

## Úloha V.2 . . . uranová hvězda

2 body; průměr 2,02; řešilo 49 studentů

Představme si, že ve hvězdách neprobíhá termojaderná fúze, nýbrž štěpná jaderná reakce. Odhadněte, jak dlouho by taková hvězda dokázala vyzařovat, jestliže na počátku svého životního cyklu sestává pouze z uranu  $^{235}\text{U}$ , její hmotnost i zářivý výkon jsou přibližně konstantní a odpovídají současným hodnotám pro Slunce. *Mirek si pročítal nové učebnice.*

Uran  $^{235}\text{U}$  je nuklid, který podléhá štěpné reakci, přičemž energie, která se uvolní štěpením jednoho atomu  $^{235}\text{U}$ , činí asi<sup>1</sup>  $E_a = 200\text{ MeV}$ . Produkty této reakce jsou sice také nestabilní, ale jejich energetický příspěvek by byl malý a lze jej zanedbat. Hmotnost hvězdy  $M$  odpovídá hmotnosti Slunce, takže má hmotnost<sup>2</sup>  $M = 2,0 \cdot 10^{30}\text{ kg}$ . Pokud tuto hmotnost vydělíme hmotností jednoho atomu  $^{235}\text{U}$ , která je  $m_a = 235m_u = 3,9 \cdot 10^{-25}\text{ kg}$ , kde  $m_u$  je atomová hmotnostní konstanta, pak zjistíme, kolik atomů  $^{235}\text{U}$  hvězdu tvoří, a tím, že celková energie  $E$ , která by se z takto hmotné hvězdy mohla štěpením uranu uvolnit, je

$$E = \frac{M}{m_a} E_a = 1,6 \cdot 10^{44}\text{ J}.$$

Předpokládáme-li, že má hvězda přibližně konstantní zářivý výkon  $L = 3,8 \cdot 10^{26}\text{ W}$  odpovídající Slunci,<sup>3</sup> pak můžeme určit dobu života hvězdy, tedy dobu, po kterou bude vyzařovat, jako podíl celkové energie, která se uvolní štěpením uranu, a jejího zářivého výkonu.

$$t = \frac{E}{L} = 1,4 \cdot 10^{10}\text{ let}.$$

Naše hypotetická uranová hvězda by zářila asi 14 miliard let, což je doba řádově srovnatelná se skutečnou délkou života hvězd (například pro Slunce je odhadovaná délka života kolem 10 miliard let). Nebylo zjištěno, že by existovaly hvězdy, ve kterých by probíhaly štěpné reakce, a nepravděpodobnost tohoto jevu podporuje extrémní vzácnost výskytu prvků těžších než železo ve hvězdách (fúze prvků může probíhat při výbuchu supernovy, a tyto prvky se pak mohou dostat do nové hvězdy při jejím tvoření). Asi nejzásadnějším problémem takovéto konkrétní uranové hvězdy by bylo, že množství uranu v ní by bylo nadkritické, takže by velice rychle vybuchla.

*Kristína Nešporová*  
kiki@fykos.cz

---

Fyzikální korespondenční seminář je organizován studenty MFF UK. Je zastřešen Oddělením pro vnější vztahy a propagaci MFF UK a podporován Ústavem teoretické fyziky MFF UK, jeho zaměstnanci a Jednotou českých matematiků a fyziků.

Toto dílo je šířeno pod licencí Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported.  
Pro zobrazení kopie této licence, navštivte <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>.

<sup>1</sup><http://cs.wikipedia.org/wiki/Uran-235>

<sup>2</sup><http://cs.wikipedia.org/wiki/Slunce>

<sup>3</sup>Tato informace v zadání nám ulehčuje práci, neboť s určitou aproximací bychom měli být schopni ze známých údajů zářivý výkon uranové hvězdy dopočítat.