Einstein

německo-americký fyzik, autor teorie relativity

Astronomie – výsadní postavení mezi vědami

Astronomové mezi nejznámějšími vědci - Carl Sagan – Cosmos (TV), knihy
Stephen Hawking – řada bestsellerů



Jiří Grygar - Okna vesmíru dokořán (TV) - 80. léta 20. st., Žeň objevů



Popularizátoři vědy – zejména astronomie; velké příběhy, nesmírné dálky, obrovský svět,
vizuálně nádherné

Zapojení dětí, mládeže, amatérů

- program pozorování zákrytových dvojhvězd - od 60. let 20. století - téměř jeden a půl tisíce zejména mladých lidí, studentů; vědecká výchova
- demonstrátoři lidových hvězdáren
- americká Národní rada pro výzkum - žáci, kteří se na základní nebo střední škole zapojí do vzdělávacích aktivit souvisejících s astronomií -> kariéra ve vědě a technice
- Pro-Am projekty občanské vědy

Čas a kalendář



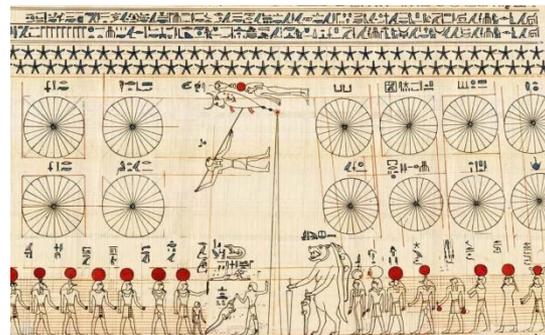
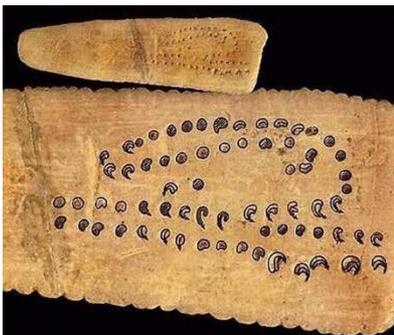
První měření času:

- z opakování astronomických úkazů, např. ohraničení dne západu a východy Slunce, poloha Velkého vozu na obloze
 - sluneční (měsíční) hodiny
- Výchozí bylo otáčení Země kolem své osy



Nutnost předpovídat období záplav a později kvůli daním => vznik kalendáře

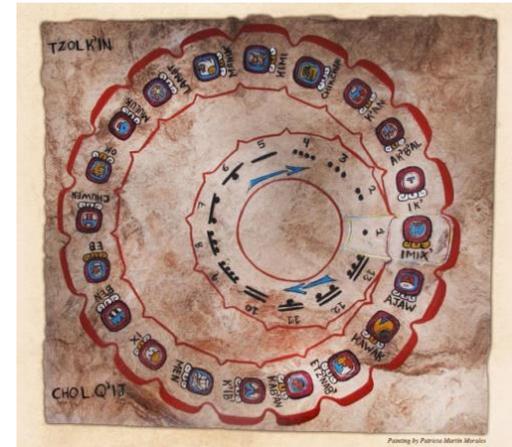
- lunární – nejstarší; spojený s fázemi Měsíce
- solární – rozdělený rovnídennostmi a slunovraty
- lunisolární - většina současných kalendářů



2023	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	W	T	F	S	S	M	T	2023																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
January	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	January																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
February	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	February																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
March	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	March																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
April	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	April																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
May	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	

Čas a kalendář

Nejpropracovanější kalendář – mayský kalendář
řada cyklů, nejdelší 5119 let;
2012 – konec 52letého a 400letého cyklu,
nikoli konec světa!

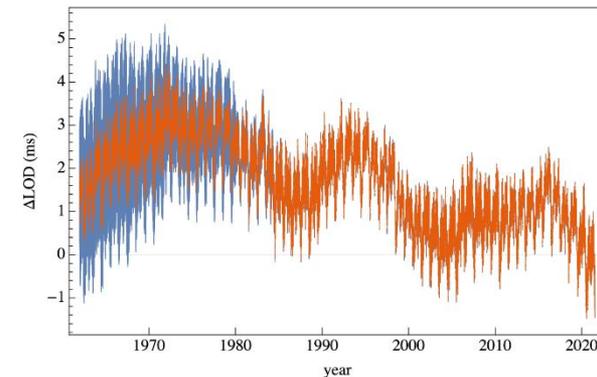


Čas a kalendář - nejčastěji zmiňovaný dar astronomie lidské společnosti

Dnes měření času a časový standard – atomové hodiny
měření času nejpřesnějším fyzikálním měřením (odchylka 1 s za 32 miliard let)

ale

pro GPS nutná synchronizace s pohyby Země (rotace i oběh)
– měření vůči kvasarům
astronomové dávali podnět i přestupné sekundě
(při rozdílu mezi atomovým časem a časem odvozeným
z rotace > 0.9 s)



nejkratší sledované astronomické jevy – např. pulsary na škálách zlomků sekund

Navigace

Orientace námořníků podle hvězd



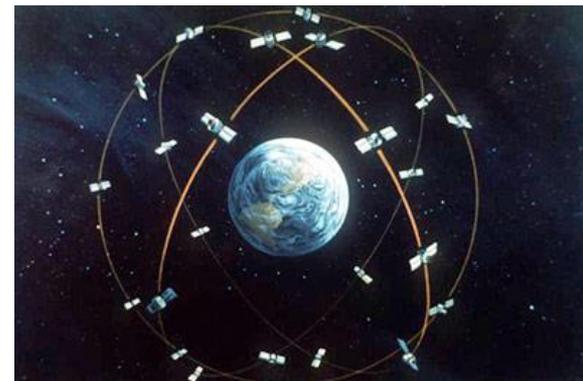
Určování polohy na moři

- zem. šířka – kamal, Jakubova hůl
- zem. délka – problém času, vyřešeno až v 18. st. – Harrisonův chronometr

Dnes – Globální polohovací systém (GPS)

určení polohy s přesností na metry

co s tím má astronomie společného?



- potřebujeme obecnou teorii relativity – bez ní by byla chyba určení polohy řádově až 10 km, OTR - ověřena s pomocí astronomických pozorování
- měření přesných pozic hvězd – dnes zejména družice GAIA

Orientace a pozice satelitů – vůči hvězdám => **bez astronomie by to nešlo!**

GPS

GPS (obecný název), ale i označení amerického systému – původně Navstar GPS
Dnes různé systémy – evropský Galileo, ruský GLONASS, čínský BeiDou ...

Moderní přístroje, mobilní telefony – kombinace družic různých systémů - **nejběžnější užití pro běžného člověka**

Nezbytné jsou přesné pozice hvězd => přesná orientace satelitů



Satelity – široká škála užití – telekomunikace, televizní a rozhlasové vysílání, internet, bankovníctví, meteorologie, monitoring životního prostředí (stav vegetace, znečištění, lesní požáry, oceány...), špionáž, výzkum (astronomie, archeologie, geologie ...)



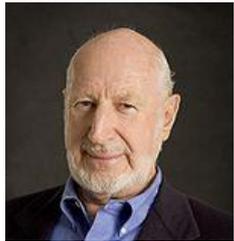
Přenos dat, wi-fi



mobilní komunikace

- lokalizace pomocí GPS
- spojení mobilního telefonu s okolím
 - rádiový signál sítě mobilního operátora na frekvencích kolem 1 GHz
 - bezdrátová síť Wi-Fi

Internet – projekt agentury US ministerstva obrany (D)ARPA
1969 počítačová síť ARPANET - pc na 4 US univerzitách
1973 40 počítačů v USA, v Norsku, Velké Británii
na Havaji – připojení observatoře v horách



Normal Abramson a jeho tým – bezdrátová síť ALOHAnet – 1. připojení k síti prostřednictvím satelitu

1977 Hamaker, O'Sullivan a Noordam - článek *Ostrost obrazu, Fourierova optika a interferometrie s redundantními mezerami*



90. léta **O'Sullivan** - vedoucí týmu na australském CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) – vývoj techniky pro snížení rušení rádiových signálů přenášených v počítačových sítích (v r. 1996 patent) => **WLAN** (Wireless Local Area Network) - bezdrátová počítačová síť a standard IEEE 802.11 (modulace pro posílání rádiového signálu)

Zobrazovací technika, CCD, CMOS

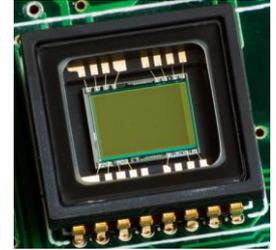
1969 Willard Boyle a George E. Smith - nový typ paměťového registru CCD (charge-couple device, nábojově vázaný prvek) (2009 Nobelovu cenu za fyziku)



základní světlocitlivý prvek poskytující elektrický signál - křemíková fotodioda
hlavní využití – obrazový snímač

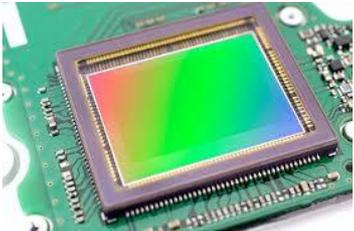
1975 - první digitální fotoaparát - rozlišení 0,01 megapixelu (100 x 100 px)

1976 – poprvé využito v astronomii



v 90. letech masivní rozšíření – dostupná technika i pro amatéry => revoluce v astronomii (množství fotometrických dat, astrofotografie)

použití ve všech snímacích zařízeních (digitální fotoaparáty, kamery, skenery....)

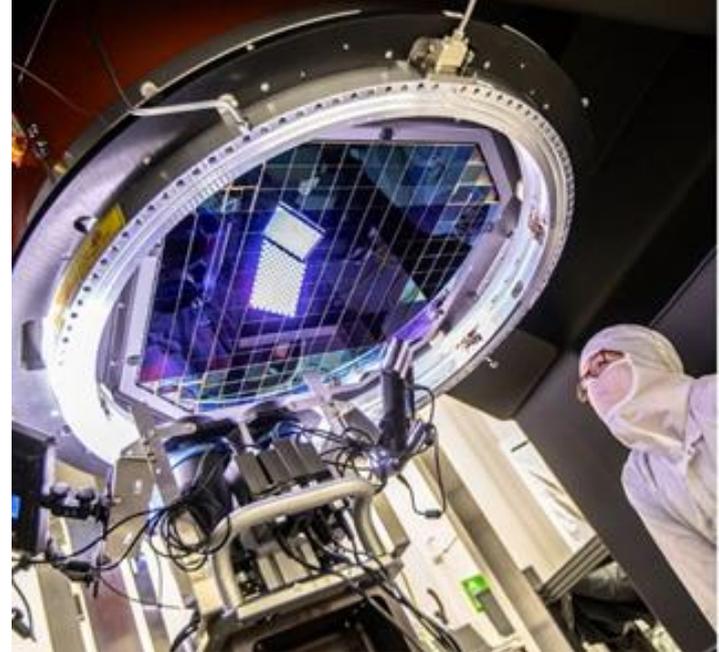
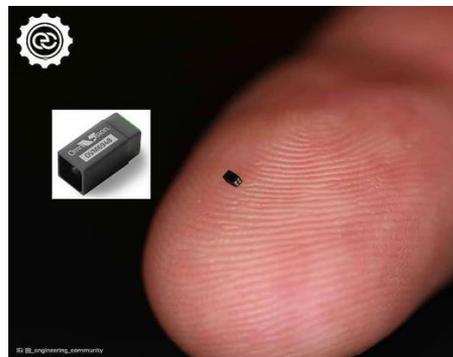


současnost – obrazový snímač CMOS na principu unipolárních tranzistorů - světlocitlivý prvek také křemíková fotodioda, ale jiný způsob přenosu signálu ven ze snímače (původně také nebyl zamýšlen jako obrazový snímač)



Fotoaparáty

První 100x100 px (0.01 Mpx), dnes v mobilech i 100 Mpx
největší astronomická CCD kamera dokonce 3200 Mpx!
nejmenší kamera 200x200 px, ale jen 0.575x0.575 mm!



Užití - špionážní technika,
- v medicíně při vyšetřeních nebo operacích
tzv. eyeborgové - lidé s kamerou na místě oka



- biologie – kamery na živočiších, sledování jejich života v přirozeném prostředí

Software na zpracování obrazu

IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) – na Národní optické astronomické observatoři (NOAO)
pro zpracování fotometrických i spektroskopických pozorování
jiné užití IRAFu: např. u AT&T - IRAF pro analýzu počítačových systémů
a grafiku ve fyzice pevných látek

VISAR (Video Image Stabilization and Registration) - stabilizace obrazu videa při pohybu kamery

Uplatnění – aplikace pro stabilizaci obrazu
v mobilních platformách, domácích videích;
robotické systémy, letadla, kosmické lodě,
kriminalistika

Jiné aplikace založené na pozorování hvězd
a modelech hvězdných atmosfér

Příklady užití:

- k odlišení obláčků raketových zplodin od kosmických objektů
- použití v systémech včasného varování

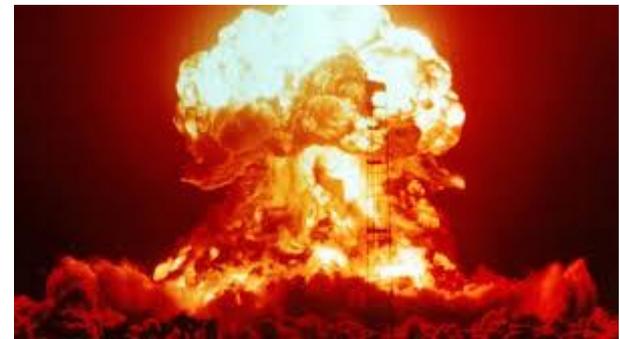


Sluneční clona pro fotonový čítač - umožňuje měření částic světla i během dne, aniž by bylo zahlceno částicemi přicházejícími ze Slunce

- užití: - detekce ultrafialových fotonů z trysek raket
- detekci toxických plynů

Život na Zemi a nebezpečí z kosmu

otázka další existence lidstva
globální vojenský konflikt,
poškození biosféry, klimatické změny



ochrana prostředí přímo na Zemi

- Venuše – skleníkový efekt - povrchová teplota +500 °C, obrovský tlak, mraky s H_2SO_4 ...
Země - ozónová vrstva – omezování skleníkových plynů, prachových částic příliš pomalé
=> oteplování, mohutné bouře, záplavy, vzestup mořské hladiny
- zdroj čisté energie - jaderná fúze, syntéza 4 atomy H -> atom He - v centru hvězd
- světelné znečištění – vadí to jen hrstce astronomů – omyl!
 - narušení biorytmu organismů, => vadí to lidem, živočichům i rostlinám
 - plýtvání energií za nemalé peníze

Slunce - životodárné, ale i nebezpečné

Sluneční erupce – vyvržení proudu nabitých částic



1859 Carringtonova událost – geomg. bouře - polární záře i ve velmi malých zeměpisných šířkách

Moderní doba – pokud zasáhne Zemi proud nabitých částic => vliv na elektronická zařízení na družicích nebo kosmických stanicích, ale i na Zemi! => nebezpečí pro astronauty a vše, co využívá družic
na Zemi poruchy spojení, přetížení rozvodní soustavy => výpadky elektrického proudu

1989 kolaps elektrické rozvodné sítě v kanadském Quebecu

2024 slabší geomg. bouře => intenzivní polární záře v Česku na jaře roku 2024



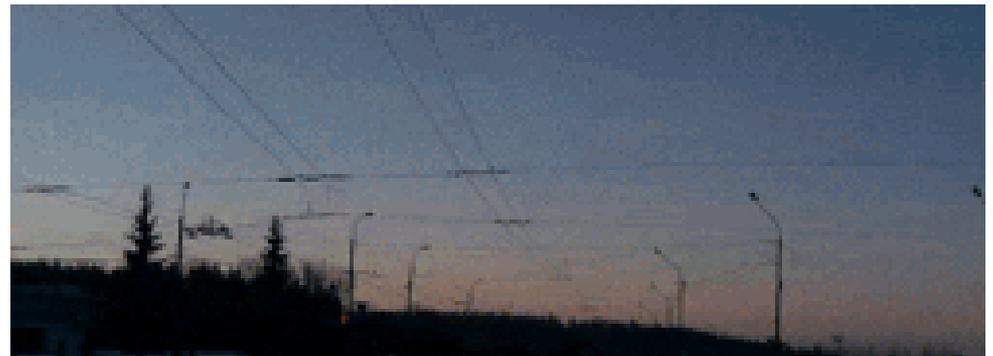
kosmické počasí

Zásah z kosmu - srážka Země s nějakou kometou nebo asteroidem

nutnost objevu možného projektu dostatečně dopředu



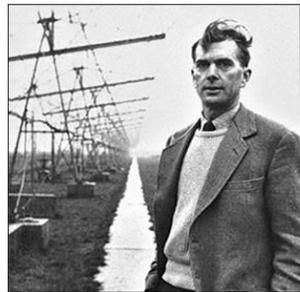
2013 Čeljabinsk – nevědělo se o něm před vstupem do atmosféry, následován dalším tělesem (27 000 km od Země)



Lékařství

V čem jsou si astronomie a lékařství podobné?

potřeba zkoumat bez dotyku - v astronomii – vše moc daleko, v medicíně nepřístupné uvnitř těla => obě disciplíny vyžadují přesné, detailní obrázky s vysokým rozlišením



přenos znalostí z astronomie do medicíny - užití metody aperturní syntézy

sir Martin Ryle - průkopník rádiové interferometrie; aperturní syntéza = skládání signálu z několika antén => výsledek jako bychom pozorovali jen 1 velkou anténou

využití v lékařských diagnostických přístrojích - například počítačové tomografie, magnetické rezonance, pozitronové emisní tomografie

využití konstrukčních prvků původně pro astronomické přístroje (pozemské i družicové observatoře vysokých energií) => po malé modifikaci například pro léčbu nádorových onemocnění – přesné zamíření proudu vysokoenergetických částic na nádor bez poškození okolní tkáně

Příklady transferu astronomických znalostí do medicíny:

Vyšetření:

- nukleární magnetická rezonance - s nízkou intenzitou magnetického pole pro skenování lidského těla, zejména mozku
- neinvazivní metoda pro odhalení nádorů (prsu) – díky radioastronomům
- nízkoenergetický rentgenový skener (NASA) – dnes pro ambulantní pacienty chirurgie, při sportovních úrazech nebo na klinikách třetího světa. Americký Úřad pro potraviny a léčiva (FDA) s jeho pomocí zkoumal případnou kontaminaci pilulek
- adaptivní optika dalekohledů – užití pro zobrazení sítnice žijících pacientů ke studiu nemocí jako makulární degenerace a pigmentová retinopatie v jejich raných fázích
- analýza krevních vzorků na leukémii – pomocí zařízení pro automatické skenování fotografických desek (Cambridge Automatic Plate Measuring Facility) – spolupráce Astronomického ústavu v britské Cambridge (IAC) a farmaceutickou společností

Přístroje:

- malé tepelné senzory k ovládní teplot u přístrojů připojených k dalekohledům – ovládní vytápění na neonatologických jednotkách při péči o novorozence

Software:

- klasifikaci nádorových buněk - algoritmy pro klasifikaci hvězd katalogu družice GAIA
- plošný screening Alzheimerovy choroby - software pro zpracování satelitních snímků (programy AlzTools 3d Slicer)
- astronomický software - IRAF, programovací jazyk IDL (Interactive Data Language)

Lékařství

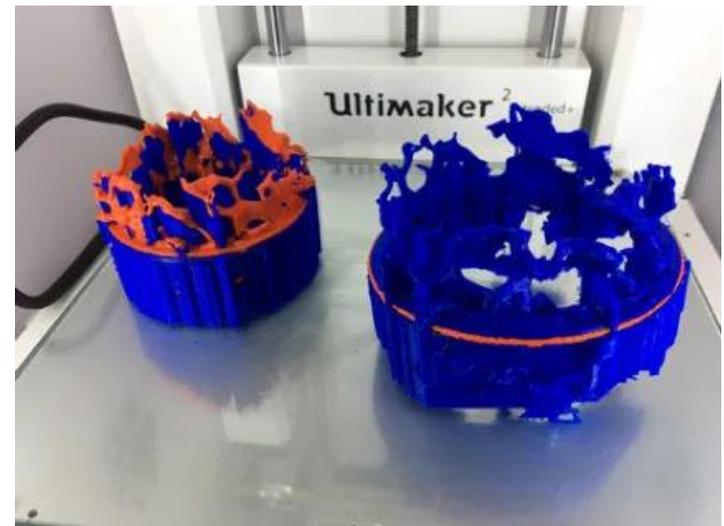
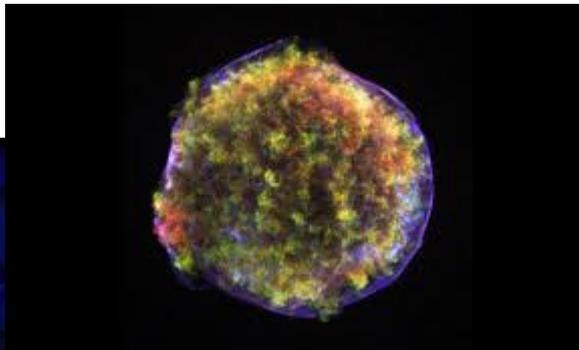
Čisté prostory – nezbytné pro výrobu astronomických družic, zejména vesmírných dalekohledů

Vyvinutá zařízení a postupy pro čisté prostory se nyní používají také v nemocnicích nebo farmaceutických laboratořích



Opačný transfer – z medicíny do astronomie

software vyvinutý původně pro zobrazení lidského mozku => zobrazení zbytků po výbuchu supernovy; je možné vytvořit 3D mapu materiálu ze supernovy, vytisknout její 3D model



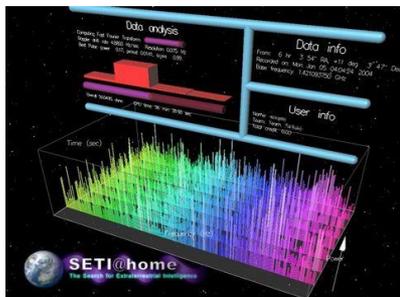
Technologie

Moderní astronomické přístroje
= technologické výzvy



masivní nasazení CCD a CMOS kamer – největší kamera Vera Rubin Observatory (3.2 Gpx)
– 25 TB/den; zpracování v reálném čase => obrovská kapacita úložiště i výpočetní síla
- => obrovské množství dat => vývoj hardwaru a softwaru

SKA (Square Kilometer Array) - 1 EB/den – milion TB (ekvivaletní množství jako v internetu na celém světě!) => IBM & vědci projektu => vývoj 3D DRAM paměti



zpopularizování myšlenky sdílených výpočtů (tzv. grid computing)
– projekt SETI@home 1999-2020, více než 1.5 mil. uživatelů, přes 200 zemí, ČR 12.; inspirace pro jiné obory

software - jazyk IDL:

- Texaco a BP - analýza vzorků z okolí ropných polí i pro obecný výzkum
- General Motors - analýza dat z havarovaných automobilů

Technologie

- ❖ australská společnost Ingenero - sluneční kolektory až do průměru 16 m s využitím grafitového kompozitního materiálu vyvinutého pro družice
- ❖ technika pro detekci gravitačních vln => využita pro určení stability podzemních nádrží na pohonné hmoty
- ❖ technologie navržená pro zobrazování rentgenových paprsků v rentgenových dalekohledech => sledování jaderné fúze
- ❖ rentgenová kontrola (zavazadel) - na letištích - technologie rentgenové observatoře



- ❖ kontrola zavazadel a testy na drogy a výbušniny - plynový chromatograf původně navržený pro misi na Mars (určen pro separaci a analýzu sloučenin)
- ❖ ruční fotometry na kontrolu průhlednosti oken aut – využití policí
- ❖ neinvazivní kontrola vnitřních struktur staveb/historických objektů - spektrometr gama záření původně určený k analýze měsíční půdy se používá (např. pozadí křehkých mozaik v Bazilice svatého Marka v Benátkách)



Mezinárodní spolupráce

vědecké a technologické úspěchy => konkurenční výhoda
(v minulosti izolace např. čínská zeď)
dnes – rychlé šíření, patenty, mezinárodní týmy

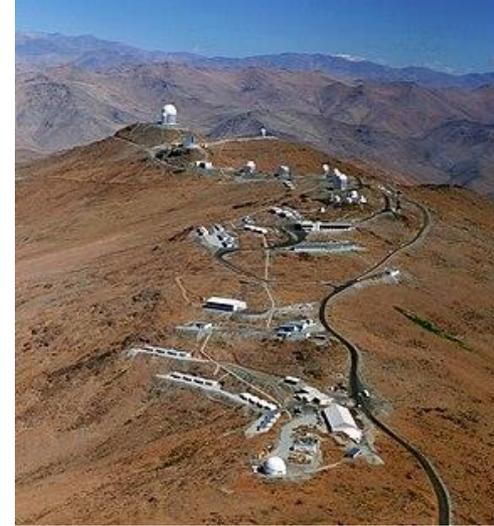
A jak s tím souvisí astronomie?

velké observatoře – nákladné => potřeba spojit úsilí a prostředky; max. využití -
observatoře soustředěny na nejlepších místech (Chile, Havaj, Kanárské ostrovy...)

Evropská jižní observatoř (ESO) od roku 1962 - 16 zemí včetně České republiky.

ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array) - ESO, americká NRAO (National Radio Astronomy Observatory), japonská NAOJ (National Astronomical Observatory of Japan) a Chile

SKA (Square Kilometre Array) - 16 zemí z Evropy, Afriky, Asie a Austrálie



EHT (Event Horizon Telescope) - rádiové observatoře z celého světa
=> 1. snímek supermasivní černé díry v centru galaxie M87
a posléze i v centru naší Galaxie

