

**24. ročník, úloha V. 2 ... měsíc jako lodička** (3 body; průměr 1,57; řešilo 7 studentů)

Z jakých míst na Zemi a kdy vypadá Měsíc jako lodička? (jeho cípy jsou rovnoběžné s obzorem, osa symetrie je kolmá k místnímu nebeskému poledníku) Pokud si s řešením nevíte rady, můžete si nainstalovat vhodný software (např. Celestia) a celou situaci si prohlédnout z různých míst na zemi.

*Krátký astronomický slovníček, aneb pojmy, bez kterých se při čtení řešení neobejdete*

*Ekliptika* – průsečnice roviny určené oběhem planet kolem Slunce s nebeskou sférou

*Nebeský rovník* – průsečnice roviny určené zemským rovníkem s nebeskou sférou

*Zenit (nadhlavník)* – průsečík přímky určené středem Země a místem, kde se nachází pozorovatel s nebeskou sférou

**Řešení**

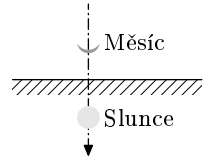
Nejprve se podívejme na nejjednodušší modelovou situaci. Představme si, že zemská osa je kolmá k rovině ekliptiky a Měsíc i Země leží přesně v ní. V jaké pozici by musel být Měsíc se Sluncem abychom mohli pozorovat Měsíc jako lodičku? Je potřeba aby v okamžiku pozorování byl měsíc přímo nad Sluncem, tedy spojnice Slunce-Měsíce musí být v okamžiku pozorování kolmá k horizontu pozorovatele (uvědomme si, že Měsíc i Slunce stále leží na ekliptice, je to tedy opravdu jediná možnost, jak tento jev pozorovat). To je v našem prvním přiblížení možné pouze na rovníku. Na tomto místě by každý den Slunce procházelo přímo zenitem.

Pokud se nyní více přiblížíme reálné situaci a do našich úvah přidáme sklon zemské osy, situace se nám poměrně zkomplikuje.

Naším cílem je stanovit rozmezí zeměpisných šířek, ze kterých je možné tento jev pozorovat. Odchylme se na chvilku od Měsíce a promysleme si pořádně v jakých pozicích lze během roku pozorovat Slunce. Jistě jste si všimli, že se během roku mění maximální výška Slunce nad obzorem - v zimě je Slunce níže (proto je tu také zima) a v létě naopak mnohem výše. To je zapříčiněno právě sklonem zemské osy vzhledem k rovině ekliptiky. Okamžitá poloha Země na její oběžné dráze kolem Slunce spolu se zeměpisnou šířkou určují jednoznačně maximální výšku, do které Slunce může během dne vystoupat (takto definované pravé poledne nastává vždy když Slunce prochází místním poledníkem).

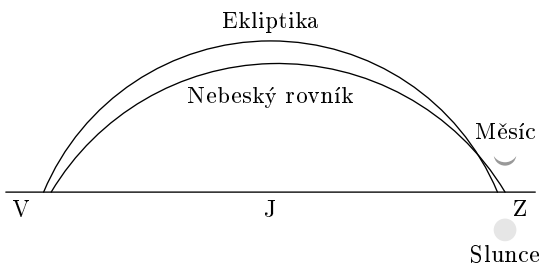
Pro vyřešení naší úlohy je třeba najít nějakou souvislost mezi úhlovou výškou Slunce nad obzorem a sklonem ekliptiky vůči horizontu. Vzhledem k jisté symetrii úlohy (pohyb Slunce po obloze se na jižní polokouli jeví zrcadlově převrácen, to ale na zeměpisných šířkách nic nemění) se budeme dále zabývat severní polokoulí. Existuje jeden okamžik kdy dokážeme snadno určit sklon ekliptiky vzhledem k horizontu. Rovina ekliptiky prochází středem Země, Slunce leží na ekliptice, rovina horizontu prochází místem pozorování. Je tedy jasné, že pokud bude rovina ekliptiky procházet také místem pozorování, pak máme dvě roviny jejichž úhel už lze určit.

Podívejme se na okamžik letního slunovratu. V tento den bude na severní polokouli Slunce v pravé poledne nejvýše. V nadhlavníku bude na  $23^{\circ}27'$  severní šířky. Pokud si v této pozici zastavíme rotaci Země a začneme s ní pouze obíhat kolem Slunce zjistíme, že se Slunce hýbe po ekliptice. To je ale skvělá zpráva. Máme tedy pás určený obratníky Raka a Kozoroha, kde může být slunce v nadhlavníku. Mezi těmito místy může tedy ekliptika s horizontem svírat pravý úhel. A během roku určitě bude existovat časový okamžik, kdy bude Slunce na ekliptice, která bude kolmá k horizontu. Pokud budeme mít štěstí a bude v tento okamžik pozorovatelný Měsíc,



Obr. 1. Zemská osa kolmá k rovině ekliptiky

pak se bude jevit právě jako lodička. Pokud si tedy shrneme právě získané výsledky zjistíme, že pokud Měsíc leží také v ekliptice, lodičku můžeme spatřit mezi obratníky Raka a Kozoroha. Během letního a zimního slunovratu je tento efekt možné pozorovat přímo z rovníku, během jarní resp. podzimní rovnodennosti pak z obratníku Raka resp. Kozoroha.



Obr. 2. Zemská osa je kolmá k rovině ekliptiky

Při dalším přiblížení je nutné si uvědomit, že Měsíc nepohybuje přesně v rovině ekliptiky – jeho oběžná dráha je vůči ní skloněna o úhel zhruba  $5,1^\circ$ . Je možné si přičíst resp. odečíst od souřadnic případných pozorovacích míst ještě pět stupňů (v závislosti na tom, zda je Měsíc nad a nebo pod ekliptikou) a stále je možné Měsíc jako lodičku pozorovat. Pokud by těchto pět stupňů nemělo na pozorování větší efekt, pak by jistě bylo možné tento efekt zanedbat. Nicméně, pokud se podíváte na obrázek 2, je vám už zajisté jasné, že efekt bude mnohem větší.

Kromě polohy Měsíce vůči ekliptice je také důležitá úhlová vzdálenost Měsíce od Slunce. Pokud je zrovna Měsíc nejvíce odchýlen od ekliptiky a zároveň se nachází nejblíže Slunce (řekněme třeba také pět stupňů – leč je to jen těžko reálné číslo), pak se úhel osvitů Měsíce od Slunce mění o úhel  $45^\circ$ ! Toto číslo už se zanedbává těžko.

Je však důležité zdůraznit, že Měsíc takto blízko u Slunce patrně nikdy nevidíte. Takže pokud chcete vidět Měsíc jako lodičku, raději se vypravte někam blíže k rovníku.

**Tereza Jeřábková**  
 terkaj@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty UK MFF. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci UK MFF a podporován Ústavem teoretické fyziky UK MFF, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.

Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.