

Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity
Ústav teoretické fyziky a astrofyziky

Miloslav Zejda

Astronomie lidem

Skripta – verze 0.01
25. září 2024

Brno 2024

Obsah

Astronomie lidem	2
1 Úvod	3
2 Astronomie – nejstarší věda	4
2.1 Vznik a význam astronomie	4
2.2 Mezníky v dějinách astronomie	7

1 Úvod

1. Astronomie – nejstarší věda Vznik astronomie, její poslání. Proč je starší než literatura nebo matematika? Historické milníky.

2. Čas a kalendář Měření času v minulosti a dnes. Proč vznikl kalendář? Jaké kalendáře se dnes používají?

3. Vesmír kolem nás Jak vypadá okolní vesmír? Od Země, Sluneční soustavy, Galaxie až po velké struktury

4. Astronomické poznatky v běžném životě Technologie wi-fi, počítačová tomografie, družicová navigace, satelitní telefon, internet.

5. Moderní observatoře Jsou největší, nejdražší, nejnáročnější – moderní pozemní observatoře. Nejde jen o kopule s dalekohledem. Astronomické observatoře najdeme i v podzemí. K čemu slouží? Potřebujeme je vůbec?

6. Cesty do vesmíru Průzkum vesmíru pomocí družic a robotů. Je třeba létat do vesmíru? Jaký vliv měl projekt Apollo na lidstvo.

7. Big data Astronomická pozorování, modelové výpočty. Čelíme záplavě dat, ne-toneme?

8. Život ve vesmíru Jsme ve vesmíru sami? Kde a jak hledáme život ve vesmíru?

9. V jakém vesmíru žijeme Postavení člověka v dnešním vesmíru. Kosmologický princip, modely vesmíru.

10. Nebezpečí z kosmu Cesty do kosmu jsou nebezpečné, ale jsme v bezpečí na Zemi. Je Slunce jen dárce života nebo může způsobit i jeho zánik. Střetneme se s projektilem z vesmíru?

2 Astronomie – nejstarší věda

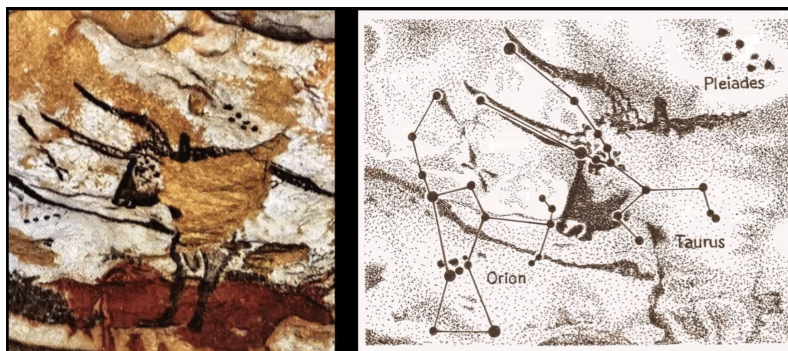
2.1 Vznik a význam astronomie

V dnešní době je obtížné najít místo se skutečně temnou oblohou. Podstatně snáze ji můžete pozorovat v planetáriu. Možná i tam vás pohled na temnou plochu poseitou množstvím zářivých bodů uchvátí, ale stát venku v přírodě pod skutečnou temnou oblohou je nádherný zážitek. Když si navíc uvědomíte, že vlastně hledíte do minulosti, zanechá to v mnohých hluboký dojem. Dnes se takovou krásou můžeme jen kochat, v běžném životě tento pohled už nezužítujeme. V minulosti to však bylo jinak. (Pra)člověk pozoroval denní i noční oblohu a všímal si na ní objektů - Slunce, Měsíce, jasných hvězd. Znalost oblohy, fází Měsíce, střídání ročních období, vytváření kalendářů patřilo k dávné historii lidského rodu. Pozorování oblohy pravděpodobně sloužila nejen k určení období setí a sklizně, ale také ke kultovním a náboženským účelům. Podle polohy Slunce, Měsíce, hvězd bylo možné určovat pravý čas pro významné přírodní svátky jako slavnosti slunovratů.

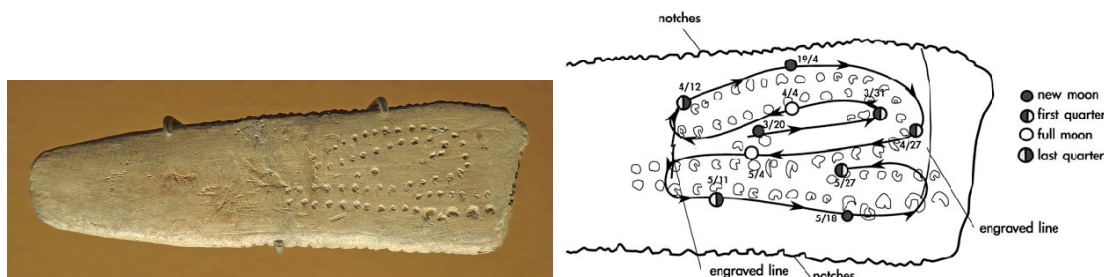


Obrázek 2.1: Pozorování oblohy se (pra)člověk věnoval už v dávných dobách. Zdroj: <http://www.space.com>, José A. Peñas/SINC.

Soubor astronomických znalostí předběhl písmo, matematiku, literaturu o desítky tisíc let! Svědčí o tom nejrůznější artefakty. Asi nejznámější jsou skalní kresby z francouzské jeskyně Lascaux (viz obrázek 2.2) staré přibližně 17 tisíc let. Lze tam rozpoznat zobrazení Plejád, Orionu nebo jinde Velkého letního trojúhelníku z tří jasných hvězd na letní obloze. Ještě starší jsou pak různé sošky nebo výrobky z kostí, kde různí badatelé vidí astronomickou symboliku. Například na Blanchardské kalendářní kosti staré více než 30 tisíc let (viz obrázek 2.3) je snad zaznamenán celý cyklus měsíčních fází. Podobně na rohu, který drží Lausselská Venuše, jsou vrypy, které mají symbolizovat počet měsíců či menstruačních cyklů ženy v jednom roce. Obdobnou symboliku lze nalézt u přírodních národů po celém světě.



Obrázek 2.2: Ukázka skalních kreseb v jeskyni Lascaux, kterou lze považovat za jednu z prvních map části hvězdné oblohy. Zdroj: Účet dr. Hammelové na síti X.



Obrázek 2.3: Vyřezávaná část sobí kosti, která byla nalezena ve skalním úkrytu Blanchard ve Francii. Pravděpodobně nejstarší lunární kalendář. Stáří se odhaduje až na 34 tisíc let. Nákres měsíčních fází. Zdroj: De Smedt, De Cruz, 2011.

Později lidé začali stavět i svatyně, které byly prvními astronomickými observatořemi. Nejstarší z nich je zřejmě svatyně Göbekli Tepe na jihovýchodě dnešního Turecka, která byla postavena v době před 11 tisíci lety, kdy se v oblasti měli pohybovat jen sběrači a lovci. Přesto tam nalezneme známky vyspělé kultury, řemesel a astronomicky orientované stavby (obrázek 2.4). Bližší časem i místem jsou například skotská svatyně Waren Field, stará 8 tisíc let nebo německý kruh v Gosecku z doby 4900-4700 let př.n.l. Podobných megalitických staveb lze najít po Evropě velké množství. Jen připomeneme, že jedna z nich z doby 3500 let př.n.l. ležela i na území České republiky v Makotřasech. Zřejmě nejznámější megalitická stavba, anglické Stonehenge, je o něco mladší. Jeho nejstarší část pochází z doby zhruba 3100 let př.n.l.

Poslední dvě zmíněné stavby pochází z doby, kdy už se objevují v různých kulturách první písemné záznamy. Například v Sumerské říši ve městě Uruk se ve 4. tisíciletí př.n.l. objevily počátky klínového písma. A právě zhruba do doby vzniku prvních písemných památek lidstva se pokládá i „oficiální“ vznik astronomie. Astronomické vědomosti představovaly soubor praktických znalostí, zahrnující určování času, (agronomického, náboženského) kalendáře, orientace na cestách.

Nejstarší záznamy o pozorování vesmírných těles i první astronomické poznatky nacházíme na klínopisných tabulkách Sumerů a Babyloňanů, o něco později i v čínských kronikách. Název celému oboru, ale dal až Platón ve 4. století př.n.l. Použil termín *astronomie* jako složeninu z části *astron* značící hvězdu a *nomos*, což lze přeložit jako počítat nebo zákon. Dnes pod pojmem astronomie rozumíme soubor znalostí o vesmíru, jeho složkách, stavbě, vzniku a vývoji, ale i vědní obor, který se vesmírem zabývá.



Obrázek 2.4: Jedna ze staveb svatyně Göbekli Tepe, Urfa, Turecko. Zdroj: wikipedia.

Znalosti o vesmírných tělesech, respektive jejich polohách, využívá i astrologie. Ve 13. století rozdělil Albertus Magnus obor znalostí o vesmíru a jeho objektech na teoretickou a praktickou část. Zatímco teoretická astronomie zkoumala vesmír na první pohled bez zjevného spojení s běžným životem, z jeho pohledu praktická část oboru – astrologie – ovlivňovala životy lidí, kteří astrologii věřili. V minulosti astrologie ovlivňovala důležitá státnická rozhodnutí a hrála významnou roli. Právě víra, že děje na obloze, konstelace planet, Slunce a Měsíce určují lidský osud a chod dějin, jsou typické pro astrologii. Astrologie byla v minulosti z hlediska vědeckého poznání prospěšná snad pouze tím, že výpočty horoskopů vyvolaly nutnost předvídat polohy hvězd, Slunce, Měsíce a planet na obloze, což přispělo k rozvoji astronomie. S odstupem času můžeme říci, že se Albert Veliký mýlil, ve srovnání s astrologií je astronomie věda praktická a potřebná. S trochou nadsázky můžeme tvrdit, že v těžkých dobách pomohla astrologie i uživit některé astronomy. Jak o ní smýšlel například Johannes Kepler je zřejmé z následujících ukázek:

„Astrologie si nezasluhuje, aby jí člověk věnoval svou pozornost, avšak lidé žijí v klamné představě, že k matematikovi patří.“

„Pravda, astrologie je bláznivá holčička, avšak, milý bože, kampak by se poděla její matka, vysoce rozumná astronomie, kdyby tuto bláznivou dcerku neměla!..., ...A příchmy matematiků jsou ostatně tak ubohé, že by matinka určitě hladověla, kdyby dceruška nic nevydělávala.“

Bohužel i dnes stále najdeme mnoho lidí, kteří věří v bezprostřední spojení osudů lidí a vesmírných těles a horoskopy by zařadili mezi výdobytky astronomie. Lidé si často

pletou astronoma a astrologa¹, i když je mezi nimi zcela zásadní rozdíl. Zatímco astronom pracuje výhradně vědeckými metodami, své výsledky musí ověřovat, podložit průkaznými daty, astrolog využívá i nevědecké postupy. Produktem astrologie jsou horoskopy, které jsou často spíše výsledkem literárního nadání autora než nějaké odborné práce.

Dobrá, astrologie má tedy význam jen pro člověka, který v ní věří nebo si jen rád čte horoskopy. Ale jaký prospěch má člověk z astronomie? Na první pohled by se mohlo zdát, že jde o nepraktickou aktivitu hrstky nadšenců, kteří prostě rádi koukají v noci na hvězdné nebe a dlouze o tom debatují. Přínos astronomie lidstvu je ale zřetelný a jasný, i když si jej možná v této chvíli ještě neuvědomujete. Budeme se mu detailně věnovat později. Astronomie jako jediná věda hledá zákonitosti a popisuje (periodické) děje na obloze. Její význam tkví především v tom, že naučila lidi analytickému přístupu. Člověk sleduje dění kolem sebe, pozoruje nebeské objekty. V získaných poznacích pak hledá určitý řád, snaží se vysvětlit skutečnosti známé z minulosti a předpovídat skutečnosti nové. Astronomie ukázala, že pozorování nejen astronomických jevů, ale obecně přírodních úkazů je cenné a smysluplné a stojí za to je uchovávat i pro další generace. Na základní otázky jako proč se střídá den a noc, jak vznikají roční období, jak a proč se mění délka noci nebo pozorovaná podoba Měsíce, jeho fáze, lidé odpověděli už dávno. Tyto poznatky se staly učivem pro děti a měly by patřit k základnímu vzdělání všech. Dnešní astronom se věnuje náročnějším otázkám a často boří zažitě představy, třeba tu, že astronom v noci pozoruje a ve dne spí. Moderní astronomie není založena jen na nočních pozorování klasickými dalekohledy. Astronomové pozorují samozřejmě i Slunce a měří také nejen v oblasti viditelného světla, ale využívají i jiné oblasti elektromagnetického spektra. Okolní vesmír sledují například i v rádiové oblasti. Své observatoře umístili astronomové také do podzemí nebo do vesmíru, kde denní nebo noční doba nehraje roli. A pravdou je, že někteří astronomové se už ani nevyznají na noční obloze, protože se věnují teoretickým výpočtům a vytváření matematických modelů astronomických událostí. To vše klade vysoké nároky nejen na samotné astronomy, ale také na další obory, které astronomové využívají. Tak třeba, astronomické přístroje patří obecně k největším a technologicky nejvyspělejším zařízením. Požadavky astronomů na lepší a výkonnější pozemní přístroje i kosmické sondy tak představují do jisté míry hnací sílu technického a technologického rozvoje.

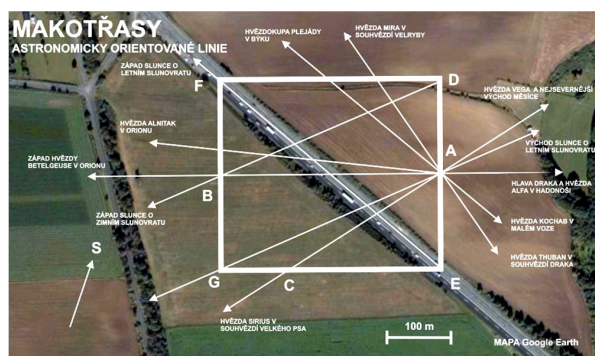
Astronomie má ale ještě jednu zvláštnost oproti jiným vědeckým odvětvím. Má zcela mimořádný potenciál v popularizaci vědy. Přestože se zkoumaných objektů nemůžeme dotknout, nemůžeme si je prohlédnout zblízka, umí astronomie zaujmout davy a přední popularizátory vědy najdeme právě mezi astronomy. U nás jde zcela jednoznačně o osobnost Jiřího Grygara, v Anglii to byl Patrick Moore, v Americe zase například Carl Sagan.

2.2 Mezníky v dějinách astronomie

Stanovit nejdůležitější mezníky v dějinách astronomie je obtížné a někdy velmi diskutabilní, a nejen u těch nejstarších. Záleží na pohledu autora, zasazení do kontextu doby a podobně. Zde proto přinášíme jen stručný přehled.

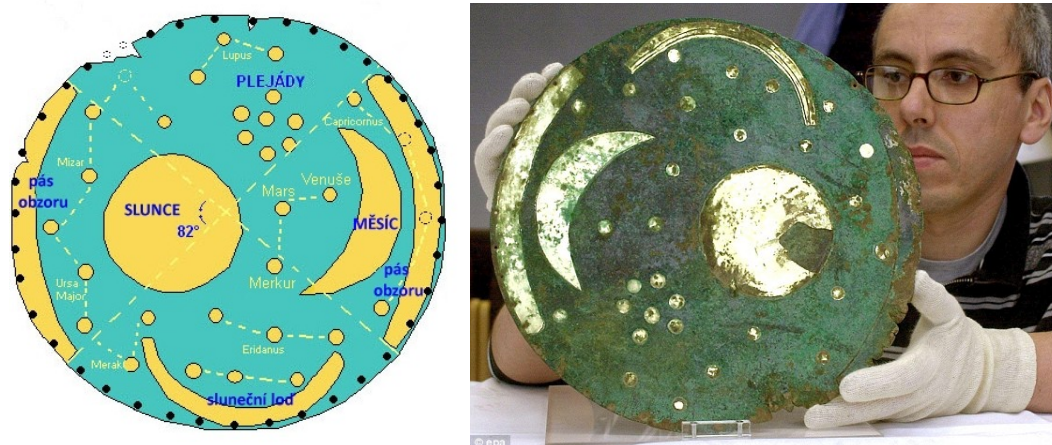
¹V českém prostředí by se možná nabízelo použití termínu „hvězdář“. Ten se ale zpravidla využívá v historickém kontextu.

- 32 tisíc let př.n.l. – nejstarší lunární kalendář.
- 11.-9. tisíciletí př.n.l. – soustava staveb a kamenných kruhů v jihovýchodním Turecku (Göbekli Tepe). Část mohla sloužit i jako svatyně a observatoř. Místo není dosud plně prozkoumáno.
- 5. tisíciletí př.n.l. – předpokládá se nejstarší použití gnómonu, jednoduchého astronomického přístroje, jímž se podle délky a směru jeho stínu měří poloha Slunce a tím i čas.
- 5.-4. tisíciletí př.n.l. – při stavbách v oblasti Nilu, Eufratu a Tigridu se používá zaměřování pomocí hvězd.
- kolem 4000(?) př.n.l. – nejstarší zaznamenaná astronomická pozorování pocházejí z Egypta a Severní Ameriky; v Egyptě vzniká nejstarší kalendář.
- 3500 př.n.l. – vznikají kamenné observatoře – kamenné řady. Pozůstatky jedné z nich lze nalézt v Čechách u Makotřas (viz obrázek 2.5).



Obrázek 2.5: Astronomicky orientované linie v Makotřasech. Zdroj: www.observatory.cz.

- asi 3400 př.n.l. – nejstarší (Mayský) záznam o pozorování zatmění Měsíce. Může se ale jednat i o zpětný výpočet z pozdější doby.
- 3340 př.n.l. – nastalo úplné zatmění Slunce, které je vytesáno do kamenné stěny u irského Loughcrew.
- 3100 př.n.l. – počátky svatyně a observatoře Stonehenge v Anglii. Její dnešní podoba vznikla v období 2400-2200 př.n.l.
- kolem 3000 př.n.l. – první písemné materiály o astronomii se objevují v Egyptě, Číně, Mezopotámii i Střední Americe; posláním astronomie je předpověď období záplav a kalendář.
- 3. tisíciletí př.n.l. – k měření času používají v Egyptě sluneční hodiny.
- 3000-2000 př.n.l. – v Číně určena délka roku na 365,25 dne.
- 2697 př.n.l. – 2. nejstarší zachovaný záznam o zatmění Slunce (Čína).
- 2461 př.n.l. – v Číně zaznamenaná konjunkce planet (není ale vyloučeno, že jde o pozdější výpočet).
- 2296 př.n.l. – nejstarší záznam čínského katalogu komet.



Obrázek 2.6: Disk z Nebry. Upomínka na astronomii doby bronzové. Byl vyroben mezi roky 2100 až 1700 př.n.l. a později několikrát upravován. Jde o jedno z nejstarších vyobrazení oblohy s astronomickými objekty. Památka UNESCO v programu Paměť světa. Zdroje: <http://www.celticnz.co.nz/NebraSunDisk/NebraSunDisk.htm> (schéma; upraveno), <http://www.dailymail.co.uk/>.

- 2136 př.n.l. – kuriózní událost, která prý skončila smrtí astronomů. Legenda říká, že dvorní astronomové Hsi a Ho prý nepředpověděli zatmění Slunce a nevarovali před ním. Věřilo se totiž, že zatmění způsobuje zlý drak, který žere Slunce. Proti němu se dá bojovat například bubnováním, střelením. Tentokrát ale bylo jen dílem náhody a štěstí, že drak Slunce nesežral celé, a tak byli astronomové potrestáni.
- kolem 2000 př.n.l. – první slunečně-měsíční kalendáře v Egyptě a Mezopotámii.
- poč. 2. tis. př.n.l. – první teorie pohybu Slunce, Měsíce a planet. Babylónští astronomové využili geocentrickou představu. Tam také poprvé vykreslili souhvězdí, resp. asterismy.



Obrázek 2.7: Monument Stonehenge. Zdroj: <http://storiografia.blog.cz.>

- 11. st. př.n.l. – čínský vědec Ču Kong určil poměrně přesně sklon ekliptiky k rovníku.
- 8.-3. st. př.n.l. – v Mezopotámii pracovala pravidelná astronomická pozorovací služba. Na její pozorování se často odvolává Klaudios Ptolemaios. Výsledkem měření bylo zpřesnění délky roku, délky měsíčního cyklu, objev periody saros, s níž se opakují zatmění Měsíce a Slunce, a další.
- 6. st. př.n.l. – Pythagoras a Tháles z Miletu spekulují, že Země je kulatá.
- 585 př.n.l. – Tháles z Milétu předpověděl zatmění Slunce.

- 2. pol. 6. st. př. n. l. – babylonský učenec Kidinnu tvrdil, že rychlost pohybu planet je nerovnoměrná, během roku postupně roste a pak zase klesá.
 - 530 př. n. l. – vznik pythagorejského spolku; stoupenci (např. Filoláos z Krotonu) považovali za střed vesmíru centrální oheň, kolem něhož obíhají planety, Měsíc i Slunce.
 - 4. st. př. n. l. – v Číně vznikl nejstarší atlas komet, který ale převzal i mnohem starší záznamy. Tzv. Hedvábná kniha byla objevena v roce 1973. Ve stejném období vytvořili Ši Šen (Shi Shenfu) a jeho kolegové Kan Te a Wu Xian i první známý hvězdný katalog Ken-Š'ing-ťing (Základy určování hvězd) obsahující polohy několika set hvězd.
 - 4. st. př. n. l. – Platón znal nepravidelnosti v pozorovaném pohybu planet. Eudoxos z Knidu vytvořil geocentrický model pohybu planet, Slunce a Měsíce.
 - 340 př. n. l. – Aristotelés ze Stageiry sepsal knihu „O nebi“, kde shrnul a zobecnil tehdejší empirické kosmologické poznatky. Vytvořil geocentrický systém rozdělený na dvě části, otáčející se sféry. Sublunární sféru včetně Země tvoří čtyři elementy (oheň, voda, vzduch, země) a neměnnou supralunární sféru vyplněnou éterem pak Slunce, Měsíc, planety a hvězdy.
 - kolem 280 př. n. l. – Aristarchos ze Sámu předpokládal, že Země obíhá kolem Slunce (heliocentrismus); první odhad vzdálenosti Země – Slunce a Země – Měsíc.
 - kolem 240 př. n. l. – Eratosthenés z Kyrény změřil obvod Země.
 - kolem 130 př. n. l. – Hipparchos z Níkaie objevil precesi a sestavil první (evropský) katalog hvězd, v němž je zhruba 1 000 nejjasnějších hvězd.
 - 1. st. př. n. l. – Titus Lucretius Carus obhajoval atomismus. Mimo jiné rozvíjel myšlenku nekonečného hmotného vesmíru, který existuje bez účasti božských sil.
 - 45 př. n. l. – císař Julius Caesar zavedl v římské říši čistě sluneční, tzv. juliánský kalendář (na radu řeckého astronoma Sosigena).
-
- 1.1. roku 1 n. l. - počátek našeho letopočtu.
 - kolem 140 n. l. – Klaudios Ptolemaios publikoval propracovanou teorii geocentrismu ve velkolepém spisu *Mathematike Syntaxis* (Matematická soustava) známém jako *Almagest*.
 - 2. st. – čínský astronom Čang-Cheng (Zhang Heng) uvádí ve spisu *Ling sien* (Složení vesmíru), že Měsíc má tvar koule a nemá vlastní světlo.
 - 682 – Mayští astronomové z města Tikal (dnešní Guatemala) určili délku synodického měsíce na 29,53020 dní (dnešní měření: 29,53059 dne); podobně pak určili délku tropického roku na 365,2420 dní (dnes: 365,2422 dne).
 - konec 8. st. – al-Chvárizmí (al-Chorezmí) určil obvod Země na 40 700 km.
 - 882-910 – al-Battání (Albatenius) prováděl v té době nejpřesnější astronomická měření a vydal „Knihu o hvězdovědě“, ve které byly opraveny Ptolemaiovy nepřesnosti. Mimo jiné se zde objevily goniometrické funkce.



Obrázek 2.8: Jasná hvězda vlevo od Měsíce na skále v kaňonu Chaco (Nové Mexico, USA) by mohla být záznamem supernovy z roku 1054. Obrazec podobný víru mohl být inspirován Halleyovou kometou, která se objevila na nebi o 12 let později. Zdroj: H. Couperová, N. Henbest: Dějiny astronomie, Knižní klub, 2009.

- přelom 10. a 11. st. – al-Bírúní (Aliboron) provedl velmi přesná astronomická a zeměpisná měření a stanovil úhel sklonu ekliptiky k rovníku s odchylkou v řádu obloukových vteřin. Vypočítal rozměry Země. Předpokládal pohyb Země okolo Slunce.
- 1054 – zaznamenán výbuch supernovy v centru dnešní Krabí mlhoviny.
- 1542 – Mikuláš Koperník prezentoval heliocentrický model pohybu planet včetně Země.
- 1572 – Tadeáš Hájek z Hájku, Tycho Brahe a další pozorovali supernovu v souhvězdí Kasiopeja a z její paralaxy odvodili, že se nachází za sférou Měsíce.
- 1582 – papež Řehoř XIII. zavedl reformu kalendáře.
- 1584 – Giordano Bruno zveřejnil teorii nekonečnosti vesmíru a světů, obhajoval heliocentrismus.
- 1596 – David Fabricius objevil proměnnost hvězdy Mira (omikron) Ceti.
- 1603 – Johann Bayer vytvořil hvězdný atlas Uranometria.
- 1609 – Galileo Galilei a Thomas Harriot jako první použili dalekohledy v astronomii.
- poč. 17. století – přelomová událost – uvědomění si vztažných soustav a vzájemných přechodů mezi nimi (Keplerův spis Měsíční sen).
- 1609 – Johannes Kepler formuloval první dva zákony pohybu planet.
- 1618 – Johannes Kepler formuloval třetí zákon pohybu planet.
- 1632 – Galileo Galilei dokázal pravdivost heliocentrického modelu a formuloval princip nezávislosti pohybů.
- 1668 – Jan Heweliusz publikoval spis o kometách s měřeními parallax komet z let 1652 a 1664. Tím prokázal, že se nejednalo o meteory v zemské atmosféře.



Obrázek 2.9: Středověká ilustrace z rukopisu z doby kolem roku 1300. Astronomové věřili, že Slunce, Měsíc, Merkur, Venuše, Mars, Jupiter a Saturn obíhají kolem Země. V díle je také poznamenáno, že každá ze čtyř měsíčních fází trvá 7 dní. Zdroj: <http://www.luckypalm.com/2010/astronomy-to-the-power-of-seven-graphic/>.

- 1672 – Giovanni Domenico Cassini a Jean Richer změřili paralaxu Slunce a určili jeho vzdálenost na 140 miliónů kilometrů (dnes: 149 597 870 700 m).
- 1676 – Ole Rømer určil na základě pozorování Jupiterových měsíců konečnost rychlosti světla.
- 1717 – Edmund Halley objevil vlastní pohyb hvězd a dokázal tak, že hvězdy nejsou stálicemi.
- 1725 – posmrtně vyšly výsledky měření poloh hvězd v Greenwichské observatoři Johna Flamsteeda, což lze považovat za první moderní katalog 2 852 hvězd.
- 1771 – Charles Messier sestavil katalog mlhovin.
- 1781 – William Herschel objevil planetu Uran.
- 1782 – John Goodricke znovuobjevil proměnnost Algolu a správně ji interpretoval jako zákryty dvojice hvězd.
- 1801 – Giuseppe Piazzi objevil planetku (dnes trpasličí planetu) Ceres.
- 1814 – Joseph von Fraunhofer objevil systém temných absorpčních čar ve slunečním spektru.
- 1837 – Friedrich Wilhelm Bessel poprvé změřil vzdálenost hvězdy 61 Cygni.
- 1840 – John William Draper získal první astrofotografii, snímek Měsíce.
- 1842 – Christian Doppler prezentoval v Praze svůj objev posunu čar v závislosti na radiální vzájemné rychlosti pozorovatele a zdroje.



Obrázek 2.10: Práce na observatoři Taqi al-Dina na konci 16. století. Obrázek k epické básni Shahinshah-nama, kterou napsal 'Al ad-Din Mansur-Shirazi. Zdroj: <http://www.muslimheritage.com>.



Obrázek 2.11: Vlevo: Galileův bohatě zdobený dalekohled. Vpravo: Řez replikou Galileova dalekohledu, která ukazuje strukturu a složení částí dalekohledu. Zdroj: <http://blogs.telegraph.co.uk>; <http://brunelleschi.imss.fi.it/galileopalazzostrozzi/>.

- 1846 – na základě analýzy nepravidelnosti v pohybu Uranu vypočítal Urbain Le Verrier polohu a dráhu planety Neptun. Tu posléze objevil Johann Galle a Heinrich d'Arrest
- 1850 – John Adams Whipple a William Cranch Bond získali první fotografii (daguerrotypii) hvězdy (Vega).
- 60. léta 19. st. – Robert Bunsen a Gustav Kirchhoff formulovali zákony spektrální analýzy. Studium spekter hvězd, objev hélia na Slunci a potvrzení jeho výskytu na Zemi vedly ke vzniku astrofyziky.
- 1872 – Henry Draper pořídil první snímek spektra hvězdy (Vega).
- 1900 – Max Planck publikoval zákon popisující záření absolutně černého tělesa.
- 1905 – Albert Einstein publikoval speciální teorii relativity, postuloval konstantní rychlost světla.

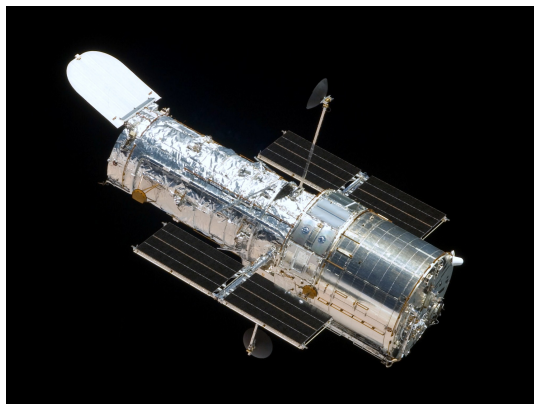
- 1911, 1913 – Ejnar Hertzsprung a Henry Norris Russell prezentují tzv. Hertzsprungův-Russellův diagram.
- 1913 – Victor Franz Hess objevil kosmické záření.
- 1915 – Albert Einstein publikoval obecnou teorii relativity, známou také jako teorii gravitace.
- 1919 – Arthur Eddington na základě pozorování zatmění Slunce potvrdil platnost teorie relativity.
- 1929 – Edwin Hubble formuloval zákon vzdalování galaxií. Zjistil, že rychlost vzdalování je úměrná jejich vzdálenosti.



Obrázek 2.12: Edwin Hubble u Hookerova 2,5m dalekohledu na observatoři Mt. Wilson. Zdroj: S. Mais, <http://www.soteoria.hpg.ig.com.br/Hubble/page1.htm>.

- 1930 – Clyde Tombaugh objevil Pluto, do roku 2006 označované jako devátá planeta Sluneční soustavy, dnes trpasličí planeta.
- 1937 – Grote Reber postavil první radioteleskop.
- 1946 – počátek radarové astronomie. Podařilo se zachytit ozvěnu rádiových signálů od povrchu Měsíce.
- 1948 – George Gamow prezentoval teorii velkého třesku.
- 1957 – start první umělé družice Země, Sputniku 1 (SSSR).
- 1959 – Riccardo Giacconi sestrojil první rentgenovský dalekohled k pozorování rentgenového záření z kosmu.
- 1962 – založena Evropská jižní observatoř (ESO)
- 1962 – Riccardo Giacconi objevil první rentgenový zdroj mimo Sluneční soustavu – Scorpius X-1.
- 1965 – Arno Allan Penzias a Robert Woodrow Wilson objevili spojitě rádiové záření kosmického pozadí (reliktní záření).
- 1968 – John Archibald Wheeler poprvé použil termín „černá díra“.
- 1968-1969 – Jocelyn Bellová (Burnellová) a Antony Hewish objevili pulsary.

- 1969 – američtí astronauti Neil Armstrong a Edwin (Buzz) Aldrin se jako první lidé procházeli po povrchu Měsíce.
- 1969 – Willard S. Boyle and George E. Smith vynalezli CCD detektor. V r. 2009 obdrželi za tento objev Nobelovu cenu za fyziku.
- 1973 – Brandon Carter prezentoval antropický princip.
- 1973 – americké špionážní družice Vela objevily zábleskové zdroje záření γ .
- 1979 – první použití CCD prvku jako detektoru na observatoři Kitt Peak, USA.
- 1981 – Alan Guth publikoval teorii inflačního modelu vesmíru.
- 1987 – objev a následný výzkum supernovy SN1987A.
- 1989 – družice COBE a v pozdějších letech i družice WMAP a Planck zjistily anizotropii v reliktním záření a změřily jeho spektrum. Vedoucí experimentu na COBE John Mather a George Smoot dostali za tuto práci Nobelovu cenu za fyziku v roce 2006.
- 1990 – vypuštěn Hubbleův kosmický teleskop.



Obrázek 2.13: Hubbleův kosmický dalekohled (HST) z raketoplánu Atlantis během 4. servisní mise v roce 2009. Zdroj: <http://spaceflight.nasa.gov/>.

- 1992 – po Plutu a Charonu objeveno první trans-neptunické těleso 1992 QB₁, nyní označené pořadovým číslem 15760 a pojmenované Albion.
- 1995 – Michel Mayor a Didier Queloz objevili první planety mimo Sluneční soustavu obíhající hvězdu slunečního typu 51 Peg (Helvetios), pojmenované v roce 2015 jako Dimidium.
- 1997 – publikována měření družice Hipparcos, která trigonometricky určila parallaxu zhruba 100 tisíc hvězd (vzdálených až 600 ly).
- 1998 – dva týmy zveřejnily výsledky několikaletého výzkumu, v němž odhalily zrychlování rozpínání vesmíru. Saul Perlmutter, Brian Schmidt a Adam Riess za ten výsledek obdržely Nobelovu cenu za fyziku v roce 2011.
- 1998 – Takaaki Kajita prezentoval objev oscilací neutrin, které na přelomu let 2001/2002 potvrdil Arthur B. McDonald. Oba obdrželi Nobelovu cenu za fyziku v roce 2015.
- 1999 – objev první planetárního systému mimo Sluneční soustavu u hvězdy Tita-win (ups And A).

- 1999-2000 – do provozu uvedena čtveřice dalekohledů VLT (Very Large Telescope) Evropské jižní observatoře, každý o průměru 8,2 m, na hoře Paranal v Chile.
- 2001 – start družice WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), která v následujících letech přinesla velké množství dat podporujících standardní kosmologický model vesmíru.
- 2001 – objevena první volně se pohybující planeta (bez mateřské hvězdy).
- 2001 – objev prvního pásu asteroidů mimo Sluneční soustavu u hvězdy HD 69830.
- 2001 – vyřešena záhada slunečních neutrin. Neutrino oscilují mezi různými typy.
- – první detekce atmosféry u exoplanety, konkrétně HD 209458b.
- 2004 – získán první snímek exoplanety.
- 2006 – Na valném shromáždění Mezinárodní astronomické unie v Praze byla přijata definice planety a trpasličí planety. Pluto bylo přeřazeno mezi trpasličí planety.
- 2007 – objev rychlých rádiových záblesků (FRB - fast radio burst).
- 2008 – dokončena mezinárodní Observatoř Pierra Augera.
- 2012 – objev "božské" částice, Higgsova bosonu.
- 2008 – potvrzena existence supermasivní černé díry v centru naší Galaxie.
- 2013 – na Měsíci přistála čínská sonda Čchang-e 3, jejíž součástí byl i malý dalekohled LUT. Jde o první dlouhodobě pracující astronomickou observatoř na povrchu Měsíce.
- 2014 – začala výstavba dalekohledu E-ELT s průměrem zrcadla 39 m.
- 2014 – první potvrzená detekce organických molekul na Marsu.
- 2015 – družice Kepler objevila první exoplanetu velikosti Země v zóně života.
- 2015 – úspěšný průlet sondy New Horizons kolem Pluta.
- 2015 – první přímá detekce gravitačních vln na observatoři LIGO.
- 2016 – publikována první sada měření z družice GAIA obsahující informace o poloze, vlastním pohybu a jasnosti 1,1 miliardy hvězd.
- 2016 – objevena nejbližší exoplaneta Proxima Centauri b.
- 2016 – v Číně dokončen největší radioteleskop na světě (FAST) o průměru 500 m.
- 2017 – srážka neutronových hvězd v galaxii NGC 4993 detekována pomocí gravitačních vln i v různých oborech elektromagnetického spektra. Počátek tzv. mnohahapásmové astronomie (multi-messenger astronomy).
- 2017 – ve Sluneční soustavě detekován první mezihvězdný objekt – asteroid Oumuamua.
- 2019 – 1. snímek černé díry v centru galaxie M87 pomocí Event Horizon Telescope (EHT).
- 2019 – čínská sonda Chang'e 4 jako první přistála na odvrácené straně Měsíce.
- 2020 – zhroucení 300m radioteleskopu v Arecibu.
- 2020 – zveřejněna nejdetailnější mapa naší Galaxie (3D snímek s 1,8 miliardami hvězd) na základě měření družice GAIA.
- 2021 – vypuštění Dalekohledu James Webba (JWST – James Webb Space Telescope).

- 2022 – první snímky a měření z JWST.
- 2022 – první test obrany Země před vesmírnými projektily. Družice Double Asteroid Redirect Test (DART) úspěšně zasáhla měsíček Dimorphos asteroidu 65803 Didymos.
- 2022 – EHT poskytl 1. snímek černé díry v centru naší Galaxie.
- 2024 – objev takřka „prázdné“ galaxie Nube, útvaru bez hvězd.
- 2024 – zjištění, že temná (skrytá) energie se možná ve vesmíru vyvíjí s časem.
- 2024 – objev prvotních trpasličích galaxií, které pravděpodobně ukončily dobu temna po velkém třesku.

Použitá a doplňující literatura

- Akvinský, T., 1993, Jsou nebeská tělesa příčinou lidských skutků? *Universum* 10, 47
- Couperová, H., Henbest, N., 2009, *Dějiny astronomie*, Knižní klub
- De Smedt, J., De Cruz, H., 2011, *Adaptive Behavior*, 19, 63-76
- Folta, J., Nový, L., 1979, *Dějiny přírodních věd v datech*, Mladá fronta, Praha
- Grün, M., 1990, *Je astrologie věda?* Horizont, Praha 1990
- Grygar, J., 2003, Soumrak astrologie? *Zpravodaj Sisyfos* 9, č. 2-3, str. 1
- Hamaker, J. P., Osullivan, J. D., & Noordam, J. E. 1977, *Journal of the Optical Society of America* (1917-1983), 67, 1122
- Hollan, J., 1993, http://astro.sci.muni.cz/pub/hollan/a_papers/oblnebe/oblnebe.html
- Jelínek, O., 1993, Středověký vědec a filozof o astrologii. *Universum* 10, str. 44
- Kleczek, J. 2002, *Velká encyklopedie vesmíru*, Academia Praha, 582 str.
- Vanýsek, V., 1998, Co nám může říci astrologie? v: *Věda kontra iracionalita* (vyd. J. Heřt a L. Pekárek); Academia, Praha, str. 9 - 35