

## Řešení 5. kola Přírodovědné ligy 2022/2023: Něco z astrofyziky (autor: Josef Křeček)

### Úkol č. 1: Oběžná doba planet (30 b.)

- a) *Střední vzdálenost fiktivní planety Gwwwxxxxfřbž od Slunce je 10 astronomických jednotek (značka AU). Za kolik let oběhne tato planeta kolem Slunce?*

**Řešení:** Podle 3. Keplerova zákona platí vztah  $a^3 = T^2$ , kde  $a$  je střední vzdálenost planety od Slunce v astronomických jednotkách (AU) a  $T$  je oběžná doba planety v rocích. Pro naši milou planetu Gwwwxxxxfřbž je  $a = 10$  AU a podle 3. Keplerova zákona  $T^2 = 10^3 = 1000$ , takže  $T$  se rovná druhé odmocnině z čísla 1000, což je **31,6 roku** nebo zaokrouhleně **necelých 32 let**. Tak dlouho bude trvat jeden oběh této planety kolem Slunce. (15 b.)

- b) *Fiktivní planeta Uuuuaaaakšfš oběhne Slunce jednou za 100 let. Jaká je její střední vzdálenost od Slunce v astronomických jednotkách?*

**Řešení:** Opět postupujeme podle 3. Keplerova zákona. Tentokrát víme, že oběžná doba  $T = 100$  roků. Potom  $T^2 = 100^2 = 10\,000$  a střední vzdálenost planety od Slunce bude třetí odmocninou z čísla 10 000, což je přibližně **21,5 AU**. Naše fiktivní planeta by tedy obíhala kolem Slunce ve vzdálenosti 21,5x větší než naše Země, pro kterou  $a = 1$  AU. (15 b.)

### Úkol č. 2: Tajemná slova (40 b.)

- a) *Na internetu nebo v literatuře vyhledejte, jakou největší kladnou hodnotu deklinace může mít Slunce. Vyjádři tento údaj ve formátu desetinného čísla i ve formátu stupňů a minut. Ve který den roku se tak stane?*

**Řešení:** Největší hodnota deklinace Slunce je **23,45° neboli 23 stupňů a 27 úhlových minut**. Tato hodnota je dosažena v den letního slunovratu, tedy zpravidla **21. června**. (5 b.)

- b) *Jaký úhel ve stupních svírá rovina deklinační kružnice hvězdy s rovinou deklinační kružnice jarního bodu, je-li hodnota rektascenze 7 hodin 45 minut 20 sekund?*

**Řešení:** pokud úhel 360 stupňů odpovídá rektascenzi 24 hodin pak 7 h 45 min 20 s neboli přibližně 7,756 h odpovídá  $(360 : 24) \cdot 7,756 =$  **116 stupňů** (přibližně). (10 b.)

- c) *Obří hvězdu pozorujeme ze vzdálenosti 10 světelných let pod zorným úhlem 3 úhlové vteřiny. Jaká je hodnota paralaxy hvězdy ve vzdálenosti 1 pc od ní?*

**Řešení:** Úsečku dlouhou 1 AU vidíme ze vzdálenosti 1 parsek (pc) pod úhlem 1 vteřina. 1 parsek představuje 3,26 světelného roku, takže 10 světelných roků je  $10 : 3,26$  pc, tedy přibližně 3,07 pc. Z této vzdálenosti vidíme hvězdu pod zorným úhlem 3 úhlové vteřiny. Kdybychom se k hvězdě přiblížili na 1 pc, byl by zorný úhel přibližně 3,07 x větší, tedy  $3,07 \cdot 3 =$  **9,21 úhlových vteřin**. (15 b.)

- d) *Hvězdu o průměru 0,1 AU pozorujeme pod paralaxou 0,02 úhlové vteřiny. Jak daleko od nás ve světelných rocích je hvězda?*

**Řešení:** Pokud by hvězda měla průměr 1 AU, uvidíme ji ze vzdálenosti 1 pc pod úhlem 1 vteřiny. Hvězda má však průměr 0,1 AU, takže bychom ji ze vzdálenosti 1 pc viděli pod úhlem pouze 0,1 vteřiny. My ji však vidíme pod úhlem 0,02 vteřiny, což je ještě pětkrát méně. Hvězda je tedy od nás vzdálena 5 pc, a protože  $1 \text{ pc} = 3,26 \text{ ly}$ , je hledaná vzdálenost  $3,26 \cdot 5$  ly, tedy **16,3 světelného roku**. (10 b.)

### Úkol č. 3: Ze života hvězdy (10 b.)

*Seřadte následující vývojová stádia „života“ těžké hvězdy (o hmotnosti několika našich Slunci) tak, jak mají jít správně za sebou a vyřadte přitom jeden pojem, který mezi ostatní nepatří:*

**BÍLÝ TRPASLÍK – HVĚZDA HLAVNÍ POSLOUPNOSTI – VÝBUCH SUPERNOVY – NEUTRONOVÁ HVĚZDA – ČERVENÝ OBR – ČERNÝ TRPASLÍK - MLHOVINA**

**Řešení:** **Mlhovina** je shluk prachových a plynových částic, prosvícený blízkou již existující hvězdou. Plynové a prachové částice se vlivem gravitace zhušťují, uvnitř stoupá teplota, až dojde k „zažehnutí“ termonukleárních reakcí. V této chvíli vznikla nová hvězda, která v tzv. Hertzsprungově - Russelově diagramu existuje zpravidla několik miliard let na tzv. **hlavní posloupnosti**. V době, kdy začíná uvnitř hvězdy docházet „palivo“ pro termonukleární reakce (vodík), začne hvězda chladnout a zvětšovat svůj objem. Vlivem poklesu teploty nezárí již bíle, ale červeně – hvězda dospěla do stádia tzv. **červeného obra**. Později se však vlivem gravitace začne červený obr znovu smršťovat a teplota v něm roste – vzniká **bílý trpaslík**. U lehčích hvězd pak po určité době bílý trpaslík vyhasíná a konečným stádiem vývoje hvězdy je **černý trpaslík**. My se však bavíme o těžkých hvězdách s hmotností několikanásobku našeho Slunce. Zde dojde k tzv. gravitačnímu kolapsu červeného obra, kdy při výbuchu hvězda odhodí své vnější vrstvy a zůstane jen malý vnitřek s nesmírně velkou hustotou. Tento jev se nazývá **výbuch supernovy** a na rozdíl od všech předchozích procesů, trvajících miliardy let, trvá jen několik hodin. Zbýlý vnitřek hvězdy je tzv. **neutronová hvězda** (v podstatě je složena z volných neutronů) nebo u ještě těžších hvězd černá díra, tedy objekt, který svou obrovskou gravitací pohlcuje vše včetně světla.

Správné pořadí pojmů tedy je: **MLHOVINA - HVĚZDA HLAVNÍ POSLOUPNOSTI - ČERVENÝ OBR – VÝBUCH SUPERNOVY - NEUTRONOVÁ HVĚZDA**. Mezi ostatní pojmy nepatří **BÍLÝ TRPASLÍK a ČERNÝ TRPASLÍK**, protože to jsou stadia vývoje pouze u lehčích a středně těžkých hvězd typu našeho Slunce (max. do asi 1,4 hmotnosti Slunce).

*(Omlouvám se, že nechtěným vypadnutím slova „nejméně“ – tedy správně mělo být „nejméně jeden pojem, který mezi ostatní nepatří“, jsem některé soutěžící trochu zmatl. Do daných pojmů nepatřily nakonec pojmy dva. Pokud soutěžící uvedli správné pořadí pojmů a měli mezi nimi v důsledku tohoto zmatku i nějaký vyřazený pojem, bral jsem odpověď jako správnou za 10 bodů – 8 bodů za správné seřazení a 2 body za alespoň jeden vyřazený pojem. Pokud byly v seřazení prohozeny nejvýše dvě položky mezi sebou, je seřazení za 4 body.)*

### Úkol č. 4: Pluto (10 b.)

*Proč bylo Pluto roku 2006 vyřazeno ze seznamu planet?*

**Řešení:** V současném pojetí se planetou rozumí těleso obíhající kolem hvězdy (tedy v našem případě Slunce), které má přibližně tvar koule (vlivem gravitace) a tzv. pročistilo své okolí – tím se rozumí, že v jeho blízkém okolí se nenachází jiné srovnatelně velké těleso. Pluto kulový tvar má, ale v jeho okolí se nachází jeho satelit (měsíc) Cháron, jehož průměr je více než polovina průměru Pluta – jde tedy o srovnatelně velké těleso (soustava Pluto – Cháron byla dokonce svého času považována za tzv. dvojplanetu). Trpasličí planeta Pluto si tedy nevyčistila své okolí od podobně velkých těles. *Nekonkrétní odpovědi typu „Změnila se definice planety“ hodnotím pouze 2 body.*

### Úkol č. 5: Souhvězdí (10 b.)

*Která z následujících souhvězdí můžeme v únoru dobře pozorovat z Nové Paky?*

Jde především o tato souhvězdí: **Malý medvěd, Orion, Žirafa, Kasiopeja, Velká medvědice.**

Malý medvěd, Žirafa, Kasiopeja a Velká medvědice jsou tzv. cirkumpolární souhvězdí, tedy souhvězdí, která jsou celoročně nad obzorem. Orion je typické souhvězdí zimní oblohy. *Za uvedení každého z těchto pěti souhvězdí máte 2 body.*

Labuť a Lyra jsou souhvězdí letní oblohy, jsou však pozorovatelné i v únoru časně ráno před východem Slunce. Pegas je souhvězdím podzimním, v únoru jej můžeme pozorovat brzy po setmění. Labuť, Lyra ani Pegas nejsou tedy typicky dobře pozorovatelnými souhvězdími v únoru. *Za jejich uvedení žádné body nezískáváte, ale ani neztrácíte.*

Vývěva a Kentaur jsou souhvězdími jižní oblohy. Za pozorováním Kentaura musíme až na jižní polokouli, Vývěva je sice pozorovatelná i ze střední Evropy, ale nad obzor vystupuje celá až od 49,5 stupně severní šířky jižněji. A zeměpisná šířka Nové Paky je 50° 29' 48". *Za uvedení každého z těchto souhvězdí tedy 2 body ztrácíte.*

Kola se zúčastnilo 27 soutěžících, klasifikováno je jich však jen 25, protože dva soutěžící vzájemnou spoluprací porušili Etický kodex Přírodovědné ligy, který je součástí pravidel PL.

Pořadí	Jméno	Třída	Body	Rychlostní prémie	Body celkem
1.	Kryštof Vitvar	septima	98	5 (5 %)	103
2.	Tereza Tegelová	kvarta	94	6 (6 %)	100
3.	Eliška Poláková	sexta	95	5 (5 %)	100
4.	Tereza Kyselová	sexta	97	0 (0 %)	97
5.	Filip Špicar	tercie	90	2 /2 %)	92
6.	Ondřej Kosina	sekunda	90	1 (1 %)	91
7.	Kateřina Hylmarová	tercie	80	4 (5 %)	84
8.	Hana Ježková	1.G	77	5 (6 %)	82
9.	Monika Kyselová	sekunda	77	2 (2 %)	79
10.	Veronika Janků	kvinta	75	1 (1 %)	76
11.	Martin Kalenský	tercie	59	5 (8 %)	64
12.	Nikola Klazarová	1.G	59	5 (8 %)	64
13.	Eliška Horáková	sekunda	60	0 (0 %)	60
14.	Julie Hylmarová	prima	56	1 (1 %)	57
15.	Matěj Kracík	tercie	55	0 (0 %)	55
16.	Žaneta Prausová	kvarta	42	3 (6 %)	45
17.	Mariana Horáková	kvarta	44	0 (0 %)	44
18.	Pavčina Bílková	1.G	40	3 (8 %)	43
19.	Martin Dočekal	kvarta	39	3 (7 %)	42
20.	Anna Bonzetová	1.G	40	2 (6 %)	42
21.	Nina Šulcová	kvarta	40	0 (1 %)	40
22.	Kateřina Rybová	prima	26	1 (2 %)	27
23.	Matěj Krejčí	kvarta	24	0 (0 %)	24
24.	Jan Kapucján	sekunda	22	1 (6 %)	23
25.	Ema Nguyen Ha Phuong	prima	6	0 (0 %)	6