

Krajské kolo 2019/20, domácí, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

Úvodní pokyny

Zadání je třeba tisknout na papír velikosti A4 v měřítku 100 % (tedy volba „skutečná velikost“, nikoliv „přizpůsobit/zmenšit na tisknutelnou oblast“). Také preferujeme oboustranný tisk (standardní přetočení po délce) a prosíme o sešití **všech** listů zadání v levém horním rohu tak, aby šly úlohy za sebou.

A Přehledový test (online)

(max. 30 bodů)

POKYNY: Úvodní test se řeší online na olympiada.astro.cz/korespondencni. Přihlašovací údaje přišly úspěšným řešitelům školního kola e-mailem nebo je dostaneš od svého učitele, který je může zjistit v sekci pro učitele na olympiada.astro.cz/ucitel. Velmi doporučujeme řešení testu neodkládat na poslední dny před uzávěrkou. U problémů s řešením testu oznámených po **15. 3. 2020** bohužel nemůžeme zaručit jejich včasné vyřízení.

B Přechod Merkuru

(max. 10 bodů)

Ve dnech 11.–12. listopadu 2019 (v závislosti na časovém pásmu) jsme měli šanci pozorovat vzácnou astronomickou událost – přechod planety Merkur přes sluneční disk. V této úloze si ji trochu přiblížíme.

a) Jaké planety můžeme ze Země vidět přes Slunce přecházet?

Merkur , Venuše

b) Jaké musí být vzájemné postavení Země a Slunce vůči Merkur, aby mohlo k přechodu vůbec dojít?

Země musí být v opozici se Sluncem.

Merkur musí procházet vzestupným nebo sestupným uzlem / být v rovině ekliptiky / být na spojnici Země–Slunce / být před slunečním diskem / apod.

c) Uvažuj, že při tomto denním pozorování mělo oko průměr zornice 1,4 mm. Jaká je úhlová velikost Merkuru, jestliže byl teprve při desetinásobném zvětšení dalekohledu vidět jako kotouček? Výsledek zaokrouhli na celé úhlové vteřiny.

Nápověda: Využij tabulky AO. Lidské oko je nejcitlivější na světlo o vlnové délce 550 nanometrů.

Dosadíme do vztahu pro rozlišovací schopnost

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{D} = 1,22 \frac{550 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{1,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}} \approx 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ rad} \approx 1,65' \approx 1,7'$$

Má-li dalekohled $Z = 10$, pak je úhlová velikost Merkuru

$$\theta_M = 1,7' / 10 = 10,2'' \approx 10''$$

Krajské kolo 2019/20, domácí, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

d) Jak daleko byl Merkur od Země v době přechodu? Výsledek uveď v astronomických jednotkách (au) zaokrouhlený na setiny.

Nápověda: Pro malé úhly platí $\text{tg } \alpha \approx \alpha$, pokud je α v radiánech.

Převedeme úhlové rozměry na radiány $\theta_M = 10'' \approx 0,000\,048 \text{ rad} \approx 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$ nebo uznat i mezivýsledek z minulého příkladu $\theta/10 = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ rad}/10 = 4,8 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$

Vzdálenost k Merkuru označíme d . Použijeme jeho rovníkový poloměr z tabulek AO, $r = 2\,440 \text{ km}$:

$$\theta_M = \frac{2r}{d} \Rightarrow d = \frac{2r}{\theta_M}$$

$$d = \frac{2 \cdot 2\,440 \text{ km}}{4,8 \cdot 10^{-5}} \approx 1,017 \cdot 10^8 \text{ km} \approx 1,02 \cdot 10^8 \text{ km}$$

Převedeme na au podle převodního vztahu v tabulkách AO

$$d = \frac{1,02 \cdot 10^8 \text{ km}}{1,496 \cdot 10^8 \text{ km/au}} \approx 0,68 \text{ au}$$

C Sluneční skvrna

(max. 22 bodů)

Slunce je tvořeno plyny, nemá pevný povrch, a proto rotuje diferenciálně, tj. pro různé heliografické šířky (souřadnice podobné zeměpisné šířce, ale měřené na Slunci) bude mít jinou rychlost rotace. Již v 19. století studoval rotaci Slunce Richard Carrington. Jelikož na Slunci není jediný pevný bod, rozhodl se, že jako nultý poledník určí meridián procházející středem slunečního kotouče 1. 1. 1854. První otočka se počítá od 12 hodin UT dne 9. 11. 1853, kdy začal Carrington vytvářet fotografické série sluneční fotosféry. Každá další otočka je „den na Slunci“. Jak rychle se tento meridián otáčí, můžeme zjistit např. z pozorování slunečních skvrn ve fotosféře v oblasti rovníku. Dvě kresby sluneční fotosféry od Sluneční patroly v Ondřejově jsou na obrázku 1.

a) Slunce nemá osu rotace kolmou na rovinu oběhu Země kolem Slunce (tzv. ekliptiku) ani rovnoběžnou s rotační osou Země, ale v prostoru se kývá. To znamená, že sluneční rovník také neleží v rovině ekliptiky ani v rovině zemského rovníku. Rovina rovnoběžná s rovinou zemského rovníku (tj. rovina, ve které probíhá denní pohyb Slunce) je v kresbách vyznačena předtištěnými značkami W (západ) a E (východ). Zjisti z obrázku 1, jaký byl sklon slunečního rovníku vzhledem k této rovině v době pozorování. Zaokrouhli na celé stupně dolů.

4° (je to rozdíl od tištěných a zakreslených značek W nebo E v kroužku)

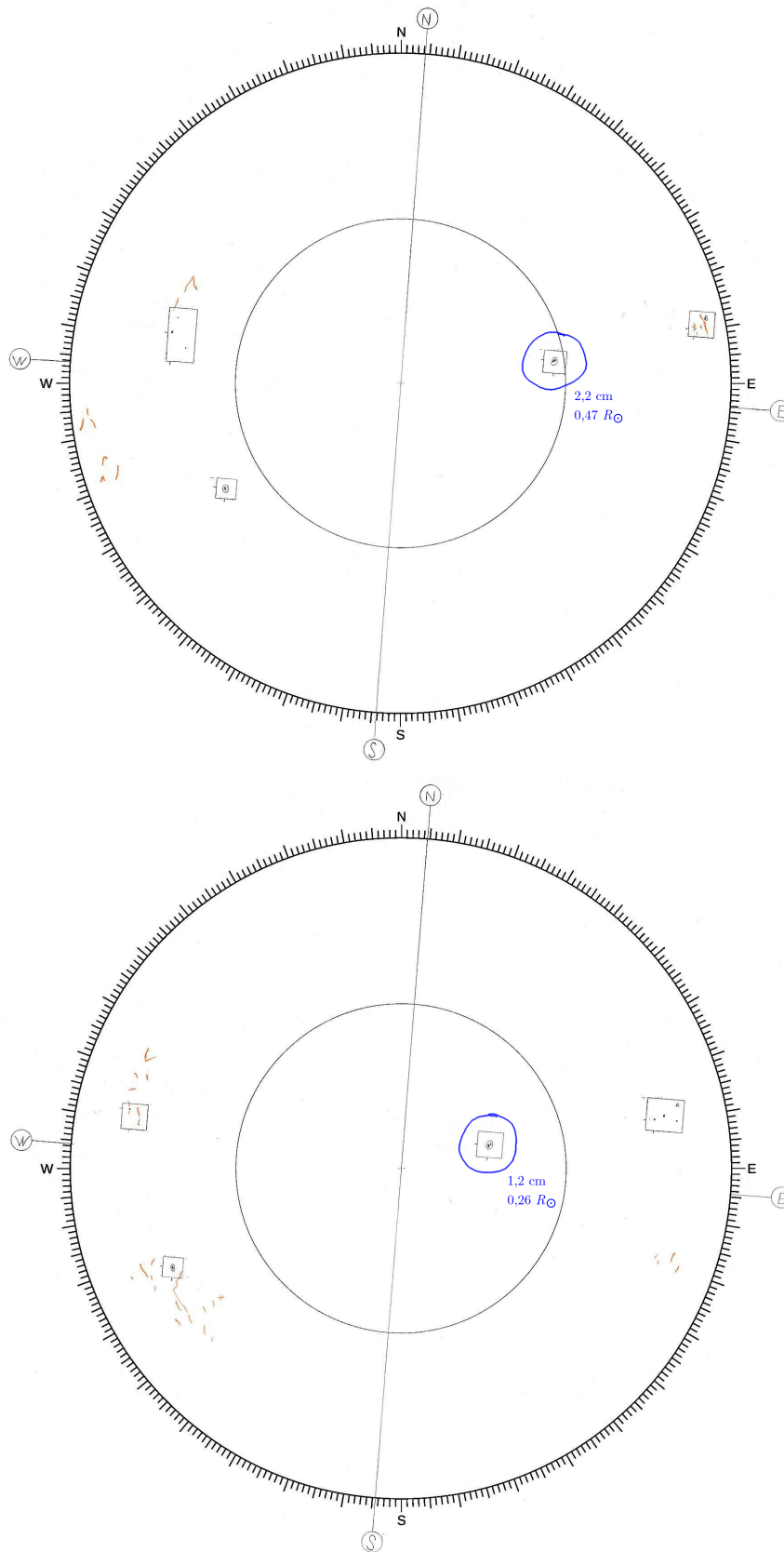
b) Zjisti, jaký je převodní vztah mezi rozměrem kresby Slunce na obrázku 1 a skutečným poloměrem Slunce. Zapiš ho s přesností na 2 platné číslice.

Při tisku na 100% je velikost kotouče na obrázku mezi 9,3 cm a 9,4 cm, tedy cca 9,35 cm. To odpovídá $2 R_\odot$, takže převodní vztah je

$$4,7 \text{ cm} \dots R_\odot$$

(lze měřit také kolmo od rotační osy k E nebo W v kroužku nebo od středového křížku k okraji a vyjde $4,7 \text{ cm} \dots R_\odot$)

Krajské kolo 2019/20, domácí, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení



Obrázek 1: Kresby Slunce ve dnech 16. 7. 2015 v 9:24 UT a 17. 7. 2015 v 8:30 UT s vyznačenou osou rotace.

Krajské kolo 2019/20, domácí, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

c) Kolik času uplynulo mezi oběma kresbami? Výsledek uveď v minutách.

Záznamy jsou z 9:24 (první den) a 8:30 (druhý den). Uplynulo tedy 23 hodin a 6 minut, tj. 1 386 minut.

d) Na kresbách Slunce na obrázku 1 jsou vyznačeny 4 skvrny. Vyber tu, která bude nejvhodnější k určení tzv. Carringtonovy rotace (tj. pohybu Carringtonova poledníku), a v obou kresbách ji i s jejím rámečkem zakroužkuj.

e) Změř na obou kresbách, jak je vybraná skvrna daleko od rotační osy Slunce a zapiš tuto vzdálenost v cm i v násobcích poloměru Slunce do každého obrázku.

f) To, co vidíme na kresbě, je pouze průmět Slunce do roviny papíru, Slunce je však ve skutečnosti koule. Vypočítej, o jaký úhel se sluneční skvrna pohnula mezi snímky za předpokladu, že se pohnula pouze v rovině rovníku. Výsledek uveď ve stupních zaokrouhlený na celé stupně.

Nápověda: Nejsnazší bude využít goniometrické funkce.

Zjistíme, jaký úhel svírá skvrna na každém snímku s poledníkem, který míří přímo k nám.

16. 7. 2015 (úhel označíme α):

$$\sin \alpha = \frac{0,47 R_{\odot}}{1 R_{\odot}} = 0,47 \Rightarrow \alpha \approx 28^{\circ}$$

17. 7. 2015 (úhel označíme β):

$$\sin \beta = \frac{0,26 R_{\odot}}{1 R_{\odot}} = 0,26 \Rightarrow \beta \approx 15^{\circ}$$

Skvrna se tedy pohnula o

$$\Delta = |\alpha - \beta| = 13^{\circ}$$

g) Jak dlouhá vychází z našeho měření jedna Carringtonova otočka? Výsledek uveď ve dnech, hodinách a minutách se zaokrouhlením na minuty.

Jestliže 13° trvá 1 386 minut, pak trojčlenkou dopočítáme, že 360° trvá

$$t = \frac{1\,386 \text{ min} \cdot 360^{\circ}}{13^{\circ}} \approx 38\,382 \text{ min} = 639,7 \text{ h} = 26 \text{ d } 15 \text{ h } 42 \text{ min}$$

h) Kolikátá Carringtonova otočka by tedy měla být dle našich měření v době pořízení kreseb?

Nápověda: Lze řešit i v některém z tabulkových softwarů. Měj však na paměti, že pouhé uvedení výsledku nestačí, takže sem uveď dílčí kroky (např. počet dní mezi daty a závěrečný výpočet).

Začínáme 9. 11. 1853, končíme 17. 7. 2015. Mezi těmito daty uběhlo (dle WolframAlpha) 59 054 dní (stačí nám přesnost na dny)

Teď už stačí jen vydělit čas délkou Carringtonovy otočky z předchozího úkolu.

$$T = \frac{59\,054 \text{ d}}{639,7 \text{ h}} = \frac{1,417 \cdot 10^6 \text{ h}}{639,7 \text{ h}} \approx 2\,215,1$$

Právě probíhá 2215. Carringtonova otočka.

Krajské kolo 2019/20, domácí, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

i) Ve skutečnosti byla v době pořízení kreseb 2166. Carringtonova otočka. Vysvětli, proč se vypočítaný výsledek liší od skutečnosti a uveď o kolik procent.

Čísla se liší o

$$\delta = \frac{|2166 - 2215|}{2166} \approx 2,3\%,$$

protože jsme udělali chybu v měření (určení středu skvrny, určení převodního vztahu mezi kresbou a skutečným Sluncem). Naše měření bylo málo přesné na to, jaké číslo jsme z něj chtěli dostat a zanesená chyba se nakumulovala.

D Pozorování – Sluneční hodiny (online)

(max. 20 bodů)

POKYNY: Praktická úloha se řeší online na olympiada.astro.cz/korespondencni. Přihlašovací údaje přišly úspěšným řešitelům školního kola e-mailem nebo je dostaneš od svého učitele, který je může zjistit v sekci pro učitele na olympiada.astro.cz/ucitel. Velmi doporučujeme praktickou úlohu neodkládat na poslední dny před uzávěrkou (hlavně kvůli počasí). Navíc u problémů s řešením oznámených po **15. 3. 2020** bohužel nemůžeme zaručit jejich včasné vyřízení. **Řešení (nebo alespoň snaha o řešení) praktické úlohy je nutnou podmínkou pro postup do finále Astronomické olympiády.**

Sestrojení pomůcky – „glóbusu“

- Sestroj si polystyrenový glóbus i s podstavcem dle návodu a šablony v souboru s přílohou.
- Tenkým fixem zakreslí na glóbus oba obratníky (obratník Raka a Kozoroha).

Příprava měření

Měření musíš dělat venku za jasného počasí, aby bylo vidět Slunce. Také budeš potřebovat vodorovnou plochu (např. stůl). Měření není vhodné provádět v době poledne, protože by odečtení času na glóbusu bylo zatíženo velkou chybou. Údaje z pozorování, které po tobě chceme zapsat do online formuláře, si můžeš nejprve napsat na papír a pak je i s pomocí (např. rodiče) přepsat do počítače.

c) Zapiš souřadnice svého stanoviště (zeměpisnou šířku a délku a upřesnění místa – např. zahrada, louka za městem atd.) a pozorovací podmínky do online formuláře. Na glóbus do tohoto místa zapíchni kolmo špendlík, aby z něho zhruba 1 cm vyčníval.

d) Vystřižni 24hodinový ciferník a připevni ho k severnímu pólu tak, aby dvanáctka mířila po meridiánu na jih.

Nápověda: Protože měříme na kouli, bude vždy přesnější k měření použít nit, jejíž jednu stranu přivážeme k severnímu pólu a druhou budeme „natahovat“ po glóbusu.

e) Glóbus natoč tak, aby špendlík v místě stanoviště mířil k zenitu a severní pól glóbusu k severu.

Krajské kolo 2019/20, domácí, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení Měření času

- f) Do online formuláře uveď aktuální čas v okamžiku měření. Nezapomeň uvést časové pásmo.
- g) Vezmi další špendlík s malou hlavičkou a zapíchni jej kolmo do glóbusu do takového místa, kde tento špendlík nebude vrhat stín. Tím najdeš souřadnice místa na Zemi, kde mají právě Slunce v zenitu (tzv. subsolární bod). Zapiš tyto souřadnice do online formuláře.
- h) Jaké větší město se nachází v místě subsolárního bodu? Zapiš ho do online formuláře.
- i) Změř na ciferníku na severním pólu glóbusu časový rozdíl mezi polohou subsolárního bodu a stanovištěm. Číslo zapiš do online formuláře.
- j) Zjisti, kdy pro tvoje stanoviště v den měření vychází a zapadá Slunce.

Glóbus vyfotografuj z několika úhlů pohledu, aby byly vidět obratníky, ciferník, špendlík v místě pozorování, špendlík v místě subsolárního bodu a orientace glóbusu na podstavci – tj. kde je sever (např. pomocí kompasu vedle glóbusu) a kde zenit. Fotografie (max. 4 a každá ve velikosti do 1 MB) přilož k řešení do online formuláře.