

## 5 Dopplerův jev

- 5.1) Astronomické objekty, které se nazývají kvazary, se vyznačují velkým posuvem spektrálních čar směrem k červenému konci spektra (tzv. **rudý posuv**). U jistého kvazaru bylo měřením zjištěno, že frekvence v příslušná určité čáře jeho spektra se zmenšila v porovnání s frekvencí téže čáry  $\nu_0$ , kterou by vysílal nepohybující se zdroj světla, třikrát ( $\nu = \nu_0/3$ ). Určete, jakou radiální rychlostí se vzdaluje tento kvazar od Země?

[−0,8c]

- 5.2) Vysílač na kosmické lodi pohybující se vzhledem k Zemi rychlostí  $0,7c$  vysílal elektromagnetické vlny o vlnové délce 21 cm (odpovídající frekvenci 1,43 GHz). Jakou vlnovou délku a frekvenci vln zjistí pozorovatel na Zemi? Předpokládáme, že v okamžiku příjmu elektromagnetických vln je přímka spojující pozorovatele s kosmickou lodí kolmá k vektoru její rychlosti.

[ $\lambda = 0,21$  m;  $\nu = 1,02$  GHz]

- 5.3) Jakou rychlostí se od nás vzdaluje galaxie, jestliže spektrální čára vodíku  $\lambda_0 = 434$  nm je v jejím spektru posunuta o  $\Delta\lambda = 130$  nm směrem k červenému konci spektra (tzn.  $\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda$ )?

[−0,256c]

- 5.4) Fyzik projel vozidlem křižovátku v okamžiku, kdy na semaforu svítilo červené světlo. Když jej policista zastavil, hájil se tím, že jel tak rychle, že se mu v důsledku Dopplerova jevu jevílo červené světlo ( $\lambda_0 \approx 700$  nm) jako zelené ( $\lambda \approx 550$  nm). Vypočítejte, jakou rychlostí by se muselo fyzikovo vozidlo pohybovat.

[ $70,98 \cdot 10^6$  m·s<sup>−1</sup>]

- 5.5) Jakou rychlostí by se od Země vzdalovala kosmická loď, jestliže signály vysílané z lodi s frekvencí 1 000 kHz by na Zem přicházely s frekvencí 950 kHz? Obíhání Země kolem Slunce zanedbejte.

[0,0512c]

- 5.6) Pozemské vesmírné lodě používají na přídi světlomety (koherentní lasery) vyzařující světlo červené barvy o vlnové délce  $\lambda_1 = 700$  nm. Na zádi svítí zeleným světlem s vlnovou délkou  $\lambda_2 = 555$  nm. Loď cestuje nejvyšší povolenou rychlostí  $0,23c$  ze Země na planetu u Proximy Centauri. Jakou barvu uvidí pozorovatel ze Země a jakou mimozemšťan? Logicky mimozemšťan detekuje světlo z přídi a pozemšťan světlo ze zádi. Jak se změní situace, bude-li tato loď do svého cíle (Proxima Centauri) couvat? Proč to mezihvězdné protokoly zakazují?

[vpřed (zád' 439 nm; před' 885 nm); vzad (zád' 533 nm; před' 701 nm); zásadní změny vlnových délek]

- 5.7) Řídicí věž využívá ke komunikaci s letadly amplitudovou modulaci na frekvencích v rozmezí 118–137 MHz. Některá letadla se mohou pohybovat i rychlostmi jen o málo menšími, než je rychlost zvuku ( $v_{zvuk} = 340$  m·s<sup>−1</sup>). V důsledku Dopplerova jevu by se mohlo teoreticky stát, že letadlo, ačkoliv má vysílačku naladěnou na svůj komunikační kanál, zachytí kanál cizí a ztratí spojení se svou řídicí věží. Ke ztrátě spojení nesmí v letecké komunikaci dojít. Vypočítejte minimální šířku frekvenčního píku, na kterém bude řídicí věž komunikovat s určitým letadlem, aby ani při rychlosti zvuku v atmosféře neměl dopplerovský posuv vliv na spojení. Vypočítejte, na kolika kanálech se potom může teoreticky vysílat v rozmezí 118–137 MHz.

[ $\Delta f_{119} = 267,4$  Hz;  $\Delta f_{137} = 310,6$  Hz; N = 61 093 kanálů]