

Krajské kolo 2020/21, domácí, kategorie GH (6. a 7. třída ZŠ) – řešení

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. 2021** bohužel nemůžeme zaručit jejich včasné vyřízení.

B Družice Starlink

(max. 15 bodů)

V současné době probíhá postupné uvádění družic Starlink na oběžné dráhy okolo Země. Tyto družice mají v budoucnu zajišťovat dostupné satelitní internetové připojení teoreticky pro kterékoli místo na Zemi. Jedním z diskutovaných problémů těchto družic je jejich viditelnost na obloze a tedy jejich negativní vliv na astronomická pozorování. V první fázi postupného uvádění satelitního internetu do provozu je v plánu umístit celkem 1 584 družic na 72 oběžných drah kolem Země ve výšce 550 km. Na jedné takové oběžné dráze tedy bude 22 družic a my se právě zaměříme jen na jednu oběžnou dráhu.

K výpočtům v celé úloze využij údaje z tabulky Astronomické olympiády pro kategorii GH. Všechny potřebné výpočty zapiš, pouhý správný výsledek bez postupu neuznáváme!

a) Jak se jmenuje soukromá společnost, která stojí za družicemi Starlink?

SpaceX

b) Pro jednoduchost budeme předpokládat, že se námi sledovaná oběžná dráha nachází nad rovníkem a je kruhová. Na této oběžné dráze ve výšce 550 km nad zemským povrchem tedy obíhá 22 družic. V jaké vzdálenosti od středu Země se družice pohybují? Výsledek uveď v kilometrech.

V Tabulce Astronomické olympiády pro kategorii GH najdeme rovníkový poloměr Země:
 $R = 6\,378$ km, takže družice se budou pohybovat ve vzdálenosti $r = R + 550$ km =
6 928 km od středu Země.

c) Jakou celkovou dráhu urazí jedna družice Starlink při jednom obletu Země? K výpočtu budeš potřebovat vzorec pro obvod kružnice s poloměrem r : $o \approx 6,28 \cdot r$. Výsledek uveď v kilometrech zaokrouhlený na jednotky.

$$o \approx 6,28 \cdot r = 6,28 \cdot 6\,928 \text{ km} \approx 43\,508 \text{ km}$$

d) Pokud budeme předpokládat, že družice budou na dané oběžné dráze rozmístěny rovnoměrně, jaká bude vzdálenost mezi dvěma sousedními družicemi? Výsledek uveď v kilometrech zaokrouhlený na jednotky. Vzdáleností nemáme na mysli délku úsečky, ale délku oblouku kružnice, po které se družice pohybují.

Krajské kolo 2020/21, domácí, kategorie GH (6. a 7. třída ZŠ) – řešení

$$s = \frac{o}{22} = \frac{43\,508 \text{ km}}{22} \approx 1\,978 \text{ km}$$

e) Uvažujme nyní následující situaci: jsme na rovníku, díváme se nad sebe a právě nad naší hlavou prolétla jedna družice Starlink. Za jak dlouho nám nad hlavou prolétne další družice? Družice Starlink se ve výšce 550 km pohybují rychlostí $7,58 \frac{\text{km}}{\text{s}}$. Výsledek uveď v sekundách zaokrouhlený na jednotky.

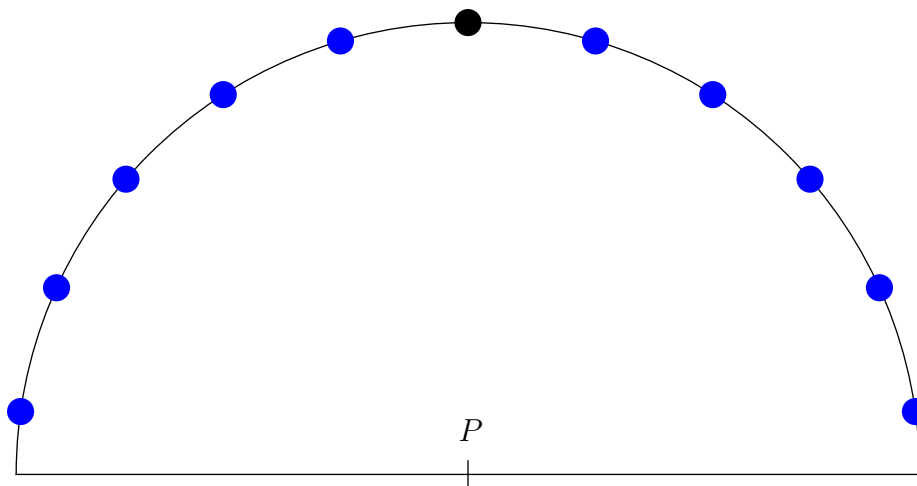
$$t = \frac{s}{v} = \frac{1\,978 \text{ km}}{7,58 \frac{\text{km}}{\text{s}}} \approx 261 \text{ s}$$

f) O jaký středový úhel jsou od sebe vzdáleny dvě sousední družice? Hledaným úhlem máme na mysli úhel: družice – střed Země – sousední družice. Výsledek uveď zaokrouhlený na desetiny stupně.

Plný úhel představuje 360° , takže dvě sousední družice jsou od sebe vzdáleny o středový úhel

$$\alpha = \frac{360^\circ}{22} \approx 16,4^\circ$$

g) Uvažujme nyní stejnou situaci jako před chvílí, a sice, že jsme na rovníku a právě nám nad hlavou prolétá družice Starlink. Do následujícího obrázku dokresli pomocí úhlooměru a výsledku předešlé části f) polohy dalších družic na obloze. Kolik jich je celkem? V jaké výšce nad obzorem se za uvedených podmínek nachází nejnižše pozorovaná družice? Výsledek uveď ve stupních zaokrouhlený na desetiny. V obrázku bod P značí polohu pozorovatele, nad kterým se nachází jedna družice.



Celkem jich uvidíme 11 (což snadno určíme i bez obrázku jako polovinu z celkového počtu družic na oběžné dráze) a nejnižše pozorovaná družice se nachází ve výšce $90^\circ - 5 \cdot 16,4^\circ = 8,0^\circ$ nad obzorem.

Krajské kolo 2020/21, domácí, kategorie GH (6. a 7. třída ZŠ) – řešení**C New Horizons a Arrokoth**

(max. 20 bodů)

Sonda New Horizons byla po svém startu ze Země 19. ledna 2006 nasměrována k Jupiteru, kolem kterého prolétla 28. února 2007. Tento průlet sondu nasměroval k Plutu, kolem kterého prolétla jako první v historii 14. července 2015. Průletem kolem Pluta mise sondy neskončila, neboť 1. ledna 2019 prolétla kolem transneptunického tělesa Arrokoth. V době průletu se sonda nacházela ve vzdálenosti 43,4 au od Slunce. Arrokoth je výraz pro „nebe“ v jednom mrtvém indiánském jazyce.

V celé úloze předpokládej, že Země, Jupiter, Pluto i Arrokoth obíhají kolem Slunce po kružnicích v jedné rovině, ve které se rovněž pohybuje sonda New Horizons. Abychom si skutečný let sondy zjednodušili, budeme dále předpokládat, že všechna tělesa leží na přímce, na které jsou v uvedeném pořadí Slunce, Země v okamžiku startu sondy, Jupiter v okamžiku průletu sondy, Pluto v okamžiku průletu sondy i Arrokoth v okamžiku průletu sondy. K výpočtům v celé úloze využijte údaje z tabulky Astronomické olympiády pro kategorii GH. Všechny potřebné výpočty zapiš, pouhý správný výsledek bez postupu neuznáváme! Nejen v této úloze budeš pracovat s velkými čísly, proto doporučujeme přečíst oddíl *Práce s velkými čísly* ze studijního textu *Text pro přípravu na finále kategorie EF 2017*, který najdeš na stránce Astronomické olympiády v seznamu literatury.

a) Vysvětli, co to znamená, že Arrokoth je *transneptunické* těleso.

transneptunické těleso = těleso, které obíhá kolem Slunce dále než Neptun

b) Jaká je hodnota rychlosti světla ve vakuu? Hodnotu uveď v kilometrech za sekundu zaokrouhlenou na tisíce.

$$c \approx 300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

c) Kolik kilometrů sonda urazila od svého startu do průletu kolem tělesa Arrokoth? Výsledek uveď v miliardách km zaokrouhlený na setiny.

Z tabulky Astronomické olympiády pro kategorii GH přečteme, že $1 \text{ au} = 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m} = 1,50 \cdot 10^8 \text{ km}$ a že vzdálenost Země od Slunce je 1,00 au. Podle předpokladu sonda letěla po části přímky, na které leží Slunce, Země v okamžiku startu sondy a Arrokoth v okamžiku průletu sondy, takže urazila vzdálenost

$$s = 43,4 \text{ au} - 1,00 \text{ au} = 42,4 \text{ au} = 42,4 \cdot 1,50 \cdot 10^8 \text{ km} = 6,36 \cdot 10^9 \text{ km}$$

d) Jak dlouho trvalo než signál od sondy, která se nacházela ve vzdálenosti tělesa Arrokoth, dorazil na Zemi? K výpočtu použij výsledky z částí b) a c). Výsledek uveď v hodinách zaokrouhlený na desetiny.

$$t_1 = \frac{s}{c} = \frac{6,36 \cdot 10^9 \text{ km}}{300\,000 \frac{\text{km}}{\text{s}}} = 21\,200 \text{ s} \approx 5,9 \text{ h}$$

e) Kolik dní letěla sonda New Horizons od startu k tělesu Arrokoth? Do výpočtu nezapomeň uvážit přestupné roky.

Krajské kolo 2020/21, domácí, kategorie GH (6. a 7. třída ZŠ) – řešení

Od startu 19. 1. do konce roku 2006 uběhlo $365 - 19 = 346$ dní, v uvažovaném období byly tři přestupné roky 2008, 2012 a 2016 (tato čísla jsou dělitelná 4), takže sonda letěla k tělesu Arrokoth $t_2 = 346 + 12 \cdot 365 + 3 + 1 = 4730$ dní.

f) Jakou průměrnou rychlostí se sonda pohybovala od startu do průletu kolem tělesa Arrokoth? K výpočtu použij výsledky z částí c) a e). Výsledek uveď v kilometrech za sekundu zaokrouhlený na desetiny.

$$v = \frac{s}{t_2} = \frac{6,36 \cdot 10^9 \text{ km}}{4730 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}} \approx 15,6 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

g) Jaký úhlový průměr má Slunce ze vzdálenosti, ve které došlo k průletu sondy New Horizons kolem tělesa Arrokoth? Výsledek uveď v úhlových vteřinách zaokrouhlený na jednotky. V rámci přípravy nastuduj příklad C s názvem „Úhlové průměry planet, Slunce a Měsíce“ z loňského ročníku Astronomické olympiády, který najdeš na stránkách soutěže (Předchozí ročníky – 2019/20 – krajské kolo – zadání – kategorie GH). Zde proto uvedeme potřebný vzorec, avšak nikoli význam jednotlivých veličin, neboť ten musíš nastudovat:

$$\alpha = \frac{2R}{r} \cdot \frac{180^\circ}{3,14}$$

Podle tabulky Astronomické olympiády pro kategorii GH má poloměr Slunce hodnotu $R = 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}$ a $r = 43,4 \text{ au}$:

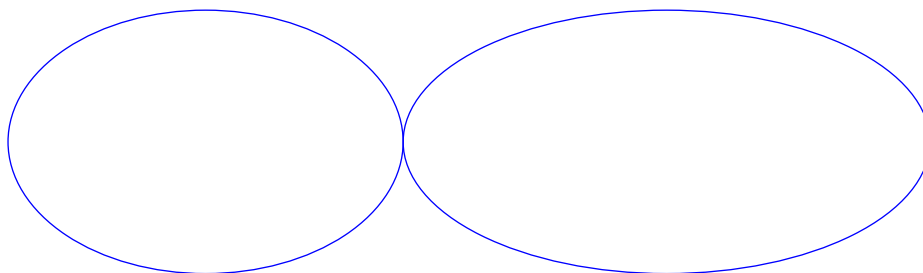
$$\alpha = \frac{2R}{r} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} = \frac{2 \cdot 6,96 \cdot 10^8 \text{ m}}{43,4 \cdot 1,50 \cdot 10^{11} \text{ m}} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} \approx 44''$$

h) Těleso Arrokoth má nepravidelný tvar, jeho největší rozměr měří zhruba 35 km. Sonda New Horizons kolem tohoto tělesa prolétla ve vzdálenosti pouhých 3 500 km nad povrchem. Pod jakým úhlem sonda New Horizons fotografovala největší rozměr tělesa Arrokoth v okamžiku průletu? Výsledek uveď v úhlových stupních zaokrouhlený na setiny.

ve vzorci značí R poloměr pozorovaného tělesa, zde je zadán průměr, tedy hodnota $2R$

$$\alpha = \frac{2R}{r} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} = \frac{35 \text{ km}}{3500 \text{ km}} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} \approx 0,57^\circ$$

i) Při pohledu na těleso Arrokoth z určitého úhlu můžeme jeho tvar popsat takto: skládá se ze dvou spojených oválných laloků, přičemž rozměry většího laloku jsou 20 km a 10 km a rozměry menšího laloku jsou 15 km a 10 km. Laloky na sebe navazují svými delšími rozměry. Zkus podle tohoto popisu těleso Arrokoth nakreslit v měřítku.



Krajské kolo 2020/21, domácí, kategorie GH (6. a 7. třída ZŠ) – řešení**D Blízké setkání Jupiteru a Saturnu***(max. 15 bodů)*

Dne 21. prosince 2020 bylo možné za dobrého počasí pozorovat na obloze mimořádně blízké přiblížení Jupiteru a Saturnu. Obě planety se k sobě na obloze přiblížily na jednu pětinu úhlového průměru Měsíce! Podobně blízké setkání těchto dvou planet, které nastalo v roce 7 před naším letopočtem, je pak často označováno jako Betlémská hvězda.

K výpočtům v celé úloze využijte údaje z tabulky Astronomické olympiády pro kategorii GH. Všechny potřebné výpočty zapiš, pouhý správný výsledek bez postupu neuznáváme!

a) Jaký úhlový průměr měl Jupiter v uvažovaný den na obloze, jestliže se v tu dobu nacházel 885,6 miliónu km od Země? Výsledek uveď v úhlových vteřinách zaokrouhlený na jednotky.

Podle tabulky Astronomické olympiády pro kategorii GH má Jupiter poloměr

$R = 71\,492$ km:

$$\alpha = \frac{2R}{r} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} = \frac{2 \cdot 71\,492 \text{ km}}{885,6 \cdot 10^6 \text{ km}} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} \approx 33''$$

b) Jaký úhlový průměr měl Saturn v uvažovaný den na obloze, jestliže se v tu dobu nacházel 1 619 miliónů km od Země? Výsledek uveď v úhlových vteřinách zaokrouhlený na jednotky.

Podle tabulky Astronomické olympiády pro kategorii GH má Saturn poloměr

$R = 60\,268$ km:

$$\alpha = \frac{2R}{r} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} = \frac{2 \cdot 60\,268 \text{ km}}{1\,619 \cdot 10^6 \text{ km}} \cdot \frac{180^\circ}{3,14} \approx 15''$$

c) Pro zjednodušení budeme dále předpokládat, že Jupiter oběhne Slunce jednou za 12 let. O jaký středový úhel se posune Jupiter na své dráze okolo Slunce za 1 rok?

$$\alpha_J = \frac{360^\circ}{12 \text{ let}} = 30^\circ/\text{rok}$$

d) Pro zjednodušení budeme dále předpokládat, že Saturn oběhne Slunce jednou za 30 let. O jaký středový úhel se posune Saturn na své dráze okolo Slunce za 1 rok?

$$\alpha_S = \frac{360^\circ}{30 \text{ let}} = 12^\circ/\text{rok}$$

e) O kolik stupňů za rok předběhne Jupiter vzdálenější Saturn? (Také lze říci, že o tolik stupňů za rok se Jupiter přiblíží k Saturnu.) K výpočtu využij předešlé části c) a d).

$$\alpha_J - \alpha_S = 18^\circ/\text{rok}$$

f) Jak často na obloze nastává blízké setkání Jupiteru a Saturnu? K výpočtu využij předešlou část e).

Krajské kolo 2020/21, domácí, kategorie GH (6. a 7. třída ZŠ) – řešení

$$\frac{360^\circ}{18^\circ/\text{rok}} = 20 \text{ let}$$

Jupiter se na obloze se Saturnem k sobě přiblíží každých 20 let.

g) Podobně blízké setkání Jupiteru a Saturnu jako v roce 2020 nastalo v roce 1623 nebo 1226, další nastane v roce 2080. Zkus vymyslet alespoň jeden důvod, proč při každém přiblížení Jupiteru se Saturnem na obloze, které jsi spočítal/a v části f), nejde o tak výjimečný jev jako v roce 2020.

Planety neobíhají kolem Slunce s oběžnými dobami 12 let a 30 let, neobíhají po kružnicích (ale po elipsách), neobíhají v jedné oběžné rovině, přiblížení planet může nastat poblíž Slunce a nemusí být tak pozorovatelné.

Krajské kolo 2020/21, domácí, kategorie GH (6. a 7. třída ZŠ) – řešení

E Pozorování hvězdy

(max. 20 bodů)

POKYNY: Velmi doporučujeme praktickou úlohu neodkládat na poslední dny před uzávěrkou (hlavně kvůli počasí). Navíc u problémů s řešením oznámených po **15. 3. 2021** bohužel nemůžeme zaručit jejich včasné vyřízení.

Řešení (nebo alespoň snaha o řešení) praktické úlohy je nutnou podmínkou pro postup do finále Astronomické olympiády. Dbej na to, že astronomická pozorování nejsou omluvou pro porušování zákonů – rušení nočního klidu, vnikání na cizí pozemek, zákaz nočního vycházení apod.

Vyber si nějakou jasnou hvězdu a pomocí mapy hvězdné oblohy ověř, že se skutečně jedná o hvězdu (a ne například o planetu). Zvol si vhodné pozorovací stanoviště tak, aby tvoje hvězda přecházela za bleskosvodem, stožárem nebo jiným úzkým objektem.

a) Zapiš adresu nebo GPS souřadnice pozorovacího místa a pozorovací podmínky.

GPS / adresa a místo , podmínky (oblačnost, seeing, viditelnost Měsíce, rušivý vliv pouličního osvětlení atd.)

b) Zapiš název/označení hvězdy.

hvězda

c) Změř přesný čas průchodu hvězdy za vybraným objektem a zapiš jej. Nezapomeň si poznamenat i časové pásmo. Měření pak zopakuj po několika dnech a opět si jej zaznamenej.

1. datum a čas a pásmo

2. datum a čas a pásmo

d) Stručně a výstižně popiš, co jsi pozoroval/a, a vysvětli příčinu daného jevu.

Např.: Hvězda procházela po 10 dnech za bleskosvodem o 39 minut dříve. To odpovídá časovému rozdílu 3 minuty 56 sekund za jeden den. Příčinou je oběh Země kolem Slunce v důsledku čehož se Země otočí vzhledem ke vzdáleným hvězdám (1 → 2) o 3 minuty a 56 sekund dříve než vzhledem ke Slunci (1 → 3). Viz obrázek (ten se nebuduje)

