

Krajské kolo 2018/19, prezenční, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

E Konjunkce Marsu s Měsícem

(max. 20 bodů)

E.1 Výpočty

Pozorovatel v Pise pořídil dva snímky zachycující Mars s Měsícem před a po jejich vzájemné konjunkci (viz obrázek 1 na poslední stránce). Měsíc byl v tu dobu okolo první čtvrti. Obě fotografie od sebe dělí jeden den, čas je u obou stejný (18:35 SEČ), natočení a pozice fotoaparátu také.

a) Předpokládej, že úhlová velikost Měsíce je $30'$. Z obrázků odvoď převodní vztah pro úhlové a fyzické rozměry na fotografii. Pro kontrolu také zapiš i delší rozměr rámečku obrázku 1 v mm.

Rámeček má šířku 176 mm.

Úhlový rozměr Měsíce převedeme na mm. Z obrázku při tisku na A4 dostaneme $30' \dots 9,5$ mm, takže 1° je asi 19 mm.

b) Změř, o kolik mm se posunul Měsíc na obloze mezi oběma fotografiemi vůči Marsu. Kolik je to v úhlových jednotkách? Popiš postup.

Nápověda: K řešení to sice není nezbytně nutné, ale pokud Ti to pomůže, neboj se poškodit poslední list zadání. Všechny jeho části ale také podepiš a odevzdej.

Postup 1: Obrázky vystříhneme (případně od sebe odtrhneme) a přeložíme přes sebe, aby zůstala vodorovná rovina stejná a Mars se překrýval (lze si pomoci např. kružítkem nebo hrotem tužky, který skrz Mars v obou fotografiích prostrčíme).

Postup 2: Oba obrázky necháme na stejném papíře, na každém z nich uděláme kolmici na terminátor a z ní pak kolmici k Marsu. Vzdálenost budeme měřit podél kolmice na terminátor až k marsovské kolmici (celkem $2x$).

Vzdálenost mezi středy Měsíců je asi 216 mm (lze využít i nějaký útvar, např. Mare Crisium)

V úhlových jednotkách je: 216 mm \dots $11,4^\circ$.

c) Předpokládej, že se Měsíc pohybuje po kruhové dráze a Mars je nehybný. Výše získané výsledky použij k výpočtu siderické oběžné periody Měsíce. Uveď ji v hodinách, zaokrouhlenou na desítky hodin, a ve dnech, zaokrouhlenou na stejný počet platných číslic jako výsledek v hodinách.

Je-li dráha kruhová, stačí na výpočet periody trojčlenka:

$$11,4^\circ \dots\dots 24 \text{ hod}$$

$$360^\circ \dots\dots T$$

$$T = \frac{360^\circ \cdot 24 \text{ hod}}{11,4^\circ} \approx 760 \text{ hod}$$

$$T = 760 \text{ hod} \approx 31,7 \text{ dne}$$

d) Skutečná hodnota siderické periody je $T_{\text{sid}} = 27,32$ dne. Použij ji k výpočtu středního denního pohybu Měsíce po obloze. Výsledek uveď zaokrouhlený na desetiny stupně za den.

$$n = \frac{360^\circ}{T_{\text{sid}}} = \frac{360^\circ}{27,32 \text{ dne}} = 13,2^\circ/\text{den}$$

Krajské kolo 2018/19, prezenční, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení E.2 Diskuse výsledků

Vysvětli, proč se naměřená hodnota denního pohybu (část b) liší od hodnoty vypočítané (část d). V každém z následujících bodů uvádíme zanedbání, která jsme při výpočtech učinili. Popiš a zdůvodni (nejlépe výpočtem), jak velkou chybu způsobují.

e) Předpokládali jsme, že se Mars nepohybuje. Mars se však v době pozorování pohyboval prográdně, tj. jeho skutečný pohyb mohl být srovnatelný se středním denním pohybem.

Siderická perioda Marsu je 1,88 roku (viz tabulky), tj. 687 dne. Odhadneme střední denní pohyb Marsu po obloze:

$$\frac{360^\circ}{687 \text{ dne}} = 0,52^\circ/\text{den}.$$

Takže zanedbání pohybu Marsu přineslo chybu cca půl stupně, což je srovnatelné s průměrem Měsíce.

f) Předpokládali jsme, že se Měsíc pohybuje po kruhové dráze, ale Měsíc se nepohybuje pořád stejně rychle. Jeho maximální rychlost je 1,082 km/s, minimální je 0,968 km/s.

Vzdálenost Měsíce od Země není pořád stejná, stejně tak jeho rychlost. Za jeden den urazí v přízemí (asi 363 000 km):

$$\text{tg}^{-1} \frac{86\,400 \text{ s} \cdot 1,082 \text{ km/s}}{363\,000 \text{ km}} = 14,4^\circ.$$

Za jeden den urazí v odzemí (asi 405 000 km):

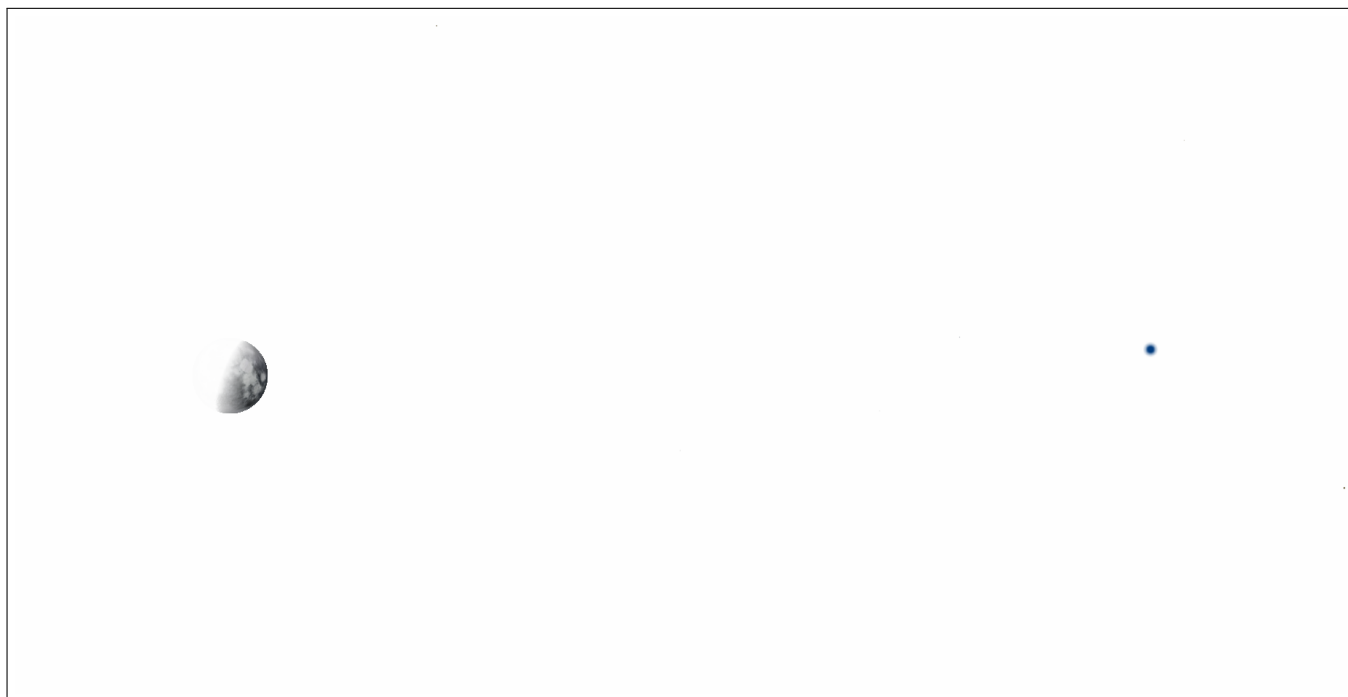
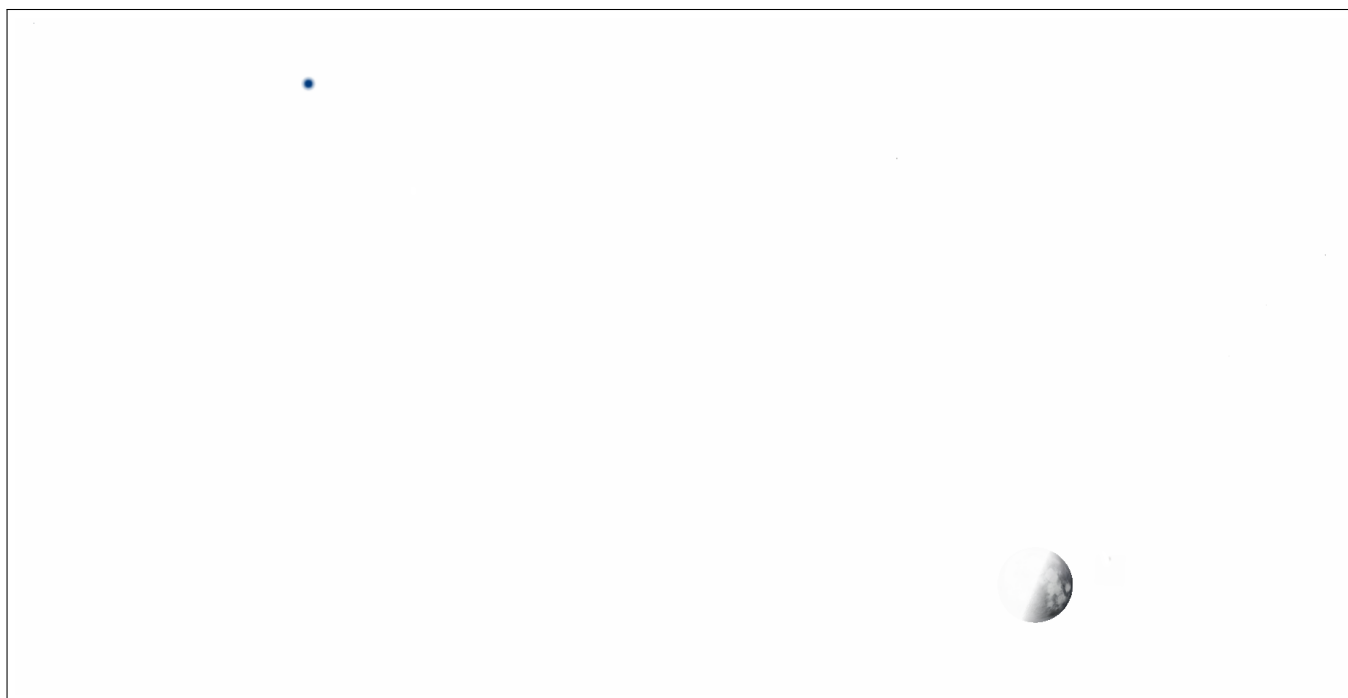
$$\text{tg}^{-1} \frac{86\,400 \text{ s} \cdot 0,968 \text{ km/s}}{405\,000 \text{ km}} = 11,7^\circ.$$

Kdyby byl Měsíc v době pořízení fotografií v odzemí, vyšla by nám jeho rychlost menší než jeho střední rychlost asi o 1,5°/den. Kdyby byl v přízemí, byla by rychlost vyšší, je tedy jasné, že byl v odzemí.

g) Učiň závěr. Shrň, jestli jsou chyby, které jsme diskutovali, dostačující pro vysvětlení rozdílu mezi naměřenou a skutečnou hodnotou. Jaké jsou případně další možné chyby?

Pokud zanedbáme pohyb Marsu a předpokládáme kruhovou oběžnou dráhu Měsíce, dostaneme chybu 2°/den, což stačí k vysvětlení rozdílu mezi naměřenou a skutečnou hodnotou. I tak ale nesmíme zapomínat na chyby měření, které mohou být např. až ±1 mm a pak se přenášejí do všech výpočtů.

Krajské kolo 2018/19, prezenční, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení



Obrázek 1: Fotografie Marsu s Měsícem k části E v inverzních barvách (vše, co je tmavé, ve skutečnosti září a vše, co je bílé, je ve skutečnosti tmavé).