



Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

Identifikace

Nezapomeň na každý list dolů napsat svoje jméno. Neoznačené listy nebudou opraveny!

Žák

jméno:

příjmení:

email:

Škola

název:

město:

PSČ:

Hodnocení

A___ B___ C___ D___ E___

Σ (100 b.) ___

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

Milé řešitelky, milí řešitelé,

vítáme vás u řešení úloh krajského kola kategorie EF 23. ročníku Astronomické olympiády! Stejně jako v minulých letech na vás čeká přehledový online test (úloha A), teoretické úlohy (B, C a D) a jedna praktická úloha (E). Vaše řešení budete i letos odevzdávat elektronicky skrze webové rozhraní. Neformální dění okolo olympiády můžete sledovat na naší [Facebookové stránce](#) a také na [Instagramu](#). Prostřednictvím zpráv je zde možné klást dotazy přímo Ústřední komisi.

Přejeme vám bystrou mysl a mnoho příjemných chvil při řešení všech úloh! ☺

Ústřední komise Astronomické olympiády

Důležité kontakty:

- Web a e-mail Astronomické olympiády: <http://olympiada.astro.cz>, olympiada@astro.cz
- Info ke krajskému kolu: <https://olympiada.astro.cz/aktualni-rocnik/krajske-kolo>

Termín odeslání: 22. 3. 2026

Celkem lze v krajském kole získat maximálně **100 bodů**. Do celostátního kola postupuje 25 nejlepších řešitelů krajských kol, **kteří získali nenulový počet bodů z praktické úlohy**.

A Přehledový test (online)

(max. 30 bodů)

POKYNY: Úvodní test se řeší online na <https://olympiada.astro.cz>. Přihlašovací údaje získají nově registrovaní úspěšní řešitelé školního kola e-mailem. Úspěšní řešitelé, kteří mají registraci z minulých ročníků, mají stále stejné přihlašovací údaje. Velmi doporučujeme řešení testu neodkládat na poslední dny před uzávěrkou. U problémů s řešením testu oznámených po **12. 3. 2026** bohužel nemůžeme zaručit jejich včasné vyřízení. U každé otázky vyberte **právě jednu** správnou odpověď. Za správnou odpověď je **1 bod**. V případě špatné nebo žádné odpovědi je za otázku 0 bodů.

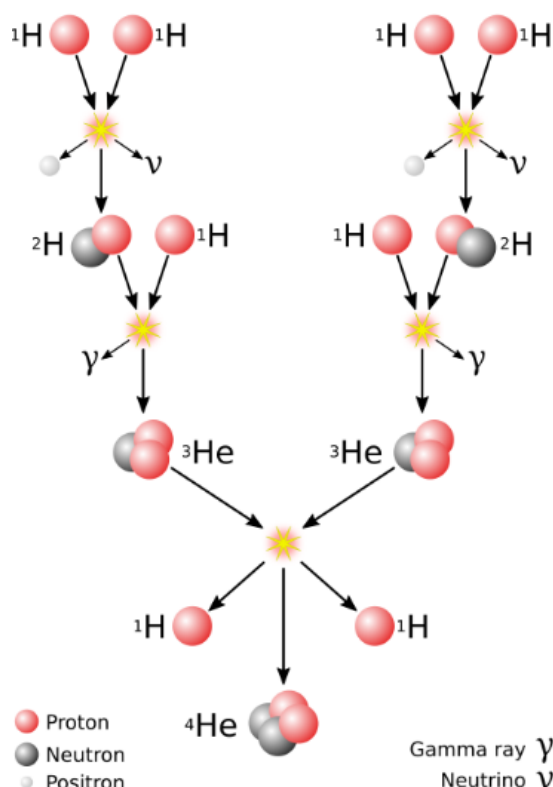
Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

B Fiat lux

(max. 18 bodů)

Hvězdy (včetně Slunce) září díky jaderným reakcím, které probíhají v jejich nitru při velmi vysokých teplotách a tlacích. V těchto reakcích se lehké částice spojují do těžších během procesu, který se nazývá jaderná fúze. Důležité je, že hmotnost vzniklé částice je o něco menší, než je součet hmotností částic, které do reakce vstoupily. Tato „chybějící“ část hmotnosti Δm se podle známého vztahu $E = \Delta mc^2$ přemění na energii E , kterou hvězdy vyzařují především ve formě elektromagnetického záření. Zbylou část této energie odnášejí částice zvané neutrino. Jedná se ovšem o natolik malá procenta, že příspěvky neutrín v prvních částech úlohy zanedbáme.

Nejdůležitější jadernou reakcí ve Slunci je tzv. proton-protonový řetězec, zkráceně p-p řetězec. V tomto řetězci se protony (jádra atomů vodíku) postupně slučují a výsledkem celého procesu je vznik jádra helia. Celý p-p řetězec je poměrně složitý (viz obrázek 1), ale zjednodušeně jej můžeme popsat rovnicí



Obrázek 1: p-p řetězec ve své plné kráse (zdroj: Wikipedie).

Tip: V této úloze budeme pro zapisování velkých a malých čísel používat mocninový zápis: například číslo 74 800 000 zapíšeme jako $7,48 \cdot 10^7$, zatímco číslo 0,000 023 lze vyjádřit jako $2,3 \cdot 10^{-6}$. Mocninový zápis velkých a malých čísel je vysvětlen například ve studijním textu https://olympiada.astro.cz/images/ao_text_01_EF.pdf.



Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

a) Vypočítej energii, která se uvolní při jednom p-p řetězci podle výše uvedené zjednodušené rovnice. Výsledek uveď v joulech. Hmotnost jednoho protonu je $1,0073\text{ u}$ a hmotnost jádra helia je $4,0015\text{ u}$, kde u značí tzv. atomovou hmotnostní jednotku. Ta má hodnotu $1\text{ u} = 1,661 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$. Rychlost světla je rovna $c = 2,998 \cdot 10^8\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Energie, kterou Slunce vyzařuje, se šíří do prostoru rovnoměrně na všechny strany. Část této energie dopadá i na Zemi. Sluneční konstanta S je fyzikální veličina, která udává, jaký výkon slunečního záření dopadá na plochu 1 m^2 , pokud se tato plocha nachází ve vzdálenosti 1 au od Slunce a je namířena kolmo ke směru šíření záření. Její hodnota je přibližně $S = 1\,361\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

b) Na základě hodnoty sluneční konstanty a hodnoty energie uvolněné při jedné reakci p-p řetězce vypočtené v předchozím úkolu vypočti (řádově), kolik takových reakcí musí ve Slunci proběhnout za jednu sekundu. Astronomická jednotka má hodnotu $1\text{ au} = 1,496 \cdot 10^{11}\text{ m}$.

Nápověda: Může se ti hodit, že povrch koule o poloměru r spočítáme podle vztahu $S = 4\pi r^2$.

Otázkou je, jak dlouho bude Slunci tento zdroj energie stačit. Pro jednoduchost budeme uvažovat, že zářivý výkon Slunce zůstane v čase konstantní. Dostatečná teplota a tlak na to, aby p-p řetězec probíhal, jsou pouze v oblasti slunečního jádra, která má podle modelů hmotnost přibližně $0,15M_{\odot}$.



Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

Vodík v jádře je už z určité části spotřebován. Předpokládej, že na počátku života se Slunce skládalo ze 70 % z vodíku a ze 30 % z helia (procenta jsou hmotnostní), že žádné těžší prvky se v něm nevyskytují a že Slunce je v současnosti staré 4,6 miliard let.

c) Odhadni, jak dlouho může Slunce ještě svítit, než se veškeré zásoby vodíku v jeho jádře přemění na helium. Hmotnost Slunce je rovna $M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30}$ kg.

Jak jsme již zmínili v úvodu, část energie odnášejí také tzv. neutrina. Ta jsme zatím v předchozích částech úlohy ignorovali, protože jejich vliv na výsledky by byl zanedbatelný. Nyní se však zaměříme právě na ně. Neutrino odnášejí přibližně 2 % energie uvolněné při p-p řetězci a každý řetězec vyprodukuje právě 2 neutrina.

d) Vypočti, kolik slunečních neutrin projde za jednu sekundu lidským tělem (stojícím na povrchu Země), které má plochu průřezu přibližně $A \approx 0,25 \text{ m}^2$. Odhadni také, jaká energie E_{ν} v průměru připadá na jedno sluneční neutrino. Výsledek uveď v násobcích energie E_{γ} jednoho fotonu viditelného světla, která je přibližně $E_{\gamma} = 3,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. Předpokládej, že neutrino se od svého vzniku v nitru Slunce šířila prostorem jako volné částice. Oba výsledky uveď řádově.



Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

C Zatmění Slunce na Merkuru?

(max. 12 bodů)

Když se Měsíc dostane přímo mezi Slunce a Zemi, může nastat zatmění Slunce. Je to způsobeno tím, že se Měsíc na obloze jeví přibližně stejně úhlově veliký jako Slunce. Planeta Merkur žádný přirozený satelit nemá, ale představ si situaci, kdy by Měsíc obíhal okolo Merkuru po stejné trajektorii jako obíhá okolo Země. V tomto příkladu si spočítáme, jestli by i za takového scénáře mohlo nastat zatmění Slunce.

a) Spočítej, jaká je úhlová velikost Slunce na obloze při pohledu z Merkuru. Výsledek zaokrouhli na setiny stupně. *Nápověda: Můžeš použít buď vzorec pro výpočet délky oblouku nebo délku tětiny, protože se jedná o malé úhly.*

Vzdálenost Slunce–Merkur	57 909 000 km
Vzdálenost Země–Měsíc	384 000 km
Poloměr Slunce	695 700 km
Poloměr Merkuru	2 440 km
Poloměr Měsíce	1 740 km

Tabulka 1: Hodnoty, které by se mohly hodit k výpočtům.

b) Spočítej úhlovou velikost Měsíce na zemské obloze. Využij hodnoty z tabulky a výsledek zaokrouhli na setiny stupně.

c) Pokud by Měsíc obíhal Merkur ve stejné vzdálenosti, v jaké obíhá Zemi, jaký by musel mít nejmenší poloměr, aby způsobil na Merkuru úplné zatmění Slunce. Výsledek uveď ve stovkách km.

Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

d) Zamysli se a nejvýše jednou větou zdůvodni, jestli by mohl mít Merkur takový satelit.

D Llamarama

(max. 20 bodů)

V této úloze se zaměříme na dva typické aspekty života v ekvádorských Andách. Těmi jsou chov lamy krotké a poloha poblíž zemského rovníku. Celková populace lamy v této jihoamerické zemi dosahuje řádově desítek tisíc kusů, a tak je více než pravděpodobné, že některé z nich se kromě spásání horské vegetace, nošení nákladu a hlídání stád ovcí věnují rovněž pozorování noční oblohy.

Jedna taková lama-astronomka si nemohla nevšimnout zvláštní konstelace identických družic. Ze svých pozorování, která provedla ve dnech okolo podzimní rovnodennosti (doznívající období sucha), vyvodila následující závěry:



Obrázek 2: Lama krotká.

- Všechny družice z konstelace se po obloze pohybují přesně od západu na východ, prolétají zenitem v pravidelných odstupech $\Delta t = 1,35$ min a dosahují v zenitu stejné vizuální hvězdné velikosti jako hvězda Enif (ϵ Pegasi), tedy $m = 2,35$ mag.
- Přelety družic jsou pozorovatelné pouze večer po západu Slunce a nad ránem před východem Slunce. Přelet nikdy není pozorovatelný celý: v jistém bodě večerního přeletu od západu na východ družice „zmizí“ a tento bod se posouvá stále více na západ s rostoucím časem, který uplynul od západu Slunce. V případě ranních přeletů se naopak družice v jistém bodě trajektorie na obloze „objeví“ a pokračuje dále směrem na východ. Lama si rovněž všimla, že okamžik, kdy družice mizí přesně v zenitu, nastává v čase $\tau = 72,0$ min po západu Slunce. Stejně tak 72,0 min před východem Slunce se družice přesně v zenitu objevují.

Tvým úkolem bude lamě pomoci najít odpovědi na následující otázky. Předpokládej, že družice svítí pouze odraženým světlem od Slunce a že jednotlivé družice mají tvar dokonale odrazivých koulí, které přichodí světlo od Slunce odráží rovnoměrně do všech směrů. Pro jednoduchost zanebej všechny jevy spojené s přítomností zemské atmosféry (jako jsou například refrakce a extinkce) a uvažuj, že lama má přístup k ideálnímu horizontu. Slunce považuj za bodový zdroj světla o pozorované vizuální hvězdné velikosti $m_{\odot} = -26,74$ mag a Zemi modeluj jako dokonalou kouli o poloměru $R = 6378$ km a hmotnosti $M = 5,972 \cdot 10^{24}$ kg. Newtonova gravitační konstanta má hodnotu $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.



Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

a) Jaký je důvod „mizení“ družic na obloze během přeletů? Jakou část noci (v procentech) může lama v principu pozorovat nějakou družici z konstelace? Uvažuj pouze období okolo rovníkosti. Za účelem lepšího pochopení situace začni nákresem z pohledu od severního světového pólu („shora“): vyznač směr od Slunce, oběžnou dráhu družic kolem Země, směr rotace Země a oběhu družic a také polohu zemského stínu.

b) V jaké výšce h (v kilometrech) nad povrchem Země družice z dané konstelace obíhají? K vyřešení úkolu využij vhodný pravoúhlý trojúhelník, ve kterém vypočti velikosti vnitřních úhlů.



Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

c) Jaká je jejich siderická oběžná perioda P_{sid} a jaká je odpovídající perioda P_{syn} mezi dvěma po sobě jdoucími průchody jedné družice zenitem lamy? Jak dlouho by trval jeden celý přelet jedné družice od západu na východ? (Neboli: jak dlouho je možno pozorovat družici v ideálním případě, kdy je pro lamu viditelná po celou dobu, co je družice nad obzorem?) Výsledky uveď v minutách.

Nápověda: Obíhá-li těleso o zanedbatelné hmotnosti kolem jiného tělesa o hmotnosti M po kruhové dráze o poloměru r , můžeme pro siderickou oběžnou periodu P_{sid} podle 3. Keplerova zákona psát vztah

$$\frac{r^3}{P_{\text{sid}}^2} = \frac{GM}{4\pi^2},$$

kde G je Newtonova gravitační konstanta.

d) Kolik družic konstelace celkem obsahuje? Jaký je největší počet n_{max} družic, který v jeden okamžik může mít lama nad obzorem (včetně těch, které zrovna nejsou viditelné)?



Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

e) Jaký je poloměr r každé z družic (v metrech)? K určení r vypočtete světelný výkon zachycený průřezem družice a využijte Pogsonovu rovnici. Družice světlo od Slunce rozptylují rovnoměrně do všech směrů.

Tip: V Pogsonově rovnici vystupuje matematická operace *logaritmus*. Práce s logaritmy je vysvětlena například ve studijním textu https://olympiada.astro.cz/images/ao_text_01_EF.pdf.

E Dírková komora

(max. 20 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!**

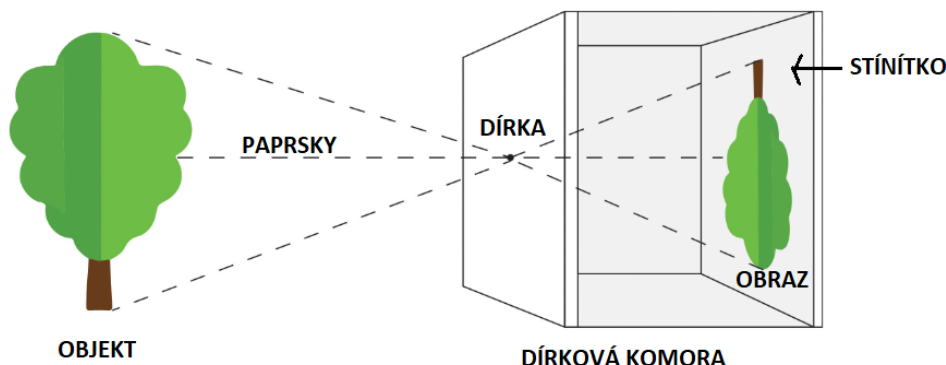
Cílem této úlohy bude sestavení zařízení zvaného dírková komora a jeho využití k změření úhlového průměru Slunce. V podstatě se jedná o krabici s malou dírkou v jedné stěně. Světlo z objektu vně krabice, které touto dírkou projde, vytvoří na protější stěně krabice obraz objektu. Toho v minulosti využívali například malíři, kteří pak vzniklý obraz mohli jednoduše obkreslit. Dírková komora tak byla jistým předchůdcem fotoaparátu. Schéma dírkové komory ukazuje obrázek 3.

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.

Krajské kolo 2025/26, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)



Obrázek 3: Schéma dírkové komory.

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 PAPIŘE OTVOREM VYSTŘIŽENÝM V ROUŘE.

Nejllepší 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. Natačej 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 protějšímu okraji. Pro větší přesnost proved měření alespoň třikrát a průměr obrazu Slunce vypočti jako aritmetický průměr jednotlivých naměřených hodnot.



Krajské kolo 2025/26, 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.