

# Základní pojmy kvantové fyziky

## (Fotoelektrický jev, Einsteinova teorie fotoefektu, Comptonův jev, vlnové vlastnosti částic, kvantová energie mikročástic, kvantově-mechanický model atomu, atomy s více elektrony, laser.)

### 1) Fotoelektrický jev

- vnější fotoelektrický jev (světelné záření dopadající na povrch kovu uvolňuje z kovu elektrony – fotoemise)
- pokus: vyčerpaná baňka, kovová destička (katoda), drátěná mřížka (anoda), zdroj a mikroampérmetr, při osvětlení protéká obvodem fotoelektrický proud; další mřížka (zachycuje pomalé elektrony – rychlost elektronů nezávisí na osvětlení, ale pouze na vlnové délce)
- zákony fotoefektu
  - nastává, je-li vlnová délka záření menší než mezní vlnová délka (charakteristická konstanta kovu)
  - elektrický proud je přímo úměrný intenzitě dopadajícího záření
  - rychlost vylétujících elektronů závisí pouze na materiálu katody a vlnové délce
- Einsteinova teorie fotoefektu: Monofrekvenční vlnění s frekvencí  $f$  se při uvolnění elektronu z povrchu kovu chová jako systém kvant záření, které označujeme jako fotony. Každý foton nese kvantum záření s energií  $E = hf$ .
- Einsteinova rovnice fotoefektu (vyjadřuje energetickou bilanci při fotoefektu),  $hf = W_V + \frac{1}{2}mv^2$ , kde  $h$ ...Planckova konstanta,  $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$
- výstupní práce  $W_V$  (práce, kterou je třeba vykonat k uvolnění elektronu z povrchu kovu, vykoná se z energie záření),  
$$W_V = hf_m = \frac{hc}{\lambda_m}$$
- vnitřní fotoelektrický jev (elektrony se uvolňují, ale zůstávají v materiálu)

### 2) Korpuskulárně vlnový dualismus

- elektromagnetické záření má současně povahu vlnovou (interference, ohyb, polarizace) i částicovou (proud fotonů)
- Comptonův jev (rozptyl rentgenového záření na elektronech, náraz fotonu na elektron,  $hf = hf' + \frac{1}{2}m_e v^2$ )
- vlnové vlastnosti částic (stejný ohybový obrazec pro elektrony i pro světlo),  $hf = mc^2 \rightarrow \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

### 3) Kvantová fyzika

- kvantování energie (univerzální vlastnost objektů mikrosvěta, energie nemůže být libovolná)
- kvantová podmínka (atom se může nacházet jen v jistých kvantových stavech, každý z těchto stavů má přesně určenou hodnotu energie),  $mvr = n \frac{h}{2\pi}$ , kde  $m$ ...hmotnost elektronu,  $v$ ...rychlost elektronu,  $r$ ...vzdálenost od jádra
- frekvenční podmínka (při přechodu atomu do stavu s nižší energií vysílá atom záření),  $E_2 - E_1 = hf$
- kvantová čísla, modely atomu
  - hlavní kvantové číslo  $n$ , souvisí s hlavní osou eliptické trajektorie elektronu,  $n = 1 \dots 7$
  - vedlejší kvantové číslo  $l$ , souvisí s vedlejší osou eliptické trajektorie elektronu,  $l = 0 \dots n - 1$ , tj.  $s, p, d, f, \dots$
  - magnetické kvantové číslo  $m$ , souvisí s prostorovou orientací (náklonem) atomového orbitalu, tj. dělením látek na diamagnetické, paramagnetické a feromagnetické,  $m = -l \dots l$
  - spinové kvantové číslo  $s$ , souvisí s rotací elektronu,  $s = -\frac{1}{2}, +\frac{1}{2}$
- Pauliho princip vylučnosti (v obalu atomu se nemohou vyskytovat dva elektrony se stejnou uspořádanou čtveřicí kvantových čísel)
- Heisenbergův princip neurčitosti (nelze současně přesně určit polohu a hybnost částice),  $\Delta p \Delta x \geq h$
- vlnová funkce  $\Psi(x, y, z, t)$  – úplný popis stavu částice v mikrosvětě, pravděpodobnost výskytu částice  $|\Psi|^2$
- atomy s více elektrony (energie atomu závisí na kvantových číslech  $n$  a  $l$  – energetické hladiny)

### 4) Luminiscence a laser

- laser (světelný zesilovač využívající stimulované emise záření)
- monokrystal rubínu ( $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Cr}$ ), výbojka (excituje elektrony), zrcadlo (odráží vše), polopropustné zrcadlo (většina fotonů projde – laserový paprsek, některé se odrazí – stimulace)
- excitace elektronů, náhodně dojde k samovolné emisi, vyzáří se foton, ten stimuluje vyzáření dalších fotonů
- paprsek vystupující z laseru není spojitý – vystupuje v impulzech; koherentní (možnost interference)
- využití: obrábění, lékařství, přenos informací v optických kabelech, měření vzdáleností, optické mechaniky