



Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

Identifikace

Na každý list se zadáním nebo řešením napiš dolů svoje jméno, příjmení a identifikátor. Neoznačené listy nebudou opraveny!

Žák

jméno: _____ příjmení: _____ identifikátor: _____

Škola

název: _____ město: _____ PSČ: _____

Hodnocení

A ___ B ___ C ___ D ___ Σ (100 b.) ___

Účast v AO se řídí organizačním řádem, který je společně s propozicemi aktuálního ročníku k nalezení na olympiada.astro.cz.

Krajské kolo je nutné odevzdat pomocí online formuláře do 17. 3. 2023!

A Přehledový test (online)

(max. 30 bodů)

POKYNY: U každé otázky vyber právě jednu správnou odpověď. Za správnou odpověď je 1 bod. V případě špatné nebo žádné odpovědi je za otázku 0 bodů.

B Aspekty planet

(max. 15 bodů)

Aspekt planety označuje nějakou její význačnou polohu vzhledem ke Slunci a Zemi.

a) Do obrázku 1 přiřaď k číslům 1 až 5 následující aspekty: opozice, horní konjunkce, dolní konjunkce, elongace, kvadratura. Písmena S a Z v obrázku označují po řadě Slunce a Zemi.

b) U následujících otázek zakroužkuj správnou odpověď.

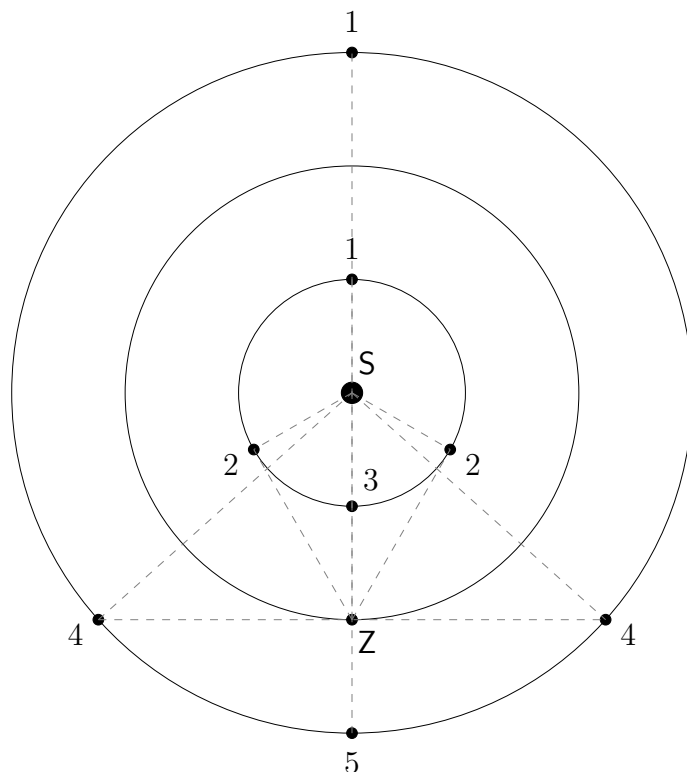
i. Může se vnější planeta, např. Jupiter, někdy nacházet v konjunkci (ať už horní či dolní) se Sluncem při pozorování ze Země?

ano – ne

ii. Může se vnitřní planeta, např. Venuše, nacházet v opozici se Sluncem při pozorování ze Země?

ano – ne

Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)



Obrázek 1: Aspekty planet.

K popisu oběhu planet kolem Slunce využijeme veličinu zvanou úhlová rychlost, kterou budeme označovat písmenem ω . Vyjadřuje, jakou úhlovou vzdálenost těleso urazí na oběžné dráze za určitý časový úsek. Vezmeme-li jako tento časový úsek oběžnou dobu T tělesa, zjevně vykoná jeden celý oběh, tedy 360° . Úhlovou rychlost můžeme tedy spočítat jako $\omega = \frac{360^\circ}{T}$. V celé úloze budeme uvažovat, že Země i Mars obíhají kolem Slunce po kruhových drahách konstantní úhlovou rychlostí.

Při pozorování Marsu ze Země uplynulo mezi jeho dvěma po sobě jdoucími opozicemi $T_{\text{syn}} = 780$ d. Tento čas se označuje jako synodická oběžná doba a jedná se o dobu, která uplyne mezi dvěma stejnými postaveními planety vůči Slunci na obloze. Obě planety obíhají kolem Slunce stejným směrem, jedna druhou jakoby dohání a jejich vzájemná úhlová rychlost, tedy synodická úhlová rychlost ω_{syn} , je proto menší než tzv. siderická úhlová rychlost planety, která se vztahuje vůči vzdáleným hvězdám. Pro synodickou úhlovou rychlost tak můžeme psát $\omega_{\text{syn}} = \omega_{\text{Z,sid}} - \omega_{\text{M,sid}}$, kde $\omega_{\text{Z,sid}}$ a $\omega_{\text{M,sid}}$ značí siderickou úhlovou rychlost Země resp. Marsu. Příslušné siderické oběžné doby pak budeme značit $T_{\text{Z,sid}}$ a $T_{\text{M,sid}}$.



Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

c) Ze zadané synodické oběžné doby Marsu $T_{\text{syn}} = 780$ d vypočti jeho siderickou oběžnou dobu $T_{\text{M,sid}}$. Výsledek uveď ve dnech s přesností na celé dny.

d) S využitím výsledku předchozí části vypočti ze 3. Keplerova zákona velkou poloosu a_{M} (tedy pro kruhovou dráhu poloměr) dráhy Marsu. Výsledek uveď v astronomických jednotkách s přesností na dvě desetinná místa; poloměr / velká poloosa dráhy Země je $a_{\text{Z}} = 1$ au.

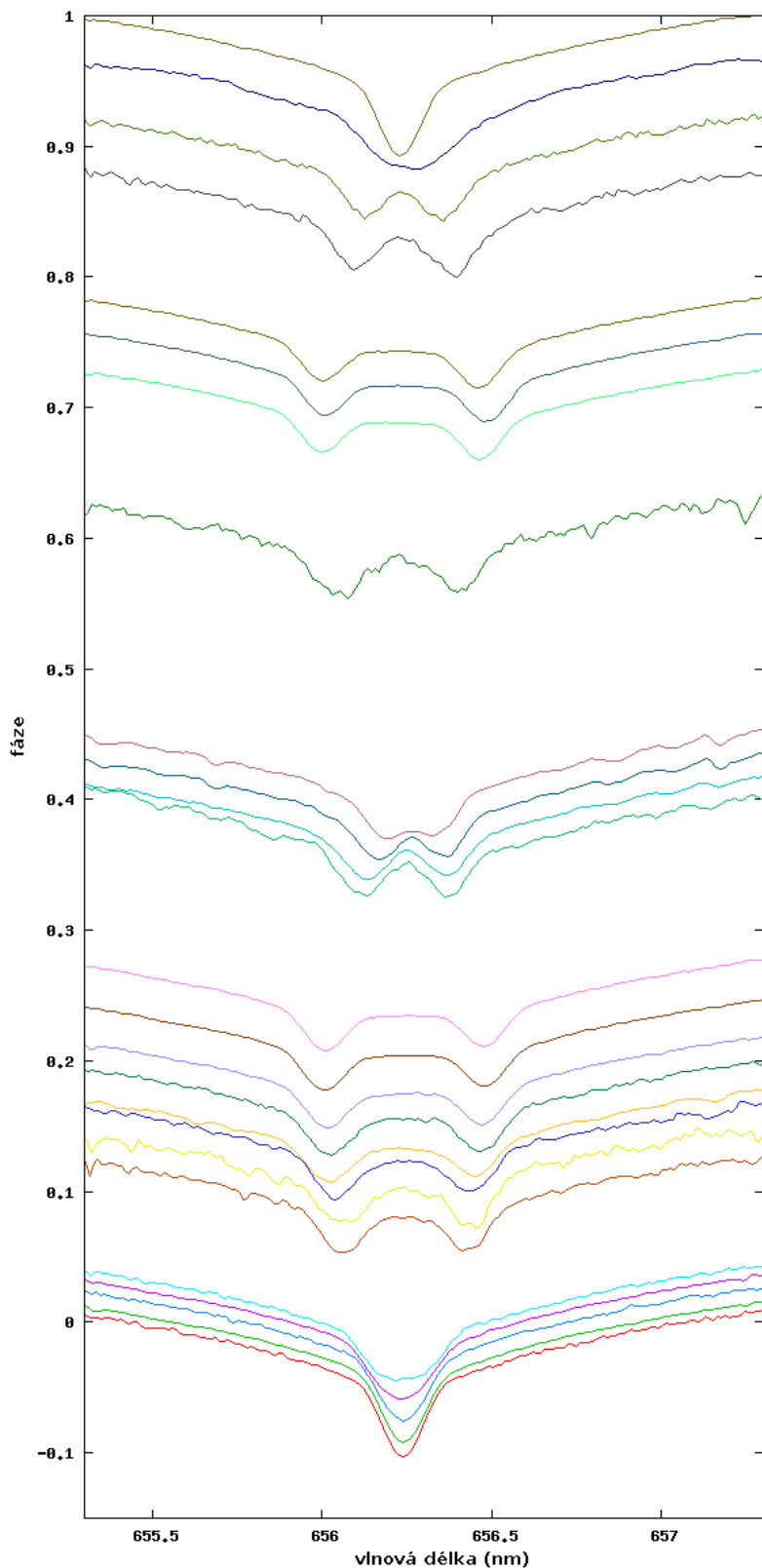
C Dvojhvězda β Aur

(max. 30 bodů)

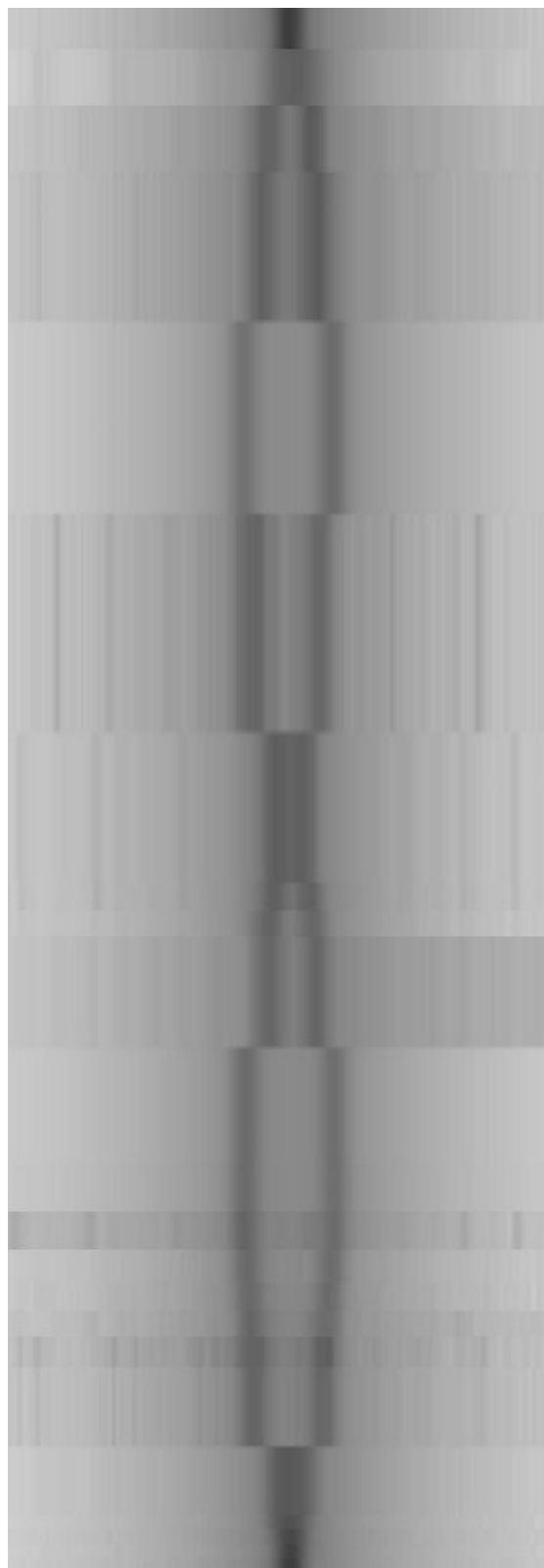
V této úloze se budeme zabývat objekty, kterým říkáme *spektroskopické dvojhvězdy*. Jedná se o hvězdné soustavy obsahující dvě hvězdy, které jsme ale zpravidla schopni rozlišit pouze na základě pozorování kombinovaného spektra záření, které k nám od systému přichází.

Jak jsme se již dozvěděli ve školním kole, v důsledku tzv. *Dopplerova jevu* se pozorovaná vlnová délka záření, které k nám přichází od pohybujících se objektů, mění v závislosti na vzájemné rychlosti pozorovatele (nás) a zářícího objektu. Jelikož jednotlivé hvězdy v rámci dvojhvězdného systému obíhají kolem barycentra, projeví se tento pohyb na změnách polohy čar v kombinovaném spektru obou složek, které pozorujeme.

Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)



(a)



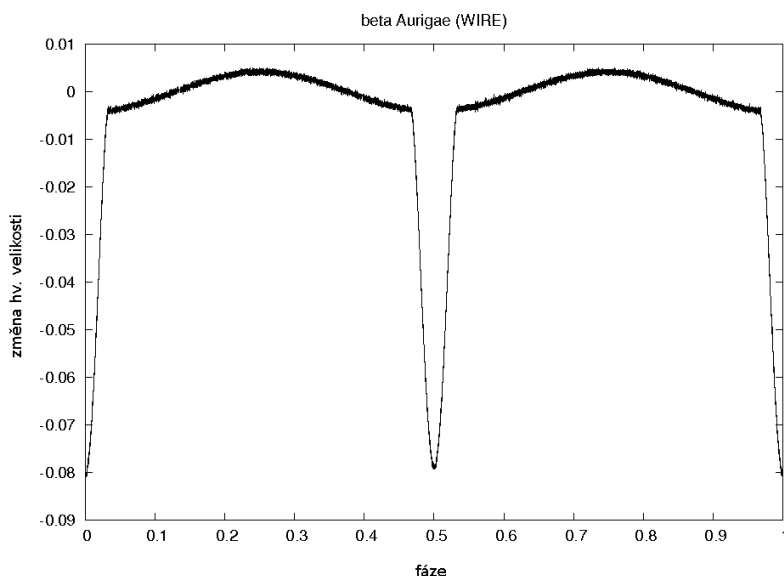
(b)

Obrázek 2: Časová posloupnost spekter naměřených pro systém β Aur. Na obrázku (a) jsou spektra znázorněna pomocí závislosti intenzity záření na vlnové délce (vodorovná osa). Na svislé ose je vynesena fáze oběhu dvojhvězdy, ve které bylo dané spektrum pořízeno. Na obrázku (b) vidíme odpovídající snímky

spekter.

Jméno a příjmení: _____

Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)



Obrázek 3: Závislost změn hvězdné velikosti na fázi oběhu dvojhvězdy β Aur.

Na obrázku 2 níže vidíme časovou posloupnost spekter dvojhvězdy β Aur. Zachycena je konkrétně oblast spektra kolem čáry $H\alpha$, jejíž laboratorní vlnová délka je rovna $\lambda_{\text{lab}} = 656,281$ nm. Spektra byla pořízena přístrojem Lhires III. Tento systém je zároveň zákrytovou proměnnou hvězdou, jejíž světelnou křivku, pořízenou družicí WIRE, vidíme na obrázku 3. V obou případech je časová závislost nahrazena závislostí na tzv. *fázi* oběhu: jedná se o číselnou hodnotu, která se v rámci jedné oběžné periody rovnoměrně mění od 0 do 1 a kde hodnoty 0 a 1 odpovídají okamžikům primárního minima. Z obou druhů měření plyne hodnota oběžné periody dvojhvězdy $P = 3,960$ d.

V následujících úkolech budeme předpokládat, že hvězdy rovnoměrně obíhají kolem barycentra po kruhových drahách a že směr k pozorovateli leží v rovině oběhu složek (v systému dochází k zákrytům).

a) Urči střední hodnotu λ_0 vlnové délky, kolem které oba obrazy spektrální čáry $H\alpha$ v čase oscilují. Výsledek uveď v nm s přesností na dvě desetinná místa.

b) Rozhodni, zda se barycentrum systému od pozorovatele vzdaluje, nebo se k němu přibližuje.



Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

c) Urči velikost v_r rychlosti vzdalování, resp. přibližování systému k pozorovateli. Výsledek uveď v $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ s přesností na dvě platné číslice.

d) Urči maximální velikost $\Delta\lambda$ odchylky polohy obrazů spektrální čáry od střední polohy λ_0 . Výsledek uveď v nm s přesností na dvě desetinná místa.

e) Proveď schematické nákresy zachycující dvojhvězdný systém v okamžicích odpovídajících fázím 0, 0,25, 0,5 a 0,75 při pohledu kolmo na rovinu oběhu. Do každého z nákresů vyznač směr k pozorovateli, polohy obou hvězd v daném okamžiku, polohu barycentra systému a průvodiče obou složek. Co můžeš říct o poměru hmotností obou složek?



Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

f) Vypočti maximální velikost v_m složek rychlostí jednotlivých hvězd směrem k pozorovateli. Výsledek udej v $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ s přesností na tři platné číslice.

g) Urči velikost v_o oběžných rychlostí obou složek.

h) Urči poloměr r oběžných drah hvězd kolem barycentra. Výsledek uveď číselně v au s přesností na dvě desetinná místa.

i) Urči velikost a_d dostředivého zrychlení působícího na jednotlivé hvězdy v systému. Výsledek vyjádři obecně pomocí v_o a r .

Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

Z 2. Newtonova zákona víme, že dostředivé zrychlení např. první z hvězd musí být rovno gravitační síle na jednotku hmotnosti (první hvězdy), kterou na ni působí druhá hvězda.

j) Urči hmotnost M každé z hvězd jako násobek hmotnosti Slunce. Výsledek uveď číselně s přesností na dvě platné číslice.

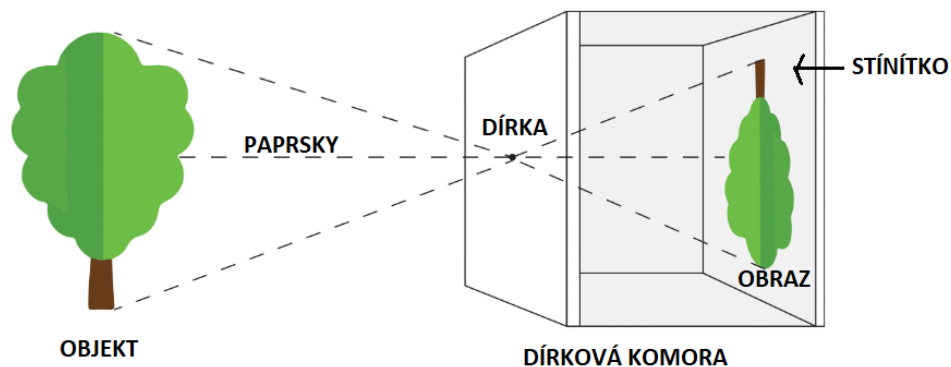
D Dírková komora

(max. 25 bodů)

POKYNY: Doporučujeme pozorování neodkládat na poslední chvíli před uzávěrkou (hlavně kvůli počasí). U problémů s řešením oznámených po začátku března bohužel nemůžeme zaručit jejich včasné vyřízení. **Řešení (nebo alespoň snaha o řešení) pozorovací úlohy je nutnou podmínkou pro postup do finále Astronomické olympiády. Všechny potřebné výpočty zapiš, pouhý správný výsledek bez postupu neuznáváme!**

Cílem této úlohy bude sestavení zařízení zvaného dírková komora a jeho využití k změření úhlového průměru Slunce.

V podstatě se jedná o krabici s malou dírkou v jedné stěně. Světlo z objektu vně krabice, které touto dírkou projde, vytvoří na protější stěně krabice obraz objektu. Toho v minulosti využívali například malíři, kteří pak vzniklý obraz mohli jednoduše obkreslit. Dírková komora tak byla jistým předchůdcem fotoaparátu. Schéma dírkové komory ukazuje obrázek 4.



Obrázek 4: Schéma dírkové komory.



Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

a) Sestav si vlastní dírkovou komoru.

Budeš k tomu potřebovat dlouhou rovnou rouru, jejíž délka by měla být alespoň 80 cm a průměr alespoň 4 cm. Materiál roury musí být takový, aby do něj bylo možno poblíž jednoho konce udělat otvor.

Ten by měl být tak velký, aby skrz něj bylo možné zevnitř vidět většinu koncového otvoru roury. Tento konec roury zaslep kusem milimetrového papíru tak, aby skrz udělaný otvor byla vidět jeho strana potištěná čtvercovou sítí. Rovina milimetrového papíru by měla být kolmá na osu roury.

Dále ustřižni dostatečně velký kousek alobalové folie a upevni ho na druhý (otevřený) konec roury tak, aby rovina folie byla kolmá na osu roury (tedy totéž, co platilo pro rovinu milimetrového papíru). Je důležité napnout fólii tak, aby byla rovná a hladká. Přesně do středu folie udělej co nejmenší díрку. Vhodné je použít tenkou jehlu. Dírka by měla být pokud možno kruhová s co nejčistšími okraji.

Hotovou dírkovou komoru vyfotografuj a fotografii nezapomeň přiložit k řešení.

b) Pozoruj dírkovou komorou obraz Slunce.

Dírková komora je nyní připravena k pozorování. Do Slunce se NEDÍVEJ přímo, pouze sleduj jeho obraz na milimetrovém papíře otvorem vystřiženým v rouře.

Nejlepší je stát ke Slunci zády s dírkovou komorou přes rameno, a to tak, že konec s milimetrovým papírem máme před sebou, zatímco konec s dírkou je za naším ramenem přibližně směrem ke Slunci. Pro přesnější namíření sleduj stín roury na zemi před sebou. Aby byla dírka natočena přímo ke Slunci, měl by být co nejmenší. Jakmile se ti povede komoru správně nasměrovat, měl bys vidět na milimetrovém papíře malý světlý kotouček. Natáčeš komoru, dokud obraz nebude vycentrovaný na střed papíru.

Až obraz Slunce najdeš, zkus změřit jeho velikost tak, že spočítáš počet čar na milimetrovém papíře, které obraz Slunce překrývá. Zajímá nás průměr obrazu, tedy počet čar od okraje kotoučku k jeho protějším okraji. Pro větší přesnost proved měření alespoň třikrát a průměr obrazu Slunce vypočti jako aritmetický průměr jednotlivých naměřených hodnot.



Krajské kolo 2022/23, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

c) Urči úhlový průměr Slunce.

Pro určení úhlového průměru Slunce budeš kromě již změřené velikosti jeho obrazu potřebovat znát délku roury, tedy vzdálenost od dírky po střed stínítka. Označíme-li tuto vzdálenost d a průměr obrazu Slunce D , můžeme úhlový průměr δ Slunce na obloze v radiánech vypočítat ze vztahu

$$\delta = \frac{D}{d}.$$

Vypočti úhlový průměr Slunce na obloze v úhlových minutách.

d) Urči fyzický průměr Slunce.

Z vypočteného úhlového průměru Slunce δ a známé vzdálenosti a Země–Slunce lze vypočítat fyzický průměr Slunce D_{\odot} . Platí

$$D_{\odot} = \delta a.$$

Stejně jako v předchozí části dosazujeme δ v radiánech. Vypočti fyzický průměr Slunce a výsledek uveď jako násobek průměru Země. Můžeš předpokládat, že vzdálenost Země od Slunce je známa.