

Zatmění Slunce

© *Jiří Šála*

AK Kladno

2009

Trocha historie

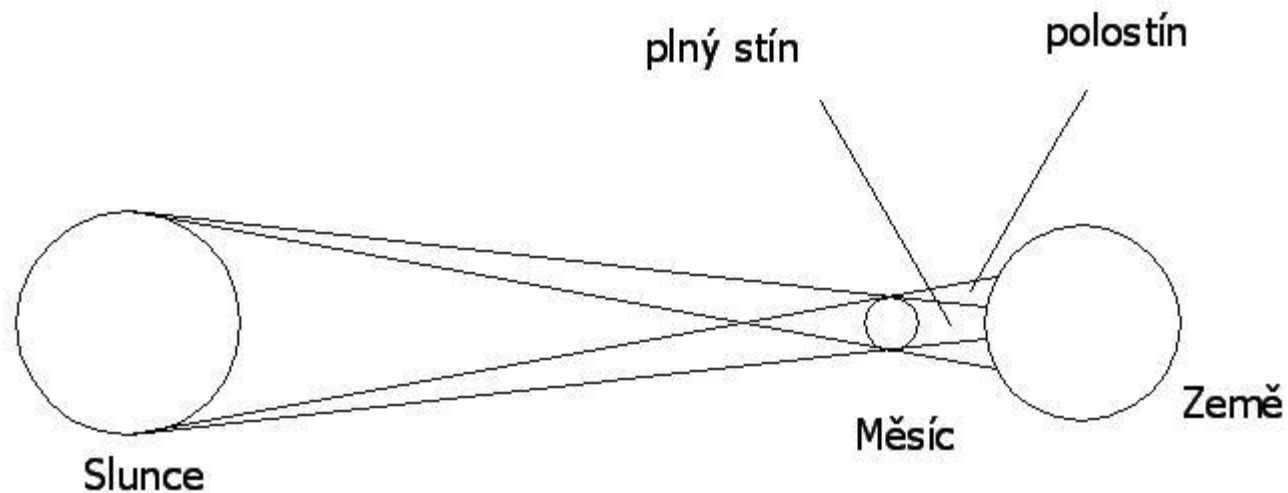
- Nejstarší záznamy o pozorování tohoto jevu pochází z čínských kronik – 22.10. 2137 př.n.l.
- Analogické odkazy lze najít ve starověké Mezopotámii
- Například v Homérově Odyseje lze najít zmínku o „zmizení Slunce“

- 28.5 585 př.n.l. se odehrálo zatmění během bitvy mezi Lýdy a Médy – bylo předpovězeno mnoho let předem Thálesem z Milétu a popsáno Hérodotem
- Příčiny zatmění nebyly ve starověku všeobecně známy a tak se často považovalo jako předvěst nějaké události či znamení - přízně či nepřízně bohů (a často takto využíváno k mocenským cílům)
- v roce 1919 byla pomocí tohoto jevu ověřena platnost obecné teorie relativity

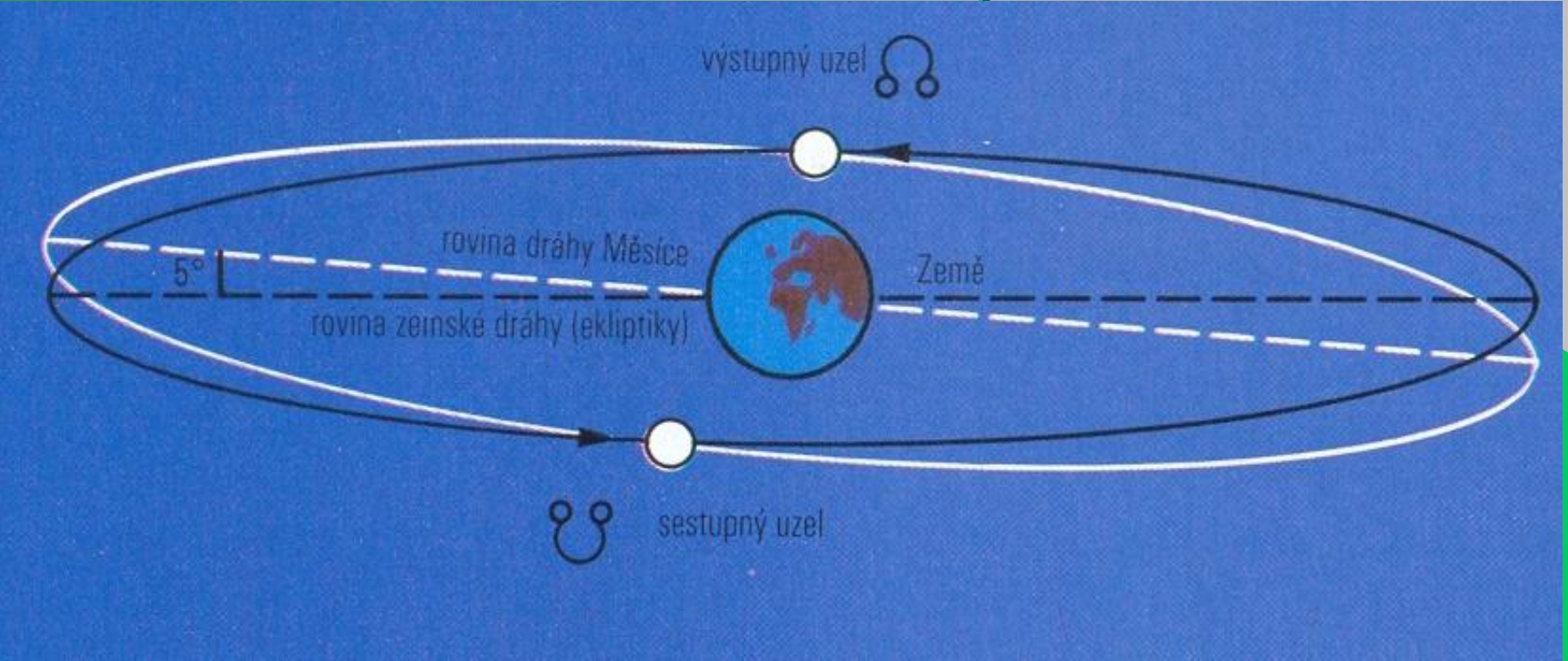
Něco málo z teorie

- Pro vznik zatmění je **nutná přítomnost Měsíce** – občas se dostane mezi Zemí a Slunce a tudíž brání slunečním paprskům dopadnout na zemský povrch
- Díky shodě okolností je Měsíc 400 krát menší než Slunce a 400 krát blíže k Zemi než Slunce – to znamená že **úhlová velikost** obou těles na obloze je přibližně **stejná**

- Díky tomu může obíhající Měsíc Slunce **zakrýt** a dojít tak k úplnému zatmění - zákrytu Slunce Měsícem



- V místech nacházejících se v měsíčním stínu (**pás totality**) můžeme pozorovat **úplné** zatmění Slunce, v místě dopadajícího polostínu pak **částečné** zatmění Slunce
- Pokud by dráha Měsíce kolem Země ležela v rovině ekliptiky, pak by nastalo úplné zatmění **při každém novu** (tato fáze je tedy jednou z podmínek vzniku zatmění)
- Ve skutečnosti je rovina dráhy Měsíce **skloněna** vůči rovině ekliptiky o $5,15^\circ$



- Zatmění tudíž může nastat jen v době kdy se Měsíc nachází **poblíž** výstupného nebo sestupného **uzlu** – když se Slunce i Měsíc při pohledu ze Země **setkají** na obloze **v 1 místě** – bližší Měsíc postupně zakrývá vzdálenější Slunce

Tabulka vzdálenosti Slunce od měsíčního uzlu

$< 9,6^\circ$	Musí nastat úplné zatmění
$9,6^\circ - 11,9^\circ$	Musí nastat částečné, může úplné zatmění
$11,9^\circ - 15,4^\circ$	Musí nastat částečné, nemůže úplné zatmění
$15,4^\circ - 18,4^\circ$	Může nastat částečné zatmění
$> 18,4^\circ$	Žádné zatmění nemůže nastat

- Jaké zatmění pozorovatel uvidí, či zdali ho vůbec uvidí závisí na vzájemné poloze místa pozorovatele, natočení zeměkoule vzhledem ke Slunci a poloze Měsíce vzhledem ke Slunci a Zemi
- Rozměry stínu a polostínu závisí na vzdálenostech mezi Sluncem a Zemí, mezi Zemí a Měsícem a také na výšce Slunce nad obzorem v dané oblasti

- Měsíční stín a polostín se v důsledku pohybu Měsíce kolem Země pohybuje rychlostí **1 km/s od západu k východu**
- Z tohoto důvodu je úkaz úplného zatmění omezen pro konkrétní místo maximálně na **7,5 minuty**
- Částečná zatmění mají mnohem delší dobu trvání, nejdéle však 2,5 hodiny

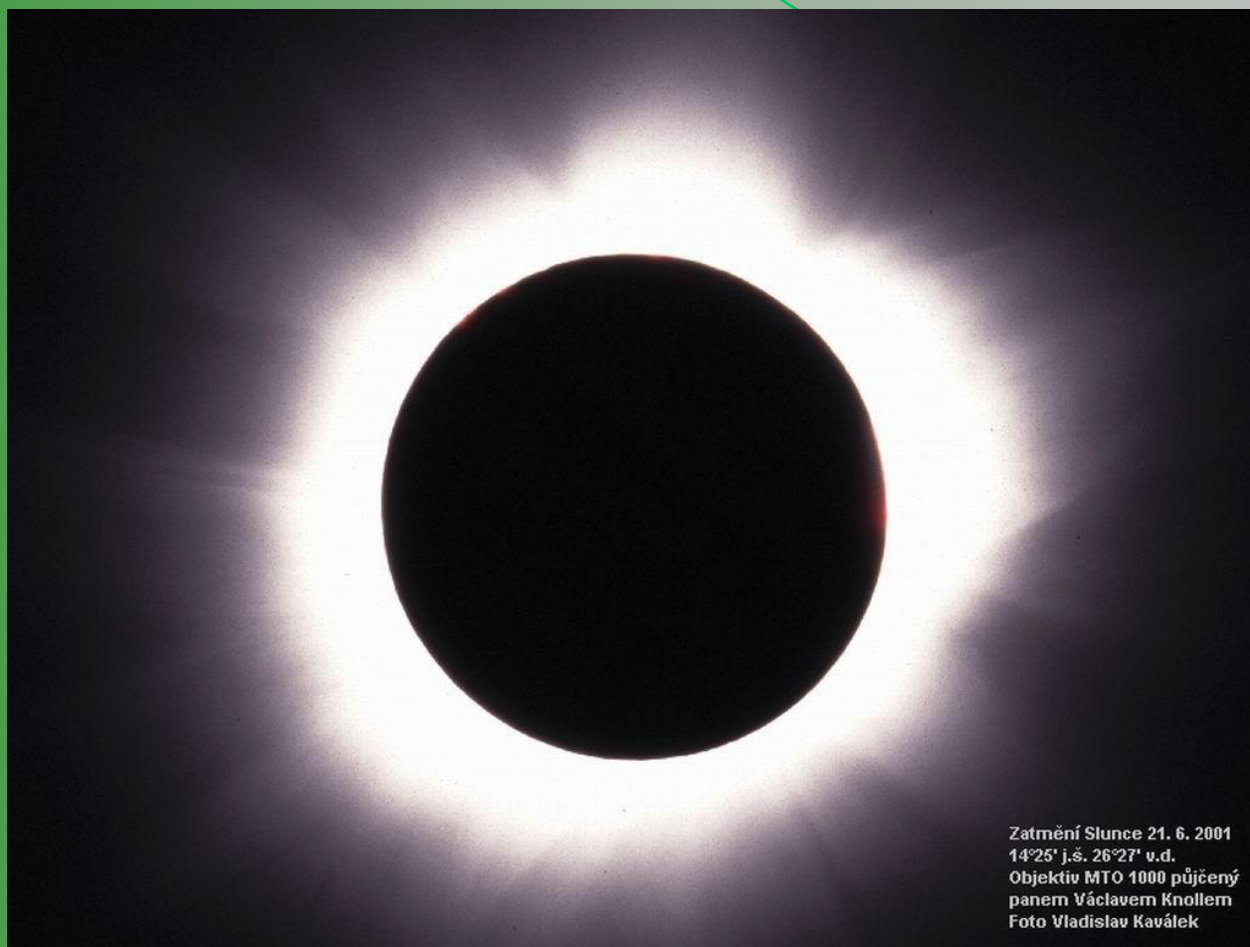
- V místech kde se po zemském povrchu pohybuje plný měsíční stín se nachází pásmo viditelnosti úplného zatmění
- Šířka plného stínu se pohybuje od 112 do 270 km
- Z té části zemského povrchu, kde dopadne polostín, lze pozorovat částečné zatmění – to je vzhledem k větší šířce polostínu pro dané konkrétní místo na zemském povrchu mnohem častější

- Měsíc obíhá kolem Země po eliptické dráze v rozmezí 356 375 až 406 720 km – může se proto stát, že v okamžiku zatmění je Měsíc právě nejdále od Země a jeho úhlový průměr je menší než úhlový průměr Slunce – v tomto případě není Měsíc schopný zakrýt celé Slunce a lze pozorovat jakýsi sluneční prstýnek – odtud název **prstencové zatmění**

Prstencové zatmění Slunce



Úplné zatmění Slunce



Částečné zatmění Slunce



- Zatmění Slunce a Měsíce se periodicky opakují v cyklu trvajícím 6 585 dnů, 7 hodin a 42 minut – tuto periodu nazýváme **Saros** a byla známa již ve starověku
- Je-li Měsíc některý den v novu či úplňku a současně v uzlu své dráhy, pak se stejná situace bude opakovat za **18 let a 11 dnů** (223 synodických měsíců)
- Za stejnou dobu uplyne 242 drakonických měsíců – je tu však rozdíl 3 119,2 s (při větších počtech měsíců dochází k větší shodě)

- Pozn. :
 - synodický měsíc** – doba mezi dvěma stejnými fázemi
(29 d 12 h 44 min 2,8 s)
 - siderický měsíc** – doba jednoho oběhu kolem země (360°)
(27 d 7 h 43 min 11,5 s)
 - drakonický měsíc** – doba mezi dvěma průchody výstupním uzlem
(27 d 5 h 5 min 35,8 s)
- Z toho plyne, že **průchod Měsíce uzlem** nastane v příštím Sarosu přibližně o **hodinu** později než v období předešlém – to znamená že **zatmění nebudou přesně stejná**
- Zatmění začne jako částečné, po několika periodách Sarosu je úplné a pak zase částečné až zanikne a bude nahrazeno novým zatměním

- V periodě Saros nastává 70 zatmění, z toho 41 slunečních a 29 měsíčních
- Maximální možná doba trvání úplného zatmění je 7 min 31 s
- Maximální doba trvání prstencového zatmění je 12 min 30 s
- Tyto doby jsou obvykle kratší – vzhledem k měnící se vzdálenosti mezi Zemí a Měsícem, a mezi Zemí a Sluncem

- Měsíc se od Země vzdaluje rychlostí asi **3,75 cm za rok** – to znamená že postupně **zmenšuje** svůj úhlový průměr na obloze
- Toto vzdalování se sice bude zpomalovat, ale díky tomuto vzdalování přestanou za zhruba miliardu let nastávat úplná zatmění a budou nastávat **pouze částečná či prstencová**

Několik zajímavostí

- V jednom kalendářním roce může nastat nejvýše **5** a nejméně **2** zatmění
- Protože se zatmění mohou opakovat nejdříve za synodický měsíc, mohou nastat v jednom kalendářním měsíci **2** zatmění Slunce
- Některá prstencová zatmění lze z některých částí světa pozorovat jako úplná – taková zatmění nazýváme **kombinovaná**

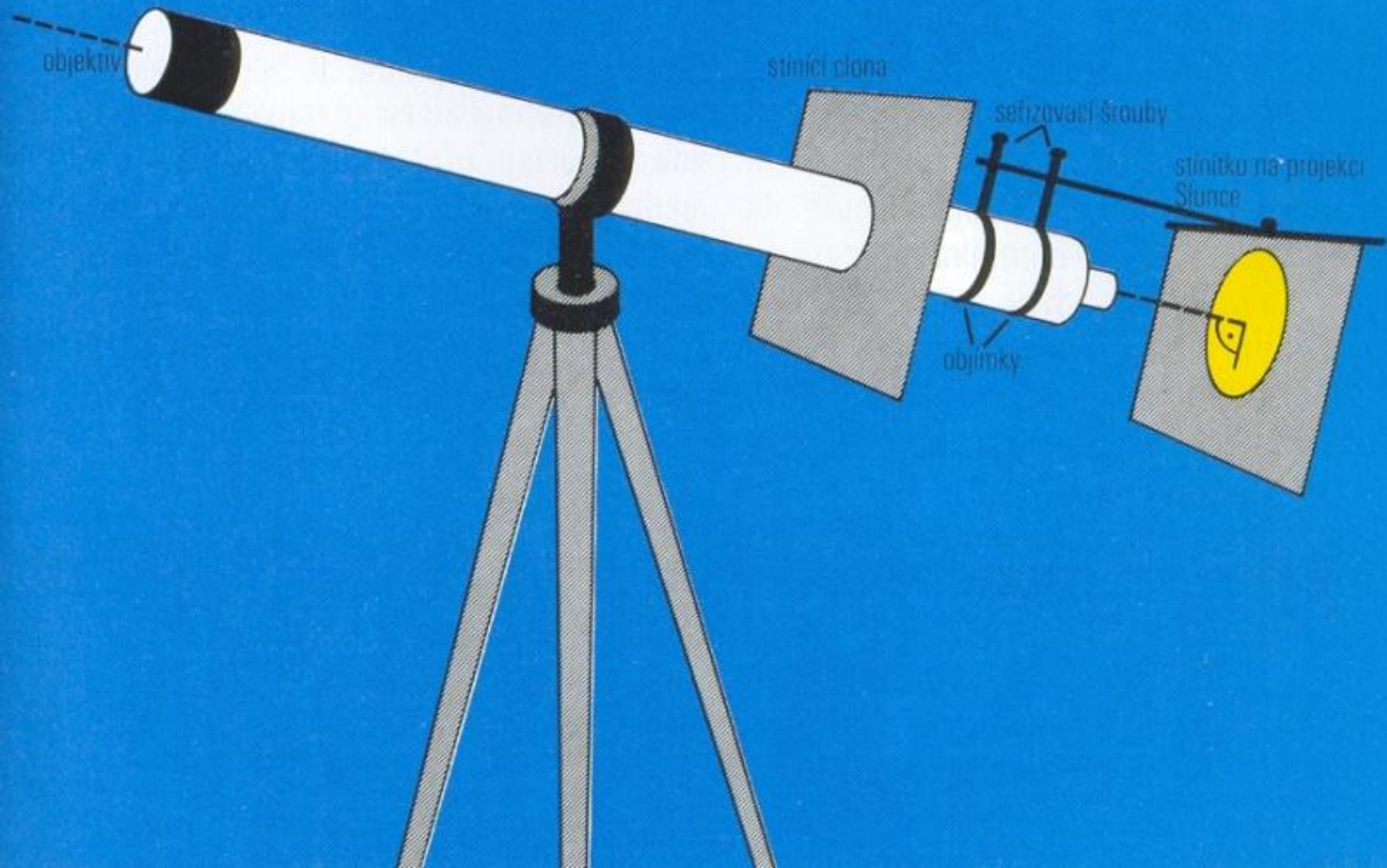
- Průměrná doba opakování zatmění Slunce pro jedno konkrétní místo na zemi je asi **360 let** – existují však výrazné výjimky
- Stejnými oblastmi kudy procházelo zatmění Slunce 11.8. 1999 bude procházet až za 4500 let
- Lze nalézt oblasti, kde se v průběhu 4 až 8 let opakovala 3 úplná zatmění – to ale není vše

- Na březích Ochotského moře bude možné v letech 2408 až 2424 pozorovat celkem 4 úplná zatmění
- V jižní části Egypta bude možné v letech 2325 až 2356 pozorovat celkem 5 úplných zatmění – podobné případy se střední Evropě vyhýbají

Jak pozorovat zatmění Slunce

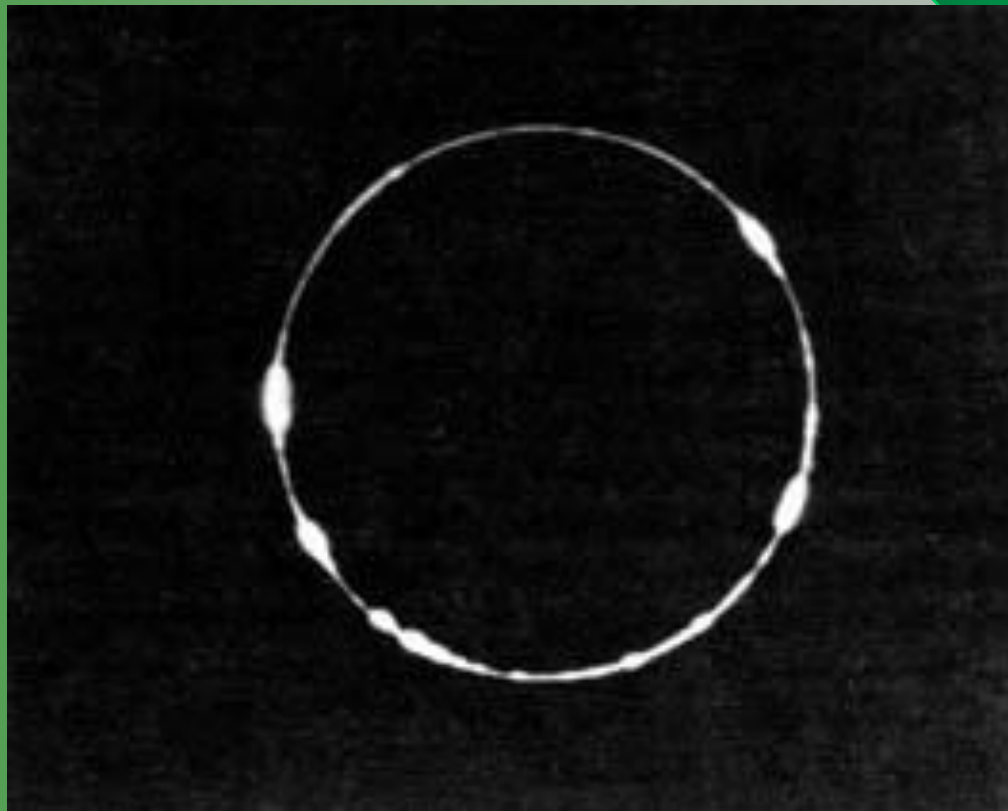
- Nikdy se nedíváme do Slunce nechráněným okem, či dalekohledem o němž nevíme, že je vybaven řádným filtrem
- Bezpečný sluneční filtr musí odstínit asi 95% slunečního světla a chránit před ultrafialovým a infračerveným zářením

- Před přímým pohledem do Slunce se lze chránit například **svářečským sklem** (č. 12 či 13), magnetického kotoučku diskety či předem osvětleného a vyvolaného filmu
- Nejvhodnější je však dalekohled opatřený **příslušným filtrem a metoda projekce**, kdy promítneme dalekohledem obraz Slunce na bílou stěnu, což je nejbezpečnější způsob
- Během okamžiku maximální fáze (ale ne jindy) lze úkaz pozorovat **pouhým okem**

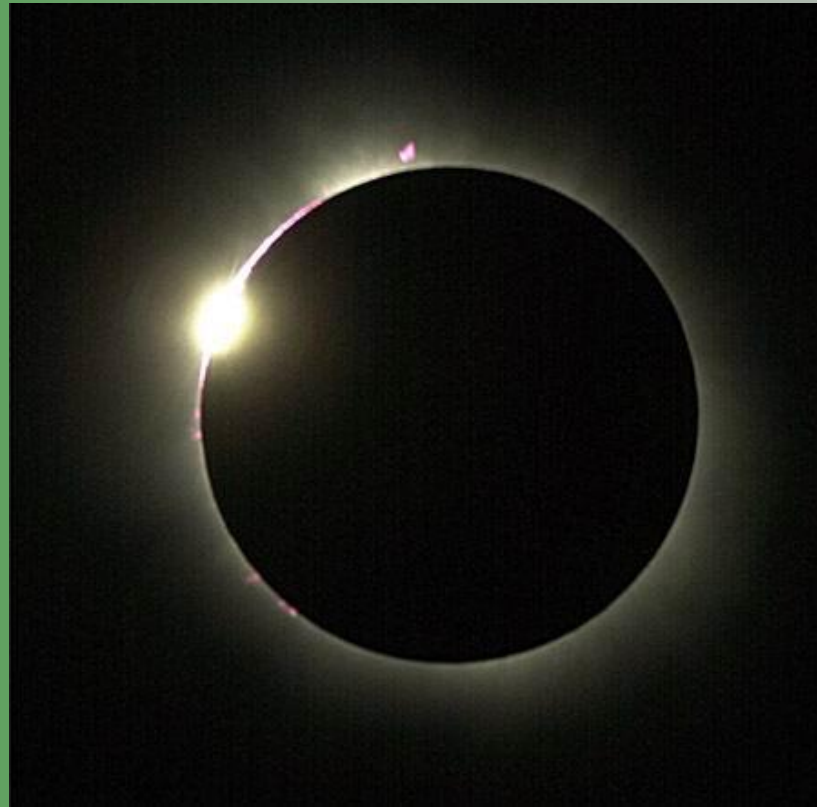


- Dříve se používalo sklíčko začouzené plamenem svíčky – nedostatečný způsob – nerovnoměrné a saze se mohou kdykoli setřít
- Při maximální fázi úplného zatmění Slunce můžeme spatřit tzv. „**Bailyho perly**“ – řada jasně svítících bodů po obvodu zakrytého Slunce – sluneční světlo proniká údolími po obvodu Měsíce a vytváří tyto zářivé útvary kolem ztemnělého slunečního kotouče

- Celý úkaz je umožněn členitostí měsíčního povrchu a také díky neexistenci atmosféry kolem Měsíce – povrch je tudíž při pozorování ostře ohraničený



- Ještě před tímto úkazem je možno spatřit tzv. „**diamantový prsten**“ – vytváří ho malá část ještě nezastíněného Slunce, která velice intenzivně září a vytváří tak iluzi prstenu



- Vyvrcholením úplného zatmění je objevení zářící atmosféry Slunce – **koróny** – nejvzdálenější vrstva sluneční atmosféry
- Tvar koróny je při každém zatmění jiný – závisí na fázi slunečního cyklu (intenzitě sluneční činnosti – někdy má téměř kruhový tvar, jindy značně nepravidelný

Vědecký význam pozorování zatmění Slunce

- Pozorování tohoto jevu se věnuje značná pozornost, což dokládá velké množství pořádaných expedic
- Staré záznamy o pozorování zatmění Slunce umožňují lépe **datovat nejrůznější historické události** – obzvláště starověké události, kde často chybějí jiná přesnější vodítka

- Současná přesná měření umožňují zpřesnit teorii o pohybu Měsíce a rotaci Země. Toto vyplývá z určení okamžiku historického úkazu (byť nepřesně) a porovnání s vypočteným okamžikem události – můžeme tak dokumentovat zpomalování rotace Země
- Zatmění jsou jedinou přirozenou možností výzkumu koróny
- Při pozorování zatmění Slunce lze spatřit protuberance

- Úplná zatmění jsou také unikátní možností jak pátrat po planetkách v těsné blízkosti Slunce – **vulkanoidech**
- Pomocí pozorování zatmění Slunce lze **ověřit platnost Einsteinovy obecné teorie relativity** pomocí měření přesných poloh hvězd v blízkosti Slunce – jejich poloha je ovlivněna gravitačním působením Slunce na světelné záření hvězd (fotony)

- Z teorie relativity vyplývá úhlový posun o $1,75''$ pro hvězdu nacházející se na okraji slunečního kotouče – praktická pozorování toto potvrzují
- Lze také sledovat změny meteorologických podmínek, jako změny teploty, osvětlení a následné reakce fauny a flóry

První fotografie úplného zatmění Slunce

- První fotografie Slunce byla pořízena v roce **1845** – Hippolyte Fizeau, Léon Foucault
- První snímek úplného zatmění Slunce byl pořízena **28.7 1851** – Berkowski, observatoř v Königsbergu (Prusko)
- Astronomická fotografie tohoto jevu měla sloužit k rozřešení **sporu o původu protuberancí**

- Existovaly v zásadě **tři druhy teorií** – jedná se o optický klam, jedná se o jevy probíhající na Měsíci a třetí teorie předpokládala, že se jedná o jevy probíhající na Slunci
- Pořízené fotografie existenci protuberancí potvrdily a rychle za sebou pořízené snímky prokázaly, že se měsíční kotouč pohybuje před protuberancemi a není tudíž možné aby souvisely s Měsícem

Přehled úplných zatmění na našem území

29.10. 878	Za vlády knížete Svatopluka
7.6. 1415	Spojováno s upálením Mistra Jana Husa
12.5. 1706	Poslední úplné zatmění
7.10. 2135	Nejbližší budoucí úplné zatmění

Přehled zatmění viditelných z ČR

4.1. 2011	částečné	09:56 SEČ
20.3. 2015	úplné (u nás částečné)	10:45 SEČ
10.6. 2021	prstencové (u nás částečné)	12:41 LSEČ
25.10 2022	částečné	13:00 LSEČ
29.3.2025	částečné	11:47 SEČ

Následuje komplexní přehled
úplných zatmění Slunce v
letech 2010 - 2020

Datum	Čas max. fáze	Oblast viditelnosti
29.3.2006	10:11 UT	Atlantský oceán, střední Afrika, Turecko, Asie až k Bajkalu
1.8.2008	10:21 UT	Aljaška, Grónsko, Severní moře, Novaja Zemlja, Sibiř až k Číně
22.7.2009	02:35 UT	Indie, Barma, Čína, Tichý oceán
11.7.2010	19:33 UT	jih Chile a Argentiny, Tichý oceán
13.11.2012	22:12 UT	Atlantský oceán, Afrika
3.11.2013	12:46 UT	Tichý oceán, sever Austrálie
20.3.2015	09:45 UT	Atlantský oceán, Špicberky, Severní ledový oceán
9.3.2016	01:57 UT	Indonézie, Tichý oceán
21.8.2017	18:25 UT	Tichý oceán, USA, Atlantský oceán
2.7.2019	19:23 UT	Tichý oceán, Chile, Argentina
14.12.2020	16:13 UT	Tichý oceán, Chile, Argentina, Atlantský oceán