



Krajské kolo 2024/25, 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 ___ Σ (100 b.) ___

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

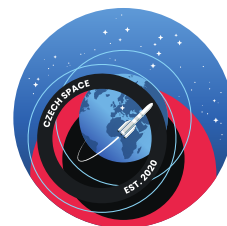
Milé řešitelky, milí řešitelé,

vítáme vás u řešení úloh krajského kola kategorie EF 22. ročníku Astronomické olympiády!

Stejně jako v minulých letech na vás čeká přehledový online test (úloha A), dvě teoretické úlohy (B a C) a jedna praktická (úloha D). 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.

V roce 2024 byl zahájen národní projekt **Česká cesta do vesmíru**, jehož cílem je mimo jiné podnítit zájem žáků a studentů o studium technických a přírodovědných oborů. V rámci spolupráce tak najdete i v Astronomické olympiádě některé zajímavé otázky či úlohy, které se projektu týkají. Více se můžete dozvědět na webu <https://www.vzhurudovesmiru.cz/>, kde najdete řadu dalších zajímavých soutěží a výzev, do kterých se můžete zapojit!



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

Ústřední komise Astronomické olympiády

Důležité kontakty:

- Internetové stránky a e-mail Astronomické olympiády:
<http://olympiada.astro.cz>, olympiada@astro.cz
- Webová adresa se základními pokyny ke krajskému kolu:
<https://olympiada.astro.cz/aktualni-rocnik/krajske-kolo>

Termín odeslání: 21. 3. 2025

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

Krajské kolo 2024/25, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

A Přehledový test (online)

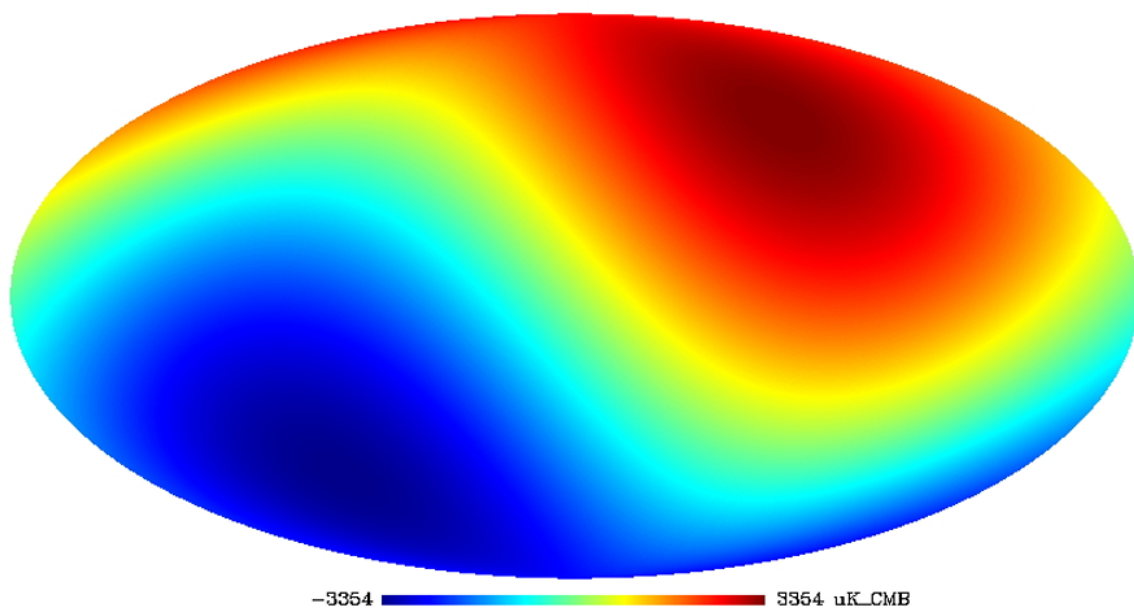
(max. 30 bodů)

POKYNY: Úvodní test se řeší online na <https://olympiada.astro.cz>. Přihlašovací údaje získají úspěšní řešitelé školního kola e-mailem. Velmi doporučujeme řešení testu neodkládat na poslední dny před uzávěrkou. U problémů s řešením testu oznámených po **14. 3. 2025** 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.

B CMB

(max. 25 bodů)

Kosmické mikrovlnné pozadí (anglicky *Cosmic Microwave Background*, zkráceně CMB) je záření, které se uvolnilo asi 380 000 let po velkém třesku. Tehdy se teplota vesmíru snížila natolik, že se hmota stala průhlednou pro záření. Fotony CMB se od té doby pohybují volně vesmírem. Jak prozkoumáme v této úloze, pohyb Země vzhledem k CMB způsobuje, že záření má přibližně tzv. dipólový charakter: to znamená, že na jedné straně oblohy je jeho teplota větší než na opačné. Navíc v něm (i po odečtení mikrovlnného záření naší Galaxie) pozorujeme drobné fluktuace. Ty odrážejí nerovnoměrné rozložení hmoty v době vzniku CMB.



Obrázek 1: Dipólový člen CMB v teplotách.

V této úloze se zaměříme pouze na zmíněný dipólový charakter. Z dat družice Planck (viz obrázek 1) víme, že CMB můžeme s velkou přesností pokládat za záření absolutně černého tělesa o střední teplotě $T_0 = 2,725\,5\text{ K}$. Ve skutečnosti však můžeme v důsledku pohybu Země vzhledem k CMB v různých částech oblohy naměřit teplotu, která se od střední hodnoty T_0 může lišit až o hodnotu $\Delta T = 3,354\text{ mK}$. Z teploty záření můžeme zjistit jeho vlnovou délku, tedy vzdálenost dvou sousedních



Krajské kolo 2024/25, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

vrcholů elektromagnetické vlny. Mezi vlnovou délkou záření a jeho teplotou existuje vztah známý jako Wienův posunovací zákon, podle kterého je vlnová délka maxima vyzařování nepřímo úměrná jeho teplotě, tedy $\lambda = \frac{b}{T}$. Konstanta úměrnosti b má hodnotu $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$.

a) Jaká je maximální a minimální vlnová délka maxima vyzařování CMB?

Dipólový charakter CMB je způsoben Dopplerovým jevem. Ten dobře známe i z běžného života. Pokud se k nám například přibližuje sanitka, slyšíme její sirénu na vyšším tónu než normálně, naopak když se vzdaluje, slyšíme tón hlubší. Vyšší tón znamená, že se nám za stejnou dobu vychýlí blána ušního bubínku vícekrát. V daném místě se tedy rychleji mění tlak vzduchu, což znamená, že zvukové vlnění má kratší vlnovou délku. Světlo se sice šíří odlišným mechanismem než zvuk, protože se jedná o vlnění elektrického a magnetického pole a nikoliv tlaku částic, Dopplerův jev u něj ale funguje obdobně.

b) Zakroužkuj správnou možnost. Pozorujeme-li, že je spektrum objektu posunuté k modřejší části spektra než jeho laboratorní spektrum, znamená to, že se objekt

přibližuje.

vzdaluje.

Konkrétně pro zdroj světla o laboratorní vlnové délce λ_0 vzdalující se rychlostí o velikosti v můžeme pro pozorovanou vlnovou délku λ psát

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{v}{c},$$

kde c je rychlost světla.



Krajské kolo 2024/25, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

c) Vypočítej velikost rychlosti, kterou se Země vzhledem k CMB pohybuje. Specifikuj i směr rychlosti.

d) S pomocí internetu vyhledej a napiš přibližné hodnoty velikosti rychlostí následujících pohybů (nezapomeň ke každému údaji uvést zdroj; nástroje umělé inteligence se jako spolehlivé zdroje nepočítají a její využití je dle pravidel AO zakázáno): pohyb Země kolem Slunce, pohyb Slunce kolem galaktického středu, pohyb naší Galaxie vzhledem k jiným galaxiím v Místní skupině (konkrétně vyhledej velikost rychlosti vzhledem ke Galaxii v Andromedě), pohyb celé Místní skupiny vzhledem k Místní nadkupě galaxií. Který z pohybů k vypočtené rychlosti vzhledem k CMB přispívá nejvíce?



Krajské kolo 2024/25, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

CMB má nejkratší vlnovou délku na galaktických souřadnicích $b = 48,4^\circ$ a $l = 264^\circ$.

e) Napiš IAU zkratku souhvězdí, ve kterém se nachází apex, tedy bod, ke kterému se Sluneční soustava vzhledem k CMB pohybuje. Jaká je zkratka souhvězdí, kde se nachází antiapex? Můžeš využít například *Stellarium*.

C Limity pozorování

(max. 25 bodů)

a) Hlavní pás planetek leží v oblasti mezi Marsem a Jupiterem a čítá přes milion malých těles Sluneční soustavy. Obvykle se za jeho hranice považují tzv. Kirkwoodovy mezery, které odpovídají rezonancím 4:1 a 2:1 s Jupiterem. Vyhledej a napiš, jaké hlavní poloosy planetek těmito rezonancím odpovídají. Uveď je v au s přesností na setiny. Nezapomeň uvést zdroj.

b) Planetky ani planety nezáří vlastním světlem, ale jen ho odrážejí od Slunce. Vyhledej v tabulkách AO zářivý výkon Slunce L_\odot . Pak spočítej tzv. „sluneční konstantu“, tj. jaká část tohoto výkonu projde plochou 1 m^2 ve vzdálenosti $d = 1 \text{ au}$ od Slunce. Výsledek uveď ve W/m^2 , zaokrouhlený na celé číslo. *Nápověda: Slunce vyzařuje do sférické oblasti okolo sebe. Výkon na jednotku plochy proto musí klesat se vzdáleností stejně rychle jako se povrch této sférické oblasti zvětšuje.*



Krajské kolo 2024/25, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

c) Jaký celkový zářivý výkon L_N dopadne na povrch Neptunu? Potřebné parametry jsou v tabulkách AO. Pro jednoduchost předpokládej, že výstřednost jeho oběžné dráhy je nulová. Výsledek uveď ve wattech, ve vědeckém formátu (viz literatura AO, https://olympiada.astro.cz/images/ao_text_01_EF.pdf), kde číslo (mezi 1–10) bude zaokrouhлено na 3 desetinná místa. *Nápověda: Planeta je sice sférická, ale díky velkému poměru mezi vzdáleností a velikostí lze předpokládat, že na ni světlo dopadá jako na kotouček. Lze postupovat například i tak, že využiješ výsledku z předchozí úlohy.*

Pokud planeta (či jiné těleso) světlo odráží, není výpočet její jasnosti úplně jednoduchý, neboť různé části povrchu odrážejí pod jiným úhlem. Pro případ, kdy je planeta v opozici, si však lze pomoci využitím tzv. geometrického albeda (A). Pak lze uvažovat, že velikost odrazivé plochy je kotouček o stejném průřezu, jaký má planeta, a že ve vzdálenosti d od planety bude zářivý výkon roven

$$L \frac{A}{\pi d^2},$$

kde L je zářivý výkon, který na planetu dopadl.

d) Jaký zářivý výkon Neptunem odraženého světla projde na Zemi plochou 1 m^2 , je-li Neptun v opozici? Opět předpokládej, že obě planety obíhají po kružnicích. Výsledek uveď ve W/m^2 , ve vědeckém formátu, kde číslo bude zaokrouhлено na 3 desetinná místa. Geometrické albedo Neptunu je $A_N = 0,442$ (POZOR: použij tuto hodnotu, v tabulkách AO je uveden jiný typ albeda).



Krajské kolo 2024/25, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

e) Nyní si představ, že máš dalekohled, se kterým můžeš limitně vidět planetu Neptun v opozici. Bude stejným dalekohledem možné pozorovat planetku z hlavního pásu, která obíhá po kruhové dráze, je také v opozici, má kulový tvar, průměr 100 km a geometrické albedo $A_p = 0,13$?

Nápověda: Využij rovnic z předchozích příkladů.



Krajské kolo 2024/25, kategorie EF (8. a 9. třída ZŠ)

D Praktická úloha – Pozorování ISS

(max. 20 bodů)

Náš český astronaut brzy poletí na Mezinárodní vesmírnou stanici (ISS), proto jsme pro letošní pozorovací úlohu vybrali právě pozorování přeletů ISS. **Dávej pozor, že tato pozorovací úloha má dvě části – zakreslování do mapy a vyplnění pozorovacího formuláře.**

Podrobné informace o plánovaných přeletech ISS lze získat s dvoutýdenním předstihem např. z webu Heavens Above (<https://heavens-above.com/PassSummary.aspx?satid=25544>). Měj na paměti, že pozorovací úlohu může negativně ovlivnit počasí, proto s pozorováním nečekej až do poslední chvíle před odevzdáním!

a) Ze stránek AO si stáhni soubor `AO_2024_25_EF_2_kolo_mapy.pdf`, který obsahuje 12 stran s mapami oblohy. Všechny tyto mapy jsou vygenerovány pro 50° s.š. a 15° v.d. (měly by tedy rozumně platit pro celou ČR) a jsou v časovém rozmezí jedné hodiny od sebe. Planety, Slunce ani Měsíc na nich nejsou. Ze souboru si vyber jen mapu, která nejlépe odpovídá natočení oblohy v době tvého pozorování, a vytiskni ji. **Pozor, soubor netiskni zbytečně celý!** Do této mapky pak zakresli trajektorii ISS na obloze v den tvého pozorování. Stránku s mapkou pak naskenuj jako **poslední stranu** svého PDF souboru, který budeš odevzdávat.

Ověř si, že odevzdáváš pouze jednu mapku s vlastnoručně zakreslenou trajektorií ISS a dalšími náležitostmi. V případě více naskenovaných map nebude tato část úlohy uznána.

b) Do online formuláře na adrese <https://forms.gle/zgvgNKxJbmjNB7PbA> zaznamenej všechny požadované údaje o pozorování. Postupuj přesně dle instrukcí ve formuláři.