

## I. Princípy kvantovej mechaniky

1. **Problémy Newtonovej mechaniky vedúce k teórii relativity a kvantovej mechanike. Grajcar (2)**
  - Energia, čas, vzdialenosť, rýchlosť. Štvorvektory a relativistické efekty.
  - Newton vs. Huygens: častica alebo vlnenie?
  - Interferencia elektrónu a fotónu na dvojštrbine. Má elektrón vlnovú dĺžku? Davisson-Germerov experiment.
  - Fotoelektrický jav - energia a hybnosť fotónu závisí od frekvencie. Planckova konštanta. Comptonov jav.
  - Princíp najmenšieho účinku a princíp najmenšieho času – súvis medzi Newtonovou a vlnovou (kvantovou) mechanikou.
  - Typické škály makrosveta a ich porovnanie s hodnotou Planckovej konštanty.
  - Vlnová (Schrodingerova) rovnica pre elektrón a iné hmotné častice.
2. **Oscilátory v kvantovej mechanike. Grajcar (2)**
  - Častica viazaná v nekonečnej jame: vlastné energie, vlastné funkcie.
  - Klasický a kvantový lineárny oscilátor.
  - Vlastné energie, vlastné funkcie kvantového lineárneho oscilátora.
  - Odhad energetického spektrum nelineárneho oscilátora - jednoduchý model atómu.
  - Wienov zákon, energia vyžiarená čiernym telesom.
  - Žiarenie súboru oscilátorov - Planckov vzťah pre spectrum žiarenia čierneho telesa.
  - Generovanie RTG žiarenia - inverzný fotoefekt.
3. **Základy formalizmu kvantovej mechaniky: Grajcar (2)**
  - Vlnová funkcia, štatistická interpretácia kvantovej mechaniky.
  - $x$  a  $p$ -reprezentácia, Fourierove integrály.
  - Operátory, vlastné hodnoty, komutujúce a nekomutujúce operátory. Operátor polohy, hybnosti, energie.
  - Vlastné hodnoty operátorov a ich súvis s meraním.
  - Skladanie amplitúd pravdepodobnosti.
  - Heisenbergov princíp neurčitosti.
  - Časový vývoj vlastných stavov. Superpozícia viacerých vlastných stavov.

## II. Jednoduché kvantové systémy

4. **Potenciálová jama Markoš (2)**
  - Dvojmerná a trojzerná jama: metóda separácie premenných. Ukážka symetrie a degenerácie energetických hladín. Fyzikálna realizácia: Elektróny v kove, Fermiho energia, kvantové body.
  - **Konečná potenciálová jama:** Viazané a rozptyľové stavy.
  - Prechod rovinatej vlny potenciálovou bariérou, koeficient prechodu a odrazu.
  - Tunelovanie kvantových častíc. Pravdepodobnosť tunelovania.
  - Fyzikálne realizácie: alpha-rozpad jadier, metastabilné stavy, doba života – časové škály
5. **Dvojhľadínový systém Grajcar (2)**
  - Častica viazaná v dvojitej potenciálovej jame: vlastné stavy, vlastné energie, časový vývoj.
  - Príklady: amoniak, molekula  $H_2$ , benzén, dvojatómové molekuly – stabilita, maser.
6. **Častice so spinom Grajcar (2)**
  - Spin, Pauliho matice.
  - Časový vývoj spinu v magnetickom poli.
  - Štatistika elementárnych častíc závislá od spinu: fermióny, bozóny.
  - Systémy mnohých kvantových častíc so spinom: fermióny – elektróny v atómoch, bozóny – fotóny
  - Laser, spontánna a simulovaná emisia, koherentný stav.

## III. Fyzika mikrosveta

#### 7. **Základné stavebné prvky mikrosveta a ich parametre Markoš (2)**

- Atóm: Rutherfordov experiment, jadro + elektróny.
- Energetické spektrum atómu vodíka - Bohrov model atómu. Problémy s klasickým vysvetlením štruktúry atómu.
- Prehľad elementárnych častíc: elektrón, protón, neutrón a ich vlastnosti: hmotnosť, náboj, spin.

#### 8. **Atómové jadro Markoš (2)**

- Atómová hmotnosť, stabilita jadier, rozmery jadra.
- Stabilita jadra (Yukawa, pi-mezóny).
- Väzobná energia. Deuterón. Alpha častica.
- Základné modely jadra.
- Jadrové premeny: alpha-rozpad (tunelovanie kvantových častíc, doba života).
- Beta-rozpad. Neutríno. Inverzný beta-rozpad.
- gamma žiarenie, rádioaktivita.
- Štiepenie jadier, reťazová reakcia, jadrová fúzia. Štyri rádioaktívne rady.

#### 9. **Atóm vodíka Markoš (2)**

- Definícia operátora L a jeho zložiek. Komutačné vzťahy.
- Laplaceov operátor vo sférických súradniciach. Operátor momentu hybnosti a jeho vlastné hodnoty.
- Sféricke symetrický potenciál  $V(r)$ : limitné prípady radiálnej vlnovej funkcie.
- Riešenie Schroedingerovej rovnice pre atóm vodíka. Radiálna vlnová funkcia.
- Energetické spektrum, kvantové čísla  $n, l, m$ .
- Priestorové rozloženie elektrónu v okolí jadra v najnižších kvantových stavoch. Závislosť od kvantových čísel.

#### 10. **Mnohoelektrónové atómy, Markoš (2)**

- Periodická tabuľka prvkov – Pauliho princíp.
- Chemické vlastnosti prvkov a ich vzťah k elektrónovej štruktúre.
- Spin, Zeemanov jav.
- Optické a RTG spektrá
- Výberové pravidlá.

#### 11. **Molekuly, Markoš (2)**

- Elementárna teória molekulovej väzby.
- Rotačné a vibračné spektrá: kvantovanie energetických hladín.
- Elektrónové spektrá molekúl.
- Kmity kryštalickej mriežky. Fonóny. Merné teplo kryštálov.

### **IV. Kvantová a klasická fyzika**

#### 12. **Vzťah klasickej a kvantovej fyziky Grajcar (2)**

Princíp korešpondencie. Meranie v kvantovej mechanike, redukcia vlnovej funkcie. Vzťah kvantového a klasického sveta, dekoherencia. EPR experiment a Bellove nerovnosti. Klasické a kvantové počítače.