

Aplikovaná optika I: příklady k procvičení celku Základní pojmy, kvantová optika a fotoelektrický jev

Jana Jurmanová

Základní pojmy, kvantová optika a fotoelektrický jev

1. Při přechodu elektronu z druhé na první energiovou hladinu vodíku se vyzáří energie $1,63 \cdot 10^{-18} \text{J}$. Jaká je frekvence fotonu a vlnová délka fotonu ve vakuu? O jaké světlo se jedná?

$$[f = 2,46 \cdot 10^{15} \text{Hz}, \lambda = 122 \text{nm}, \text{UV záření}]$$

2. Zdroj světla vyzařuje fotony s vlnovou délkou $3,3 \cdot 10^{-7} \text{m}$. Určete energii těchto fotonů v joulech i elektronvoltech.

$$[E = 6,023 \cdot 10^{-19} \text{J} = 3,76 \text{eV}]$$

3. Sodíková lampa má výkon $3,5 \text{W}$. Kolik fotonů s vlnovou délkou $589,3 \text{nm}$ vysílá za jednu sekundu?

$$[1 \cdot 10^{19} \text{ fotonů}]$$

4. Jaká vlnová délka odpovídá fotonu záření s energií $3,2 \cdot 10^{-13} \text{J}$?

$$[\lambda = 6,21 \cdot 10^{-13} \text{m}]$$

5. Jakou energii má foton rádiové vlny délky 200m , záření o vlnové délce 300nm , rentgenového záření o vlnové délce 10^{-12}m ? Kolik fotonů je třeba k přenosu energie 1J ?

$$[10^{-27} \text{J}, 6,6 \cdot 10^{-19} \text{J}, 2 \cdot 10^{-13} \text{J}; 10^{27}, 1,5 \cdot 10^{18}, 5 \text{ biliónů}]$$

6. Helium-neonový laser je zdrojem monochromatického záření o vlnové délce 632,8nm. Jeho výkon je 2mW. Určete energii fotonu laserového záření. Kolik fotonů se emituje za jednu sekundu?

$$[E = 3,1 \cdot 10^{-19} \text{ J}, 6,4 \cdot 10^{15}]$$

7. Při ozařování par rtuti se energie atomu rtuti zvětšuje o 4,9eV. Jaká je vlnová délka záření vyzářeného při přechodu do stacionárního stavu?

$$[\lambda = 253 \text{ nm}]$$

8. Práh viditelnosti závisí na vlnové délce světla. Zelené světlo o vlnové délce $\lambda = 510 \text{ nm}$ je viditelné, jestliže na sítnici dopadá výkon $P = 2,93 \cdot 10^{-17} \text{ W}$. Určete práh viditelnosti počtem fotonů, které dopadnou na sítnici za dobu 1s.

$$[n = 75]$$

9. Určete vlnovou délku fialového světla ve vzduchu a ve vodě. Určete, jak se změní frekvence a energie fotonu při přechodu ze vzduchu do vody.

[frekvence ani energie se nezmění, vlnová délka se zmenší na 0,75 vlnové délky na vzduchu; zvolíme-li $\lambda_{Fvz} = 400 \text{ nm}$, je $\lambda_{Fvoda} = 300 \text{ nm}$]

10. Kolik fotonů ultrafialového světla o vlnové délce $0,1 \mu\text{m}$ má energii 1J?

$$[5 \cdot 10^{17}]$$

11. Vysvětlete význam výstupní práce při fotoelektrickém jevu. Má výstupní práce všech kovů stejnou hodnotu?
12. Jaký je význam mezní frekvence? Proč fotoemise nenastává pro záření s frekvencí nižší než je frekvence mezní?
13. Zapište rovnici pro energii elektronu, kterou získá při fotoelektrickém jevu.

14. Určete výstupní práci platiny, pro niž je mezní frekvence $1,28 \cdot 10^{15}$ Hz. Vyjádřete tuto práci v joulech i elektronvoltech. Jaká je mezní vlnová délka (ve vzduchu)? Může nastat fotoemise dopadem viditelného záření na platinu?

$$[A = 8,5 \cdot 10^{-19} \text{ J} = 5,3 \text{ eV}, \lambda = 234 \text{ nm}, \text{ nemůže}]$$

15. Sodík má výstupní práci $3,6 \cdot 10^{-19}$ J. Určete mezní frekvenci, mezní vlnovou délku a rychlost, kterou opouštějí elektrony katodu, dopadá-li na ni světlo frekvence $6 \cdot 10^{14}$ Hz.

$$[f_M = 5,4 \cdot 10^{14} \text{ Hz}, \lambda_M = 552 \text{ nm}, v = 3 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}]$$

16. S jakou rychlostí opouštějí elektrony
- (a) platinu o mezní vlnové délce 197 nm, dopadá-li na ni ultrafialové záření o vlnové délce 150 nm,
- (b) wolfram s výstupní prací 4,54 eV po dopadu záření o vlnové délce 120 nm,
- (c) měď o mezní vlnové délce 277 nm po dopadu záření ze sodíkové výbojky ($\lambda = 589$ nm)?

$$[8,4 \cdot 10^5 \text{ ms}^{-1}, 1,4 \cdot 10^6 \text{ ms}^{-1}, \text{ fotoefekt nenastane}]$$

17. Zhodnoťte a odůvodněte platnost následujících tvrzení:

- (a) Elektromagnetické záření má energii.
- (b) Jestliže fotoelektrický jev nastane pro určitý kov při dopadu viditelného záření, nastane i při dopadu ultrafialového záření.
- (c) Fotoefekt nenastane při dopadu světla na zinkovou destičku. Lze tvrdit, že nenastane ani při dopadu ultrafialového záření?
- (d) Fotoelektrický proud závisí na dopadajícím zářivém toku nepřímo úměrně.
- (e) Rychlost uvolněných elektronů nezávisí na frekvenci dopadajícího světla.
- (f) Výstupní práce má pro všechny alkalické kovy stejnou hodnotu.
- (g) Einsteinoва rovnice fotoefektu má charakter zákona zachování hmoty.
- (h) Fotony záření všech frekvencí mají stejnou energii.
- (i) Fotony záření o různé frekvenci se pohybují stejnou rychlostí.
- (j) Fotony záření o různé frekvenci mají různou vlnovou délku.

18. V které části atomu a jak vzniká viditelné záření (světlo)? Může zde vznikat i jiné záření?

19. Proč se odlišují čárová spektra různých prvků?

20. K jakým energetickým změnám dochází při vzniku záření přechodem elektronu?

21. Porovnejte emisní a absorpční spektrum těžé látky, objasněte mechanismus jeho vzniku.

22. Jak se liší laserové záření od přirozeného světla?

23. Zhodnoťte a zdůvodněte platnost následujících tvrzení:

- (a) Elektron se může vyskytovat jako volná stabilní částice.
- (b) Atom v základním stavu má menší energii než ve stavu excitovaném.
- (c) Pro excitaci atomu je třeba atomu odebrat energii.
- (d) Všechny kovové prvky mají stejné čárové spektrum.
- (e) Ve všech spektrálních sériích vodíku (série čar vzniklých seskokem elektronu ze všech vyšších energiových hladin na hladinu první, druhou, třetí. . .) je viditelné záření.
- (f) Laserové záření se liší od viditelného světla proto, že vzniká v jádře atomu.