

Mikrosvět

1. Určete přibližný počet atomů, které jsou obsaženy v železném závaží o hmotnosti 1 kg. Jak dlouhá řada by vznikla seřazením všech těchto atomů těsně vedle sebe? Průměry atomů jsou řádově 10^{-10} m.

2. Předpokládejme, že z povrchu vodní kapky o objemu 1 mm^3 se za každou sekundu odpaří 10^6 molekul. Za jakou dobu se odpaří celá kapka?

3. Do jezera, které má hloubku 10 m a povrch o obsahu 10 km^2 , byl vhozen krystal kamenné soli NaCl o hmotnosti 0,01 g. Určete, kolik iontů chloru by obsahoval náprstek vody z tohoto jezera o objemu 2 cm^3 . Předpokládejte, že sůl se v jezeře rozpustila rovnoměrně.

4. Ve slavných Feynmanových přednáškách je uvedena tato úloha: „Kdysi dávno ve starší době kamenné dopadla kapka odpoledního deště na měkkou rovnou zem a zanechala na ní otisk. Čas uběhl a tohoto otisku si při vykopávkách všiml student geologie trpící horkem a žízni. Zatímco vyprazdňoval svou láhev, z dlouhé chvíle odhadoval, kolik molekul této pravěké kapky bylo ve vodě, kterou právě vypil. Odhadněte i vy počet těchto molekul. O podrobnostech, které nejsou v podmínkách úlohy uvedeny, udělejte rozumné předpoklady.“

5. Pro představu o atomu se často konstruuje modelové učební pomůcky. Uvažte, jaký rozměr by měla konstrukce modelu atomu vodíku, v němž by jádro tvořila kulička o průměru řádově 1 mm. Použijte poznatek, že průměr atomu je řádově 10^{-10} m a průměr jádra atomu je řádově 10^{-15} m.

6. Hustota tekutého vodíku je $0,71 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$. a) Jaký objem připadá na 1 atom vodíku? b) Jestliže si atom představíme zjednodušeně jako krychli, jaká bude délka hrany této krychle?

Experimentální východiska kvantové fyziky

7. Hvězda má povrchovou teplotu 30 000 K. Na jakou vlnovou délku připadá maximum vyzařování této hvězdy a jaká je intenzita vyzařování?

8. Kolikrát je intenzita vyzařování černého tělesa při teplotě $100 \text{ }^\circ\text{C}$ větší než při teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$?

9. Jaký výkon je třeba k tomu, aby se udržela roztavená platina na teplotě $1773 \text{ }^\circ\text{C}$, je-li povrch platinového tělesa roven 1 cm^2 . (Předpokládejte, že platinové těleso vyzařuje jako absolutně černé těleso a vydává energii jen zářením.)

10. Lidské oko může vnímat světlo, jehož zářivý tok je $2 \cdot 10^{-17} \text{ W}$. Určete, kolik fotonů o vlnové délce 500 nm dopadne při tom za 1 sekundu do oka.

11. Nastane vnější fotoelektrický jev, jestliže měděnou elektrodu osvětlíme světlem o vlnové délce 400 nm? Výstupní práce mědi je 4,47 eV.

12. Mezní vlnová délka při fotoelektrickém jevu na platinové katodě je 198 nm. Po ohřátí platinové katody na vysokou teplotu se mezní vlnová délka zvětšila na 210 nm. O kolik se změnila ohřátím katody výstupní práce?

13. Jaká je rychlost fotoelektronů vystupujících z povrchu stříbra osvětleného monochromatickým světlem vlnové délky $15 \cdot 10^{-8} \text{ m}$, jestliže vlnová délka světla, při které se začne u stříbra projevovat fotoelektrický jev, je $26 \cdot 10^{-8} \text{ m}$?

14. Jakou rychlostí vylétují elektrony z povrchu cesia, jestliže jeho povrch osvětlíme monofrekvenčním světlem vlnové délky 590 nm? Výstupní práce cesia je 1,93 eV.

15. Při osvětlení kovové destičky monofrekvenčním světlem o vlnové délce λ_1 nastane vnější fotoelektrický jev. Elektrony uvolněné z kovu mají rychlost v_1 . Při osvětlení téže destičky monofrekvenčním světlem o vlnové délce λ_2 je rychlost uvolněných elektronů v_2 . Z uvedených údajů vypočítejte Planckovu konstantu h pro hodnoty $\lambda_1 = 420 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 610 \text{ nm}$, $v_1 = 8,15 \cdot 10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $v_2 = 5,8 \cdot 10^5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Základní vztahy kvantové mechaniky

16. Vypočítejte vlnovou délku přiřazenou následujícím hmotným objektům: a) tenisovému míčku ($m = 60 \text{ g}$, $v = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), b) střele ($m = 1 \text{ g}$, $v = 90 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), c) elektronu ($m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$, $E = 250 \text{ keV}$).

17. Jaká je de Broglieho vlnová délka protonu o kinetické energii 5 MeV? Proton považujte za nerelativistický.

18. Určete nerelativistickou kinetickou energii elektronu, jehož de Broglieho vlnová délka je 120 pm.

19. Laser o výkonu P vysílá světlo o vlnové délce λ . Určete a) energii E emitovaného fotonu v jednotkách joule a elektronvolt; b) velikost hybnosti p emitovaného fotonu; c) energii E' vyzářenou laserem za dobu t_1 ; d) počet N vyzářených fotonů za dobu t_2 ; e) hmotnost m fotonu vysílaného světla. Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $P = 4 \text{ mW}$, $\lambda = 632,8 \text{ nm}$, $t_1 = 10 \text{ s}$, $t_2 = 1 \text{ s}$.

20. Speciální zdroj vyzařuje monofrekvenční světlo o vlnové délce λ . Jeho příkon je P_0 a účinnost převodu elektrické energie na světlo je η . Zjistěte a) výkon P zdroje a energii E vyzářenou tímto zdrojem za dobu t ; b) počet N vyzářených fotonů za dobu t ; c) velikost hybnosti p jednoho vyzářeného fotonu; d) zda sodík vykáže vnější fotoelektrický jev pro uvažované světlo, jestliže energie (výstupní práce) potřebná pro emisi elektronu z kovového sodíku je E_v . Řešte nejprve obecně, pak pro hodnoty $\lambda = 630 \text{ nm}$, $P_0 = 60 \text{ W}$, $\eta = 93\%$, $t = 730 \text{ h}$, $E_v = 2,28 \text{ eV}$.

Částice vázaná na úsečku

21. Jaká je energie a) elektronu, b) protonu vázaného na úsečku o délce rovnající se řádově průměru těžšího atomového jádra (10^{-14} m) v základním stavu?

22. Jakou délku musí mít úsečka, na kterou je vázán elektron, aby rozdíl energií základního a prvního excitovaného stavu byl menší než 3 eV?

Atomová fyzika

23. Na Franckově-Hertzově pokusu autoři zjistili, že pokles proudu nastává, má-li napětí v elektrickém poli urychlujícím elektrony hodnotu 4,9 V, a že rtuťové páry vysílají záření o vlnové délce 253,6 nm. Vypočítejte z těchto údajů hodnotu Planckovy konstanty.

24. Jaká je a) energie, b) velikost hybnosti, c) vlnová délka fotonu vyzářeného při přechodu atomu vodíku ze stavu $s = 6$ do stavu $s = 1$?

25. Atom vodíku je ve stavu $s = 8$. Jakou energii musíme atomu dodat, abychom ho ionizovali?

26. Bohrov model atomu vodíku z roku 1913 postuluje, že elektron se pohybuje po takových kruhových trajektoriích o poloměru r se středem v jádře (tj. protonu), pro něž platí $2\pi m_e v r = nh$, kde v je rychlost elektronu o hmotnosti m_e na příslušné trajektorii o poloměru r a $n \in \mathbf{N}$, $n \geq 1$ udává pořadí trajektorie směrem od jádra. Odvoďte vztahy pro rychlost, poloměr trajektorie a frekvenci oběhu elektronu; vypočítejte velikost těchto veličin pro $n = 1$.

Jaderná fyzika

27. Ve vzorku radioaktivního fosforu ${}_{15}^{32}\text{P}$, který má poločas přeměny 14 dnů, je $4 \cdot 10^{18}$ atomů fosforu. Kolik atomů fosforu bude v tomto vzorku za 4 týdny?

28. Poločas přeměny nuklidu ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ je 1 590 roků. Určete jeho přeměnovou konstantu.

29. Radionuklid stříbra má poločas přeměny 20 min. Jaká část radionuklidu se přemění za 1 hodinu a za 2 hodiny?

30. Za jakou dobu ubyde rozpadem 10 μg radioaktivní látky? Původní množství látky je 50 μg , poločas rozpadu je 3 minuty.

31. V obalu, který nepropouští α záření, je umístěn 1 g radia. Za 1 sekundu v něm nastane $3,7 \cdot 10^{10}$ rozpadů jader. Vypočítejte, jaké je celkové množství energie, která se v obalu získá za jednu hodinu, jestliže energie, kterou odnáší α částice, je 4,7 MeV.

32. Blok jaderné elektrárny o elektrickém výkonu P přeměňuje jadernou energii v energii elektrickou s účinností η . Při štěpení jednoho jádra ${}_{92}^{235}\text{U}$ se uvolní energie E_0 . Určete hmotnost uranu, který se spotřebuje v elektrárně za dobu t . Řešte nejprve obecně, pak číselně pro $P = 500 \text{ MW}$, $r_1 = 45 \%$, $E_0 = 200 \text{ MeV}$, $t = 1 \text{ den}$.

33. Elektron letí prostředím o indexu lomu 1,6. Jakou musí mít kinetickou energii, aby se stal zdrojem Čerenkovova záření?