



Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

A Přehledový test

(max. 20 bodů)

POKYNY: U každé otázky **zakroužkuj právě jednu** odpověď. Za správnou odpověď je 1 bod. Pokud se chceš opravit, původní odpověď zřetelně škrtni a zakroužkuj jinou možnost. V případě špatné, žádné, nebo nezřetelné odpovědi je za otázku 0 bodů.

B Slepá mapa oblohy

(max. 10 bodů)

1. Napiš české názvy libovolných pěti souhvězdí, která jsou na mapce alespoň částečně vidět.

Vodnář, Kozoroh, Orel, Štít, Had, Hadonoš, Herkules, Severní koruna, Pastyř, Drak, Labuť, Kefeus, Ještěrka, Andromeda, Kasiopea, Pegas, Koníček, Delfín, Lištička, Šíp, Lyra

2. Pojmenuj hvězdy označené „a“ až „e“:

- [a] Deneb
- [b] Vega
- [c] Altair
- [d] Eltanin / Etamin
- [e] Sadr

3. Která z hvězd z předchozí otázky má nejvyšší deklinaci? Jak se říká aste-

rismu, který tvoří první tři hvězdy („a“ až „c“)?

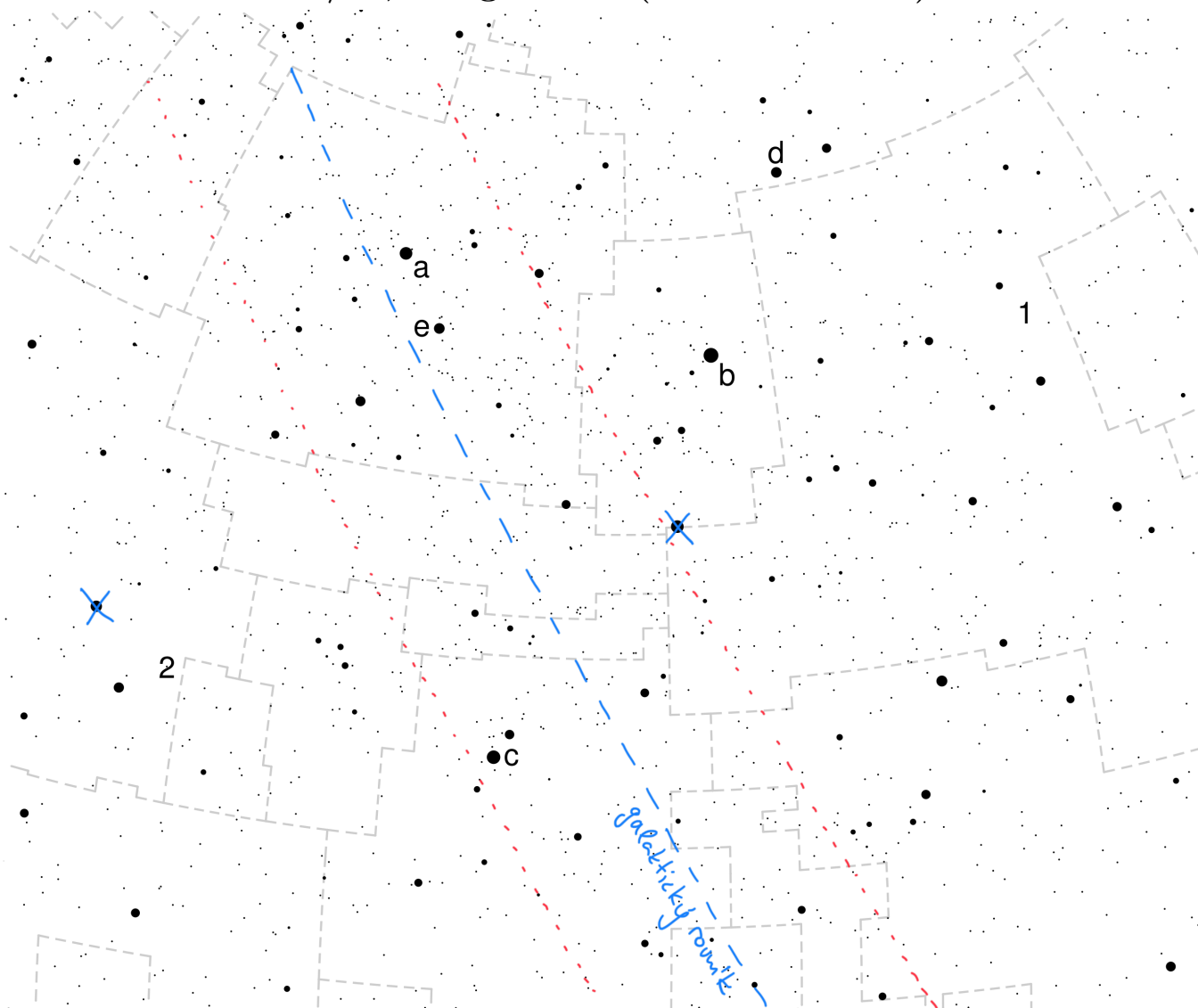
Nejvyšší deklinaci má hvězda „d“ (Eltanin / Etamin). Asterismus tvořený hvězdami „a“ až „c“ se nazývá Letní trojúhelník.

4. V mapce jsou čísla vyznačené dva Messierovy objekty. Napiš jejich Messierovo označení a o jaký typ objektu se jedná.

M13, M15, obě kulové hvězdokupy

5. V mapce přebývají dvě jasné hvězdy. Vyznač jejich polohy křížky.
6. Zakresli do mapky galaktický rovník.

Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení



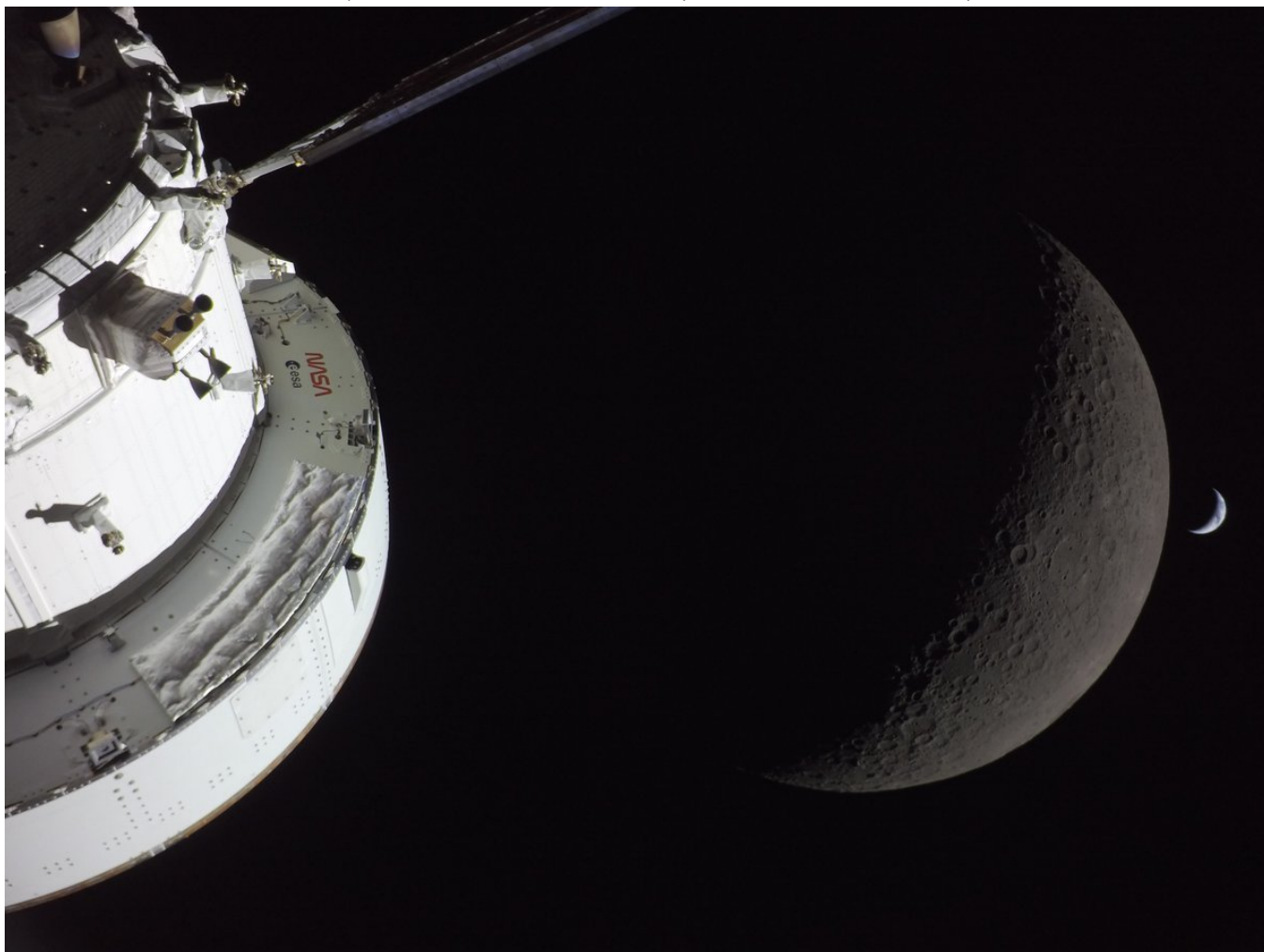
C Artemis II

(max. 10 bodů)

V rámci mise Artemis II, která začátkem dubna letošního roku obletěla Měsíc, dosáhli astronauti zatím největší vzdálenosti od Země ze všech dosavadních pilotovaných letů do vesmíru. V této úloze se tuto vzdálenost pokusíme odhadnout na základě jednoho ze snímků (viz Obrázek 1), které mise Artemis II během svého letu pořídila.

Víme, že snímek na Obrázku 1 byl pořízen 6. dubna 2026 přibližně ve 22:45 UTC. V tento okamžik se střed Měsíce nacházel ve vzdálenosti $d = 404\,880$ km od středu Země. V celé úloze pro jednoduchost předpokládej, že situace na Obrázku 1 odpovídá konfiguraci, kdy jsou Země, Měsíc i Artemis II seřazeny (v tomto pořadí) v jedné přímce. To zároveň odpovídá okamžiku, kdy se Artemis nacházela nejdále od Země. Počítej s hodnotou poloměru Země $R_Z = 6\,378$ km a s hodnotou $R_M = 1\,737$ km pro poloměr Měsíce.

Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení



Obrázek 1: Fotografie Měsíce a Země pořízená Artemis II těsně před vstupem do rádiového stínu Měsíce.

Ze snímku na Obrázku 1 bychom mohli odměřit poměr α úhlových velikostí Země a Měsíce (jakožto poměr velikostí jejich obrazů), jak je v daný okamžik pozorovali astronauti na palubě. Dostali bychom $\alpha \doteq 0,077$.

Úhlové poloměry Země a Měsíce pozorované z Artemis II budeme v této úloze značit jako ρ_Z a ρ_M . Nejprve předpokládej, že obě tyto hodnoty jsou dostatečně malé na to, abychom je mohli přibližně počítat jako poměr skutečného poloměru objektu a vzdálenosti středu objektu od pozorovatele (vyjde v radiánech). Vzdálenost Artemis II od středu Měsíce v okamžik pořízení snímku označme jako x .

a) Napiš obecné vztahy pro výpočet ρ_Z a ρ_M pomocí R_Z , R_M , d a x .

Jelikož je v daný okamžik vzdálenost mezi Zemí a Artemis II rovna $d + x$, píšeme

$$\rho_Z = \frac{R_Z}{d + x}.$$

Vzdálenost mezi Artemis II a Měsícem je rovna x , máme tedy

$$\rho_M = \frac{R_M}{x}.$$



Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

b) Urči hodnotu x v kilometrech. Využij k tomu vztahy napsané v části a). Dopočti rovněž hodnotu vzdálenosti d_Z astronautů od povrchu Země a d_M od povrchu Měsíce (opět v kilometrech). Výsledky uveď na 3 platné číslice.

Poměr α úhlových velikostí můžeme zapsat jako

$$\alpha = \frac{\rho_Z}{\rho_M} = \frac{R_Z}{R_M} \frac{x}{d+x}.$$

Odtud můžeme hledanou vzdálenost x postupnými úpravami vyjádřit jako

$$x = \frac{\alpha d R_M}{R_Z - \alpha R_M}.$$

Číselně máme $x \doteq 8\,670$ km. Odtud dopočteme

$$d_M = x - R_M \doteq 6\,940 \text{ km},$$

a také

$$d_Z = x + d - R_Z \doteq 407\,000 \text{ km}.$$

c) Pomocí vhodného pravoúhlého trojúhelníku vypočti přesnou úhlovou velikost Měsíce, tak jak ho astronauti pozorovali ze vzdálenosti x . Získanou hodnotu porovnej s přibližnou metodou výpočtu, kterou jsme použili při určení x v částech a) a b). Hodnoty uváděj s přesností na 3 platné číslice.

Z pohledu astronautů na Artemis II odpovídá paprsek dopadající z okraje měsíčního disku tečně k povrchu Měsíce. Tato tečna svírá se směrem ke středu měsíčního disku úhel β , který splňuje

$$\sin \beta = \frac{R_M}{x}.$$

Tento vztah bychom mohli odvodit z pravoúhlého trojúhelníku s vrcholy v poloze Artemis II, ve středu Měsíce a v místě, kde se zmiňovaná tečna dotýká měsíčního povrchu. Číselně bychom dostali $\beta \doteq 11,5^\circ$. Z přibližného vzorce bychom naproti tomu dostali úhlový poloměr

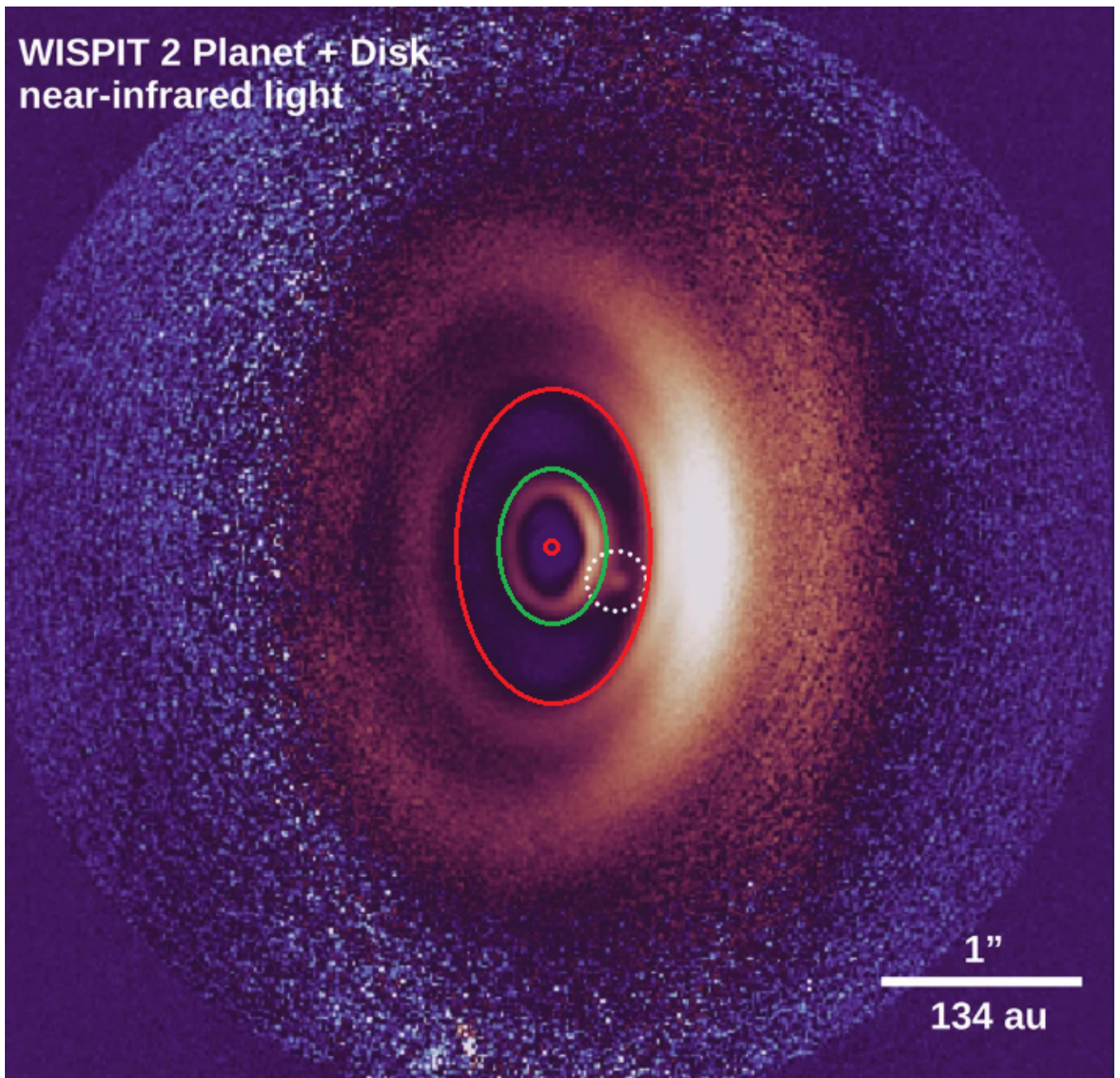
$$\rho_M = \frac{R_M}{x} \doteq 0,200\,3 \text{ rad} \doteq 11,5^\circ.$$

Vidíme tedy, že při požadované přesnosti na tři platné číslice se přibližný výsledek shoduje s přesnou hodnotou.

D WISPIT 2

(max. 20 bodů)

WISPIT 2 je hvězda o hmotnosti $M = 1,08 M_\odot$ a poloměru $R = 1,41 R_\odot$, která zatím nevstoupila na hlavní posloupnost (tzv. *pre-main-sequence star*). Naopak kolem ní ještě můžeme pozorovat protoplanetární disk se dvěma mladými exoplanetami: WISPIT 2b a WISPIT 2c (viz obr. 2).



Obrázek 2: IR snímek protoplanetárního disku hvězdy WISPIT 2 s měřítkem. Exoplaneta WISPIT 2b je označena kroužkem. Vnitřní okraj disku a poloha hvězdy jsou naznačeny červenou čarou. Zelenou čarou je vyznačen vnější okraj vnitřní části disku. Credit: *C. Ginski/R. van Capelleveen et al.*

Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

Vzdálenější WISPIT 2b má hmotnost $M_b = 5,3 M_J$. Systém má paralaxu $p = 7,46$ mas (1 mas = jedna tisícina úhlové vteřiny).

Tzv. *inklinaci* (sklon) protoplanetárního disku definujeme jako úhel, který rovina disku svírá s rovinou kolmou na zorný paprsek (tj. rovinou tečnou k „nebeské sféře“). Kvůli inklinaci protoplanetárního disku dojde z pohledu pozorovatele ke zdánlivému zkrácení jedné osy jinak kruhového disku. Kruhový disk se kvůli tomu na obrázcích zkreší na elipsu o hlavní poloose a (skutečný poloměr disku) a vedlejší poloose b (poloměr zkrešený projekcí).

a) Nakresli obrázek (pohled „z boku“), ve kterém vyznač rovinu protoplanetárního disku, směr od disku k pozorovateli, inklinaci i , poloměr disku a a průmět b tohoto poloměru do roviny kolmé ke směru k pozorovateli.

Nákres vidíme na obrázku 3.



Obrázek 3: Nákres bočního pohledu na protoplanetární disk s vyznačeným směrem k pozorovateli.

b) Z obrázku 2 odměř poměr b/a hodnot b a a velikostí malé a velké poloosy. Pomocí tohoto poměru urči inklinaci i ve stupních s přesností na celé číslo. K měření využij vnitřní okraj protoplanetárního disku, který je v Obrázku 2 naznačen červenou čarou.

Nápověda: vztah mezi hodnotami b , a a i najdeš pomocí vhodného pravouhého trojúhelníku, který identifikuješ v nákresu z části a).

Z nákresu na obrázku 3 vidíme, že platí $\cos i = \frac{b}{a}$. Z obrázku změříme $b \doteq 15$ mm a $a \doteq 24$ mm, tedy $b/a \doteq 0,625$ a $i = \arccos \frac{b}{a} \doteq 51^\circ$.

V následujících částech se pomocí analýzy Obrázku 2 pokusíme určit poloměr oběžné dráhy planety WISPIT 2b. Pomůže nám, když si v rovině Obrázku 2 nejprve zavedeme pravouhlé souřadnice (x, y) , kde osu x volíme podél velké poloosy disku (na obrázku přibližně směrem nahoru) a osu y podél malé poloosy (na obrázku přibližně doprava).

c) Urči souřadnice (x, y) planety WISPIT 2b na Obrázku 2. Výsledky uveď číselně v astronomických jednotkách s přesností na 2 platné číslice s využitím měřítka na obrázku.

Vychází $x \doteq 5$ mm, $y \doteq 11$ mm. Jelikož máme měřítko, kde 134 au odpovídá 31 mm, dostáváme $x \doteq 22$ au, $y \doteq 48$ au.

Uvažme nyní druhou soustavu pravouhlých souřadnic (x', y') , které tentokrát leží v rovině disku. Osa x' se shoduje s osou x , zatímco osa y' vznikla pootočením osy y o úhel i z roviny obrázku do roviny disku.



Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

d) Urči souřadnici y' planety WISPIT 2b. Výsledky opět uveď číselně v astronomických jednotkách s přesností na 2 platné číslice.

Nápověda: může se ti opět hodit nákres vyhotovený v části a).

S využitím nákresu na Obrázku 3 pak také dostaneme $y' = y / \cos i \doteq 76 \text{ au}$.

e) Za předpokladu, že dráha exoplanety WISPIT 2b je přesně kruhová, jaký je poloměr r této dráhy? Výsledek uveď v astronomických jednotkách s přesností na 2 platné číslice.

Z Pythagorovy věty máme

$$r = \sqrt{(x')^2 + (y')^2} = \sqrt{x^2 + \left(\frac{y}{\cos i}\right)^2} \doteq 79 \text{ au}.$$

f) Jaká je oběžná doba exoplanety WISPIT 2b? Uveď ji v letech s přesností na 1 platnou číslici.

Nápověda: může se vám hodit 3. Keplerův zákon ve tvaru

$$\frac{GM}{r^3} = \frac{4\pi^2}{T^2},$$

kde M je hmotnost hvězdy, r je poloměr oběžné dráhy planety (jejíž hmotnost je řádově menší než hmotnost hvězdy) a T je perioda oběhu planety.

Ze třetího Keplerova zákona (zde zanedbáváme hmotnost planety vůči hmotnosti hvězdy) platí

$$\frac{GM}{r^3} = \frac{4\pi^2}{T^2},$$

kde G je gravitační konstanta, M je hmotnost hvězdy WISPIT 2 a T je oběžná doba exoplanety WISPIT 2b. Při dosazování vzdálenosti v astronomických jednotkách, hmotnosti v hmotnostech Slunce a oběžné doby v letech platí jednoduše $G = 4\pi^2$ (lze ověřit dosazením do Keplerova zákona pro oběh Země kolem Slunce). Potom

$$T = \sqrt{\frac{r^3}{M}} \doteq 700 \text{ let}.$$

g) Předpokládej, že planeta WISPIT 2b získala všechnu svoji hmotnost akrecí plynu a prachu z protoplanetárního disku, čímž v něm vytvořila viditelnou mezeru, kde již nyní není žádný materiál. Jaká byla plošná hustota (hmotnost na jednotku plochy) protoplanetárního disku před tím, než se v něm zformovala exoplaneta? Uveď s přesností na desítky kg/m^2 . Porovnej s hustotou Saturnova prstence A, která je přibližně 40 g/cm^2 .

Plošná hustota ρ_S se určí jako hmotnost disku na určité ploše S vydělená velikostí této plochy. V našem případě je plochou mezikruží o vnitřním poloměru $r_1 = 12 \text{ mm} \doteq 52 \text{ au}$ a $r_2 = 25 \text{ mm} \doteq 108 \text{ au}$, tedy $S = \pi(r_2^2 - r_1^2) \doteq 2,8 \cdot 10^4 \text{ au}^2 \doteq 6,3 \cdot 10^{26} \text{ m}^2$. Celou hmotnost disku na sebe v průběhu času nabalila exoplaneta o hmotnosti M_b , plošná hustota tedy byla $\rho_S = \frac{M_b}{S} \doteq 20 \text{ kg/m}^2$. To je asi 20krát méně než plošná hustota Saturnova prstence A.



Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

h) Maximum vyzařování hvězdy WISPIT 2 je na vlnové délce $\lambda_{\max} = 658 \text{ nm}$. Jaká je její efektivní teplota? Jaký je její zářivý výkon? Teplotu uveď v kelvinech, zářivý výkon v násobcích zářivého výkonu Slunce, obojí s přesností na 2 platné číslice.

Nápověda: zářivý výkon hvězdy (kterou pokládáme za absolutně černé těleso) spočteme ze Stefanova-Boltzmannova zákona

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4,$$

kde R a T jsou poloměr a efektivní teplota hvězdy a kde $\sigma \doteq 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$ je Stefanova-Boltzmannova konstanta. Vlnová délka λ_{\max} maxima vyzařování splňuje Wienův zákon

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T},$$

kde $b \doteq 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ je Wienova konstanta.

Z Wienova zákona je $\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$, kde $b \doteq 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ je Wienova konstanta. Odtud $T \doteq 4,4 \cdot 10^3 \text{ K}$. Ze Stefanova-Boltzmannova zákona platí pro zářivý výkon $L = 4\pi R^2 \sigma T^4$, kde $\sigma \doteq 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$ je Stefanova-Boltzmannova konstanta. Zářivý výkon WISPIT 2 tedy vychází $L \doteq 2,57 \cdot 10^{26} \text{ W} \doteq 0,67 L_{\odot}$.

i) Ověř, že se hvězda nenachází na hlavní posloupnosti, tedy že nesplňuje vztah

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{3,5}.$$

Zakresli hvězdu do přiloženého HR diagramu.

Příslušné poměry jsou $\left(\frac{M}{M_{\odot}} \right)^{3,5} \doteq 1,3 \neq 0,67 = \frac{L}{L_{\odot}}$, takže hvězda WISPIT 2 není hvězdou hlavní posloupnosti. Hvězda by měla být zakreslena na pozici přibližně $T = 4400 \text{ K}$ a $L = 0,67 L_{\odot}$, tedy těsně nad hlavní posloupnost.

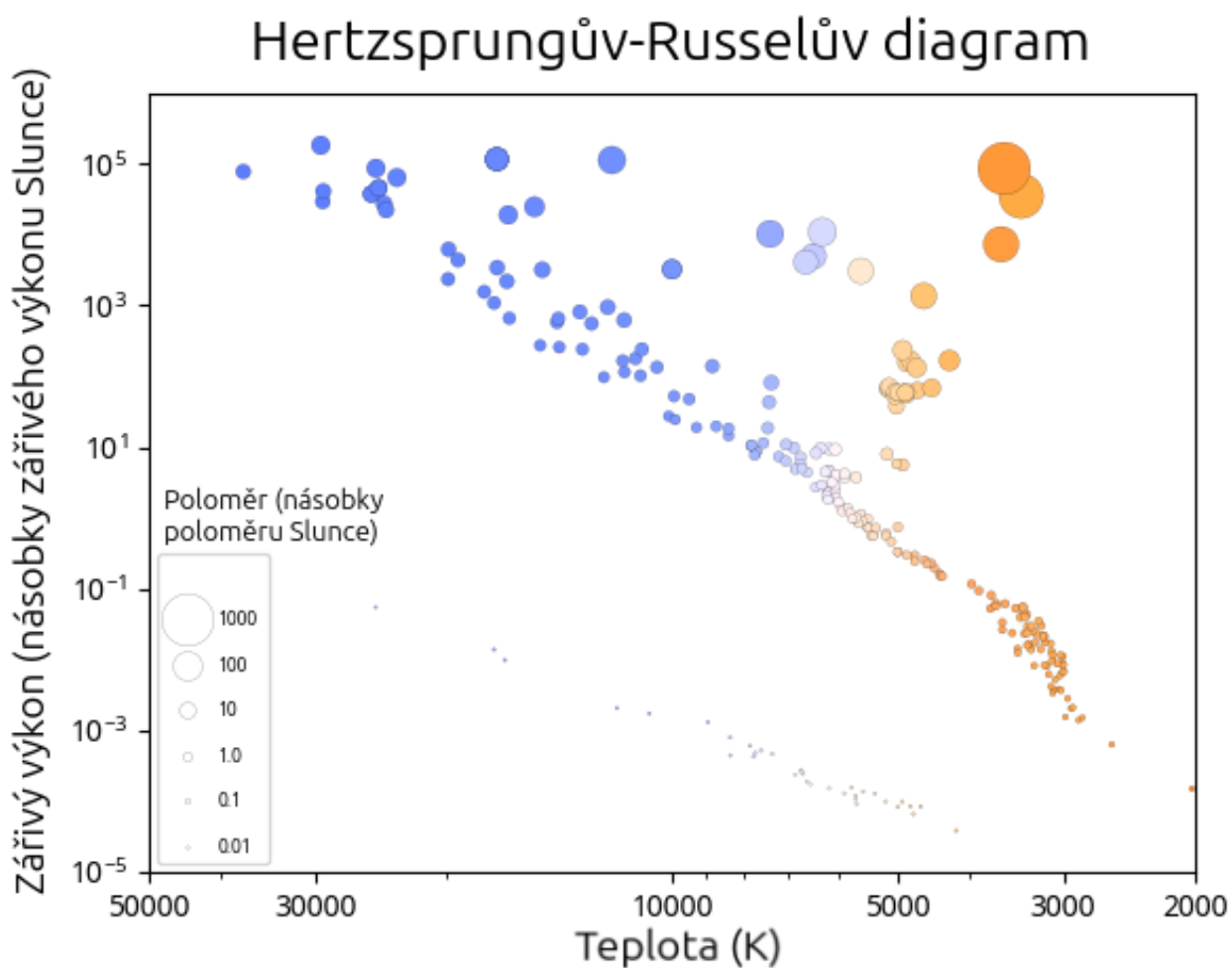
E U2

(max. 20 bodů)

Standardizované pikosatelity typu CubeSat využívají jako základní konstrukční modul jednotku U1 o rozměrech $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$. Pevné spojení dvou těchto modulů tvoří konfiguraci U2, čímž vzniká kvádr o výšce 20 cm . Uvažujme jeden takový CubeSat U2, jehož všechny stěny jsou zcela pokryty solárními články.

Fotovoltaické články se chovají jako nelineární zdroje proudu, jejichž schopnost dodávat výkon je popsána $U-I$ charakteristikou (závislostí proudu I na napětí U neboli voltampérovou charakteristikou). Ta se mění v závislosti na intenzitě osvětlení a teplotě panelu. Aby satelit pracoval s maximálním výkonem, je vybaven regulátorem MPPT (Maximum Power Point Tracking). Toto zařízení v reálném čase upravuje pracovní bod zátěže (odpor R) tak, aby byl článek pod napětím odpovídajícím maximálnímu výkonu. Přesný tvar závislosti těchto veličin na dopadajícím světelném výkonu je složitý (dokonce analyticky neřešitelný) problém, avšak vždy rostoucí. Účinnost solárních panelů, tedy poměr generovaného elektrického výkonu a dopadajícího světelného výkonu, bývá přibližně konstantní.

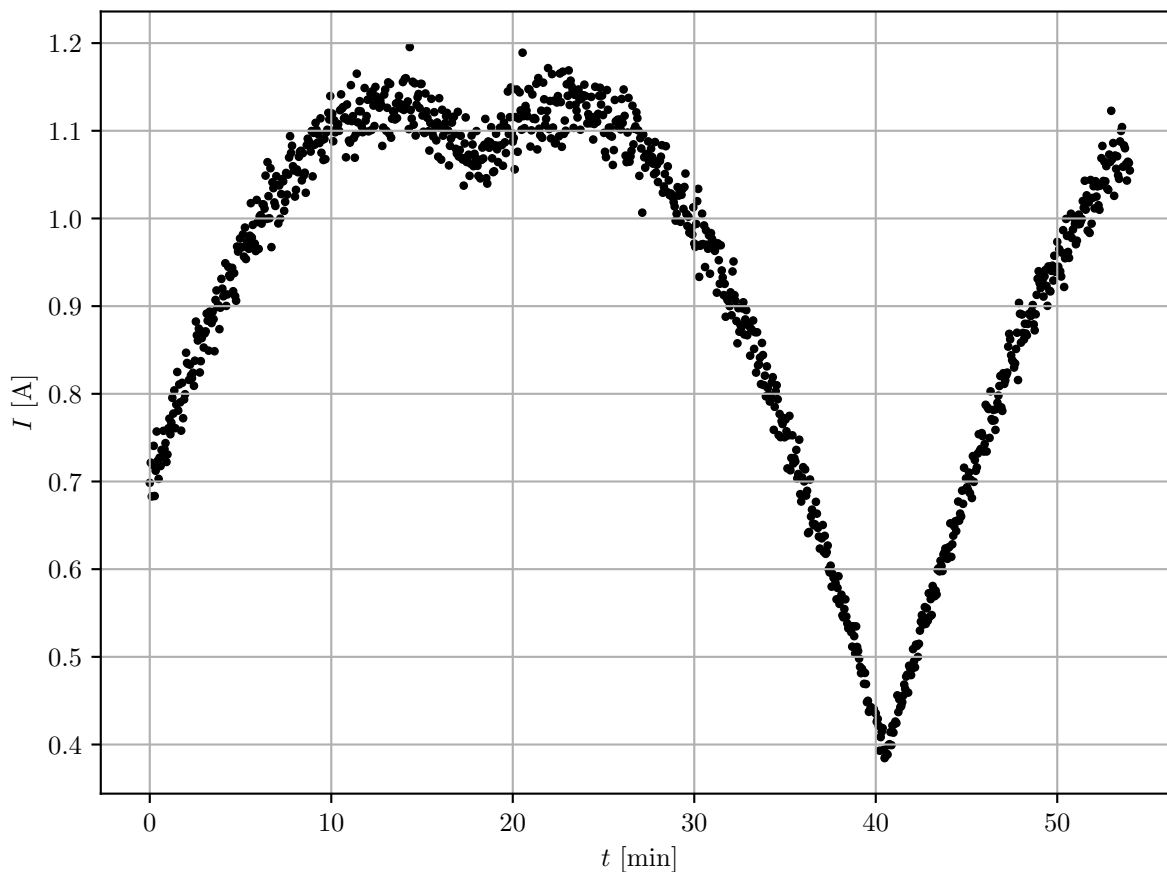
Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení



Obrázek 4: Hertzsprungův-Russelův diagram pro zakreslení pozice hvězdy WISPIT 2. Credit: *IAU OAE/Niall Deacon*.

Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

Předpokládejme nyní, že osa rotace CubeSatu U2 je rovnoběžná s jednou z úhlopříček jeho menších stran a zároveň je kolmá na směr ke Slunci. Na obrázku 5 je vynesena závislost proudu na čase v minutách.



Obrázek 5: Závislost proudu články I na čase t v minutách.

a) Urči periodu rotace CubeSatu U2.

Vyjdeme z obrázku 5, kde vidíme dvě lokální minima a dvě maxima. Dle zadání odpovídá vyšší hodnota proudu vyššímu dopadajícímu světelnému výkonu. Představíme-li si orientaci U2 vzhledem ke Slunci, zjistíme, že jsou vůči Slunci natočeny střídavě malá strana a 2 velké skloněné o 45° . Malá strana pak odpovídá hlubšímu minimu, jelikož její efektivní plocha je a^2 , kde $a = 10$ cm, zatímco druhá možnost má efektivní plochu $2\sqrt{2}a^2$. Při mírném natočení velkých stran začíná světlo dopadat současně i na malou stranu (ačkoli pod malým úhlem), což má za následek mírný nárůst proudu ve formě zmíněných dvou maxim. Situaci, kdy jsou velké strany přivrácené ke Slunci, tedy odpovídá plytlé minimum. Z geometrické představy se pak mezi minimy U2 otočí o pravý úhel, tedy perioda rotace U2 musí být čtyřnásobek rozdílu mezi časy minim. Po odečtení z grafu vychází perioda asi $T = 90$ min.

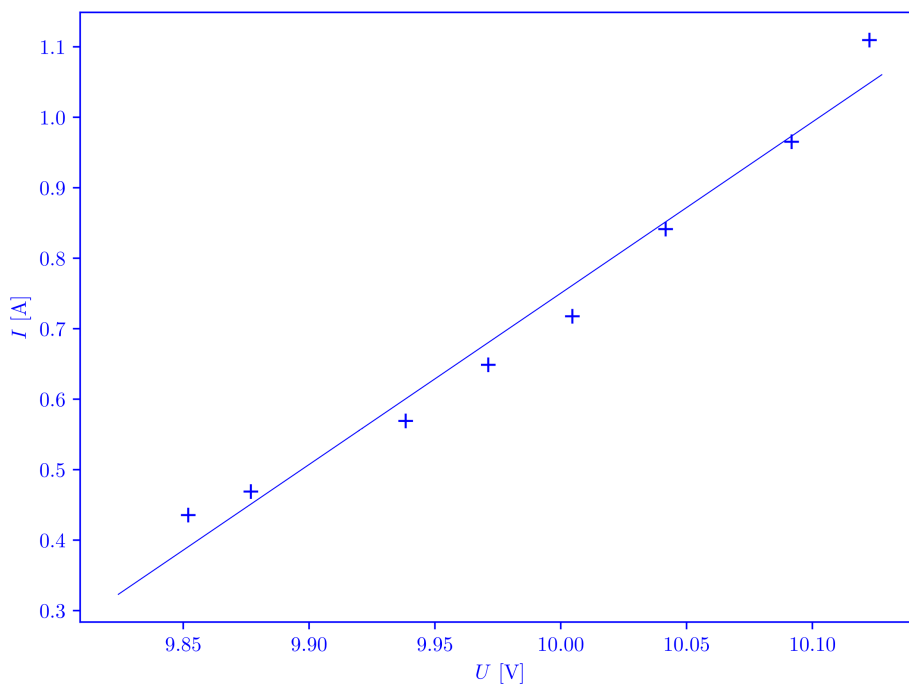
Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

Pro určení elektrického výkonu je ještě potřeba znát hodnotu napětí U . Ta se s rostoucím světelným výkonem vyvíjí jinak než hodnota proudu I . V tabulce 1 je proto uvedena $U - I$ charakteristika pro 10 hodnot v rámci měřeného rozsahu.

Tabulka 1: Naměřená $U - I$ charakteristika solárních článků.

| U [V] | I [A] |
|---------|---------|
| 9,852 | 0,436 |
| 9,877 | 0,469 |
| 9,938 | 0,569 |
| 9,971 | 0,649 |
| 10,005 | 0,718 |
| 10,042 | 0,841 |
| 10,092 | 0,965 |
| 10,123 | 1,110 |

b) Vynes body $U - I$ charakteristiky v tabulce 1 do milimetrového papíru a závislost prolož přímkou od ruky.


Obrázek 6: $U - I$ charakteristika článků U2 z tabulky 1.

c) Pomocí obrázku 5 a vynesené $U - I$ charakteristiky urči hodnotu intenzity dopadajícího slunečního záření (tj. výkon slunečního záření dopadající na jednotkovou plochu), je-li účinnost článků $\eta = 28\%$.

Nápověda: Pro elektrický výkon platí $P = UI$.

Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

Přesnější výsledek zřejmě dostaneme pro hlubší minimum, kdy je osvětlená plocha $S = a^2$. Dopadající světelný výkon je pak $P_0 = KS$, kde K je intenzita dopadajícího slunečního záření. Účinnost pak říká, jaká část tohoto výkonu bude převedena v elektrický výkon, tedy

$$P = \eta P_0 = \eta KS = UI.$$

Odečtením z obrázku 5 získáme $I \doteq 0,38$ A. Z $U - I$ charakteristiky na obrázku 6 dostáváme odpovídající $U \doteq 9,85$ V. Přesnější hodnoty napětí bychom dosáhli, pokud bychom do ručního fitu uvažovali pouze nižší hodnoty. Po úpravách dostáváme

$$K = \frac{UI}{\eta a^2} \doteq 1\,300 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2},$$

což je velmi blízko hodnoty solární konstanty $K = 1\,360,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Pokud jsi v předchozí úloze neodvodil hodnotu intenzity dopadajícího slunečního záření, můžeš dále počítat s hodnotou rovnou solární konstantě $K = 1\,360,8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

d) Jaký celkový výkon slunečního záření dopadá na kulovou obálku se středem ve Slunci o poloměru rovném 1 au?

Potřebujeme znát povrch obálky o poloměru rovném 1 au. Ten spočteme jako $S_{1\text{ au}} = 4\pi(1\text{ au})^2$. Celkový výkon je pak roven

$$L = KS_{1\text{ au}} = 4\pi K a_{1\text{ au}}^2 \doteq 3,7 \cdot 10^{26} \text{ W},$$

což odpovídá zářivému výkonu Slunce.

e) O jak velkou hmotnost přijde Slunce za 1 s čistě vlivem záření?

Energie, kterou Slunce ztratí za sekundu, je rovna L . Použijeme-li Einsteinův vztah hmoty a energie $E = mc^2$, pak po dosazení dostáváme

$$\Delta M = \frac{L}{c^2} \doteq 4,1 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Předpokládejme, že Slunce ztrácí hmotnost ještě vlivem slunečního větru. Tato ztráta je v průměru čtvrtinová oproti ztrátě hmotnosti zářením. Vlivem celkové ztráty hmotnosti M Slunce se bude poloměr a_Z dráhy Země kolem Slunce postupně zvětšovat a její perioda oběhu T_Z prodlužovat. Jelikož tento jev bude probíhat velmi pomalu, lze předpokládat, že oběžná dráha Země bude stále přibližně kruhová. Bude přitom platit 2. Keplerův zákon ve tvaru

$$\frac{\pi a_Z^2}{T_Z} = \text{konst.}$$

(plošná rychlost průvodiče je konstantní: plošnou rychlost Země můžeme vyjádřit jako poměr obsahu kruhu o poloměru a_Z a periody oběhu Země T_Z) a 3. Keplerův zákon ve tvaru

$$\frac{a_Z^3}{MT_Z^2} = \frac{G}{4\pi^2} = \text{konst.}$$

f) Za jak dlouho poklesne přitažlivá síla Slunce natolik, aby se Země odsunula na vzdálenější dráhu s dobou oběhu delší o jednu hodinu?



Finále 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ) – řešení

Umocněním prvního vztahu na třetí, druhého na druhou a následným podělením rovnic dostáváme

$$M^2 T_Z = \text{konst.} = M'^2 T'_Z,$$

kde čárkované hodnoty platí pro budoucnost. Určíme potřebnou hmotnost Slunce

$$M' = M \sqrt{\frac{T_Z}{T'_Z}},$$

porovnáme s rychlostí ztráty hmotnosti

$$M' = M - \frac{5L}{4c^2}t,$$

kde t je čas, a upravíme

$$t = \frac{4Mc^2}{5L} \left(1 - \sqrt{\frac{T_Z}{T'_Z}} \right) \doteq 2,2 \cdot 10^{16} \text{ s} \doteq 7,0 \cdot 10^8 \text{ let.}$$

F Planetárium

(max. 20 bodů)

POKYNY: Máš 5 minut na pročtení otázek před tím, než začneme promítat. Čísla otázek budeme v průběhu ohlašovat. Případné dotazy NEBUDOU v průběhu projekce zodpovězeny, proto se ptej jen nyní. Pro tuto část jsou povoleny pouze psací potřeby.