

# Rozhledy matematicko-fyzikální

---

František Jáchim

James Bradley, objevitel aberace světla hvězd. (Proč hvězdy nejsou tam, kde je vidíme)

*Rozhledy matematicko-fyzikální*, Vol. 83 (2008), No. 2, 22–25

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/146245>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 2008

Institute of Mathematics of the Czech Academy of Sciences provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



This document has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://dml.cz>

### James Bradley, objevitel aberace světla hvězd (Proč hvězdy nejsou tam, kde je vidíme)

*František Jáchim, VOŠ a SPŠ Volyně*

Pohled na noční oblohu je úchvatný, přesto však částečně klamný. Zářící hvězdy k nám vysílají světlo z jiných míst, než se zdá. Příčin je několik. I přes obrovskou rychlost světla letí paprsek z těch odlehlých končin vesmíru – vnímáno pozemskými měřítky – přece jen nějaký čas (minimálně několik let) a za tu dobu se vesmír, v němž není klidu, přece jenom trochu pozměnil. Jen zdánlivě čirá atmosféra vykoná také své. Její tenká vrstva obklopující Zemi funguje jako lámavá plocha odchylojící paprsky z původního směru tím více, čím více se kloní k obzoru. Roku 1725 se po stopách další záhady v měnicích se polohách hvězd vydal anglický astronom James Bradley. Objevil aberaci světla a bylo opět o důvod víc, proč hvězdy nejsou přesně tam, kde je právě vidíme. Ale ta odchylka je natolik malá, že když ukazujeme za ztichlé noci prstem na hvězdy a někomu o nich vyprávíme, nemusíme na Bradleyův objev vůbec myslet.

James Bradley (1693–1762) se narodil v Sherbourne v rodině zchudlé šlechty. Studia na Oxfordu ukončil jako kněz a práci duchovního se skutečně na jedné menší farnosti začal věnovat. Astronomie je ovšem tak zajímavá, že řada astronomů přešla od svých původních oborů, v nichž se léta vzdělávali, k astronomii, již se začali učit jako amatéři a nadšenci. Nejinak James Bradley. Od svého strýce získal řadu poznatků o vesmíru a pod jeho dohledem si osahal a vyzkoušel jednoduché přístroje i zatím bezcílně prohlížel oblohu. Bradleyův strýc se znal s Edmundem Halleyem a tomu svého synovce představil. Velmi vzdělaný Halley Bradleye dále inspiroval pro astronomickou práci, a tak se z kněze pomalu, ale napořád, stával astronom. Po mnoha letech, po Halleyově smrti v roce 1742, zaujal J. Bradley právě jeho místo královského astronoma. To už byl známý objevem aberace, významným jevem, bez jehož znalosti by astronomové nemohli zvýšit přesnost popisu poloh nebeských objektů.

Objev aberace světla je jakýmsi vedlejším produktem snah astronomů nalézt paralaxu hvězd. Ačkoli pochybností o správnosti Koperníkova sys-

tému bylo v 18. století již velmi poskrovnu, přece jen stále chyběl ten nejjednodušší, ale nejprůkaznější důkaz pohybu Země kolem Slunce – zdánlivý eliptický pohyb každé z hvězd po obloze, paralaxa.

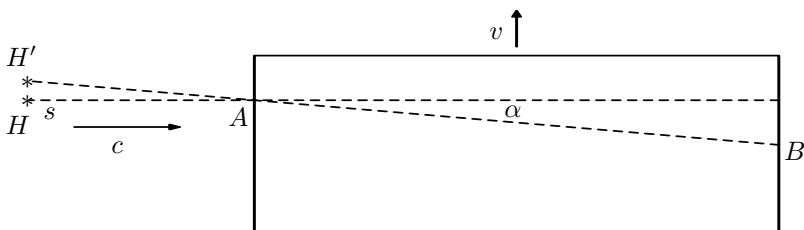
Protože J. Bradley patřil k přepečlivým a přesným pozorovatelům, zařadil se i on mezi hledače paralaxy hvězd. O vlivu refrakce světla v zemské atmosféře věděl, proto pro pozorování zvolil hvězdu v nadhlavníku,  $\gamma$  Draka – s podivným názvem Etamin. Měl pro to ještě jeden důvod. Již roku 1669 Robert Hooke zaznamenal její zdánlivý pohyb, prý paralaktický. Tato hvězda z pozorovacího stanoviště v Greenwich označuje prakticky zenit (její deklinace je  $51^{\circ}29'$ ) a, jak uvidíme později, její volba byla užitečná i pro její blízkost pólu ekliptiky.

Spolu s přítelem Molyneuxem Bradley hvězdu pozoroval asi měsíc a skutečně její zdánlivý pohyb potvrdil. Během několika měsíců hvězda vykreslila část kružnice, kterou po roce zcela uzavřela. Ale co bylo podivné? Kružnice o průměru asi  $40''$  nebyla ovšem paralaktická, paralaktický pohyb hvězdy by musel probíhat právě v opačném směru, než měli astronomové zakresleno ve svých pozorovacích denících. Taková zajímavost samozřejmě vyžaduje k pochopení její podstaty bohatší pozorování. Proto Bradley přešel k pozorování dalších hvězd, tentokrát v různých místech oblohy, a po třech letech měl k dispozici následující fakta: Každá z pozorovaných hvězd vykazuje eliptický pohyb s roční periodou, v opačném směru, než by měl být pozorovatelný pohyb paralaktický. Nejde tudíž o nalezení paralaxy, nýbrž o zatím neobjasněný pohyb. Velké poloosy elips byly ve všech případech stejné (asi  $20''$ ), délka malých poloos byla pro různé hvězdy různá, rostla však od nulové hodnoty pro hvězdy v ekliptikální rovině k hodnotě  $20''$  u pólu ekliptiky. Co však bylo nadmíru zajímavé, zploštění elips nijak nezáviselo na vzdálenosti hvězd, nýbrž jen a jen na jejich ekliptické šířce. Poněkud zvláštní věc, která pohltila všechny Bradleyovy myšlenky.

Ríká se, že řešení i těch největších záhad začíná vnuknutím, které se dostaví zcela neočekávaně a mnohdy za zcela vzdálených okolností. Tím správným pohledem, který J. Bradleyovi vnesl do věci jasno, byl za jedné z projížděk lodí po Temži pohled na lodní praporek plápolající v proudu vzduchu, který vlál tak trochu nakřivo vzhledem ke směru plavby, což byl důsledek složení rychlosti větru a rychlosti plavby.

Motiv vyvolaný lodním praporkem spustil smysluplné astronomické úvahy, jimiž Bradley dospěl k rozuzlení problému. Podívejme se na model vysvětlující naši astronomickou záhadu (obr. 1). Představme si světelný paprsek dopadající ze strany kolmo na pohybující se krabici. V bodě A

propálí otvor do stěny a než proletí napříč krabicí k protější stěně, krabice se o něco posune, takže otvor  $B$  bude o trochu vzadu oproti otvoru  $A$ . Pozorovatel v krabici, který bude pátrat po zlobivém paprsku, vyhodnotí jeho směr jako  $AB$  a nikoli jako směr kolmý na stěnu krabice. Pozorovatel vnímá světelný zdroj zdánlivě odkloněný o úhel  $\alpha$  ve směru svého pohybu. Dopadá-li paprsek z daleké hvězdy  $H$  a představuje-li naše krabice Zemi, je úhel  $\alpha$  dán vztahem  $\alpha = \arctg(v/c)$ , což pro rychlost světla  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  a rychlost Země v ekliptice  $v = 3 \cdot 10^4 \text{ m.s}^{-1}$  dává hodnotu asi  $20,6''$ . O tento úhel ve směru pohybu země musí být odkloněn dalekohled, aby zachytil světlo hvězdy  $H$ .



Obr. 1

Výše uvedená hodnota platí pro směry kolmé na směr pohybu Země. Takové hvězdy – u pólu ekliptiky – opisují zdánlivou kružnici s průměrem asi  $40''$ . Půjdeme-li do nižších ekliptikálních šířek, musíme provádět rozklad zdánlivého pohybu hvězdy do dvou směrů. Výsledkem jsou vždy roční elipsy, jejichž velká poloosa měří úhlově  $20''$  a malá je tím kratší, čím jsme blíže ekliptice. A je-li hvězda přímo v rovině ekliptiky, aberační elipsa přechází v úsečku o úhlové délce  $40''$ , po níž hvězda během let osciluje.

Bradleyův objev vešel ve známost před 280 lety roku 1728, tedy tři roky po prvních jeho pozorováních, a to prostým dopisem Halleyovi. Tehdy mu J. Bradley psal: „Konečně jsem usoudil, že tento zjev vzniká z postupného pohybu světla a z ročního pohybu Země v její dráze. Neboť jsem si uvědomil, že jestliže se světlo šíří konečnou rychlostí, zdánlivá poloha nějakého nepohyblivého objektu nebude táž, když je oko v klidu, jako když se pohybuje jiným směrem než podle zorné přímky.“

James Bradley sice neobjevil paralaxu, avšak aberací světla poskytl neméně silný argument ve prospěch heliocentrizmu. Byl tu totiž přímý důkaz pohybu Země okolo Slunce. Snad doufal, že paralaxu přece jen nalezne, nepolevoval proto v pozorování a měření, provedl přepočty poloh

s ohledem na aberaci a měřil dál. Pevně věřil, že paralaxa hvězd se musí projevit, byť bude sebenepatrnější. I tentokrát měl smůlu – paralaxu do konce života neobjevil, přidal však další objev – nutaci zemské osy.

Když na hranici tehdejší přesnosti – v řádu vteřin – proměřoval polohy hvězd, našel další odchylku, tentokrát asi  $9''$  od střední polohy hvězd, s periodou dosti dlouhou – téměř 19 let. Jestliže u aberace uplynuly od prvního zjištění k jejímu objasnění tři roky, v tomto případě Bradley pozoroval a měřil 19 let, než se perioda uzavřela.

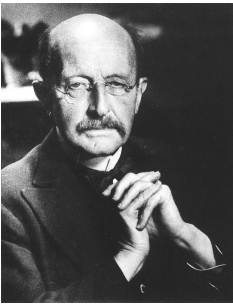
Objev nějakého jevu přímo vybízí k jeho vysvětlení. I příčinu nutace, jak později pohyb nazval, objasnil v podstatě správně. Způsobuje ji Měsíc, jehož dráha neleží v rovině ekliptiky a jejíž průsečnice s ekliptikou opíše pozvolna celý kruh právě za těch 19 let. A protože je Měsíc poměrně blízko Zemi, jeho gravitační působení je na rotující zemské těleso nezanedbatelné. Při podrobnějším objasnění nutace se neobejdeme bez dynamických výpočtů Země jako rotujícího setrvačnicku, které berou v úvahu i zploštění Země.

James Bradley, v době, kdy již byl královským astronomem, dosáhl přesnosti pozorování  $4''$ . I to však bylo málo na nalezení paralaxy, o níž byl celý život přesvědčen\*).

## Listy z kalendára

*Dušan Jedinák, Trnavská univerzita v Trnave*

**Max PLANCK — (23. 4. 1858 – 4. 10. 1947)**



Nemecký fyzik, vyštudoval experimentálnu fyziku a matematiku. Zaoberal sa termodynamikou, optikou i náukou o elektrine. Skúmal súvislosti medzi teplom a mechanickou energiou. Štúdiom základných zákonov termodynamiky a rozborom experimentálnych meraní odvodil (1900) vzorec pre popis žiarenia, ktoré emitujú žeravé telesá. Závislosť bola funkciou teploty telesa. Zdôvodnenie vzťahu však vyžadovalo prijať predpoklad, že žiarenie je vysielané nespojito

\*) Velikosti paralax i těch nejbližších hvězd jsou ještě o řád menší.