

1.1. Atomi i kvanti

1.2. Atomska jezgra

Kvant je najmanji mogući iznos neke veličine.

Foton, čestica svjetlosti, je kvant energije: $E = hf$,

gdje je f frekvencija fotona, a h Planckova konstanta.

Fotoelektrični učinak je pojava izbacivanja elektrona iz metala s pomoću fotona.

Foton energije hf predaje energiju elektronu, koji dio utroši na izlazni rad W_1 , a dio na kinetičku energiju.

$$hf = W + \frac{m_e v^2}{2}$$

Izlazni rad je energija potrebna za izbacivanje elektrona iz metala.

Valno-čestična priroda tvari iskazana je de Broglievom relacijom koja povezuje valnu duljinu λ i količinu gibanja p .

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Energija fotona pri **emisiji i apsorpciji** odgovara razlici višeg i nižeg energijskog stanja elektrona.

$$hf = E_{\text{viši}} - E_{\text{niži}}$$

Nukleoni su čestice jezgre: protoni i neutroni. Na okupu ih drži jaka nuklearna sila.

Ukupan broj nukleona A jednak je zbroju protona Z i neutrona N .

$$A = Z + N$$

Atomsku jezgru ili **nuklid** označavamo sa ${}^A_Z\text{X}$, gdje je A maseni broj, Z atomski broj, a X oznaka kemijskog elementa.

Atomski broj je broj protona u jezgri.

Maseni broj je zbroj protona i neutrona u jezgri.

Izotopi su nuklidi koji imaju isti broj protona, a različit broj neutrona.

Atomska jedinica mase je $\frac{1}{12}$ mase ugljika ${}^{12}\text{C}$, što iznosi: $u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

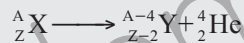
Defekt mase je razlika ukupne mase svih pojedinačnih nukleona i mase jezgre sastavljene od tih nukleona.

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m_A$$

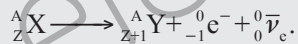
Energija vezanja je energija koja odgovara defektu mase. $E_v = \Delta mc^2$

Radioaktivnost je spontani raspad jezgre uslijed kojeg jezgra zrači.

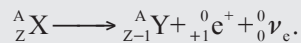
α -zračenje je emisija helijevih jezgara sastavljenih od dva protona i dva neutrona.



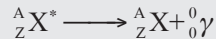
β^- -zračenje je emisija elektrona iz jezgre (pri čemu se emitira i antineutrino) zbog pretvorbe jednog neutrona u proton.



β^+ -zračenje je emisija pozitrona iz jezgre (pri čemu se emitira i neutrino) zbog pretvorbe jednog protona u neutron.



γ -zračenje je emisija elektromagnetskih valova vrlo kratke valne duljine, manje od 10^{-12} m, zbog prijelaza jezgre iz višeg u niže energijsko stanje.



Vrijeme poluraspada je vrijeme za koje se raspadne polovica od početnog broja radioaktivnih jezgara.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Zakon radioaktivnog raspada:

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$

Aktivnost je broj raspada u jedinici vremena. $A = \lambda \cdot N$

Ionizacijsko zračenje je zračenje koje uzrokuje ionizaciju – izbacivanje elektrona iz atoma. Ono oštećuje žive organizme.

Apsorbirana doza je srednja apsorbirana energija po jedinici mase. $D = \frac{\bar{E}}{m}$

Q-faktor je broj koji pokazuje relativni biološki učinak različitih vrsta ionizirajućeg zračenja.

Ekvivalentna doza je umnožak Q-faktora i apsorbirane doze D . $H = QD$

1.1. Atomi i kvanti

1. Masa od 135 g nekog elementa sadrži $30,1 \cdot 10^{23}$ atoma. Koji je to element?

Rješenje: aluminij (27 g mol^{-1})

2. a) Ako je valna duljina nekog elektrona $5 \cdot 10^{-7} \text{ m}$, kojom se brzinom giba?

b) Ako je brzina elektrona 10^7 ms^{-1} , kolika je njegova valna duljina?

Rješenje: a) $1,46 \text{ kms}^{-1}$; b) $7,28 \cdot 10^{-11} \text{ m}$

3. Izračunajte valnu duljinu ultraljubičastog fotona čija energija iznosi $6,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Rješenje: 310 nm

4. Tamnjenje kože na suncu uzrokuju fotoni energije 3,5 eV. Koja je valna duljina tih fotona?

Rješenje: 354 nm

5. Snop monokromatske svjetlosti frekvencije $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ i snage 0,4 mW pada na pločicu cezija. Koliko fotona u sekundi pada na površinu?

Rješenje: $1,2 \cdot 10^{15}$

6. Kolika je maksimalna kinetička energija fotoelektrona dobivenih kada svjetlost frekvencije $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ pada na površinu cezija?

Rješenje: 0,17 eV

7. Snop svjetlosti valne duljine 555 nm pada na metalnu površinu za koju je granična valna daljina jednaka 732 nm. Izračunajte maksimalnu kinetičku energiju elektrona.

Rješenje: 0,54 eV

8. Kad svjetlost valne duljine 350 nm pada na površinu kalija, emitiraju se elektroni čija je najveća kinetička energija 1,31 eV. Izračunajte:

a) izlazni rad kalija

b) graničnu valnu daljinu

c) frekvenciju koja odgovara graničnoj valnoj daljini.

Rješenje: a) 2,24 eV; b) 555 nm; c) $5,41 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$

9. Kolika mora biti valna duljina svjetlosti koja pada na natrij kako bi on emitirao elektrone najveće brzine od 10^6 ms^{-1} ?

Rješenje: 234 nm

10. Zračenje određene valne duljine izbacuje elektrone iz metala, čija je najveća kinetička energija 0,68 eV. Izlazni rad metala je 2,75 eV. Kolika će biti najveća kinetička energija kojom to isto zračenje izbacuje elektrone iz nekog drugog metala, čiji je izlazni rad 2,17 eV?

Rješenje: 1,26 eV

11. Pri prijelazu elektrona u vodikovu atomu s drugog pobuđenog u prvo pobuđeno stanje, emitira se foton čija je valna duljina upravo jednaka graničnoj valnoj duljini za fotoelektrični učinak na nekom metalu. Koliki je izlazni rad za taj metal?

Rješenje: 1,89 eV

12. Kolika je de Broglieva valna duljina elektrona koji ima energiju 10 eV? Kolika je energija fotona iste valne duljine?

Rješenje: $4 \cdot 10^{-10}$ m; 3,2 keV

13. Kolika je de Broglieva valna duljina sitne čestice mase 10^{-12} kg koja se giba brzinom $3 \cdot 10^{-8}$ ms⁻¹?

Rješenje: $2,2 \cdot 10^{-5}$ nm

14. Odredite energiju fotona infracrvene svjetlosti valne duljine 1 240 nm.

Rješenje: 1 eV

15. Izračunajte energiju fotona plave svjetlosti valne duljine 450 nm.

Rješenje: 2,8 eV

16. Koju valnu duljinu imaju fotoni čija energija iznosi 600 eV?

Rješenje: 2,1 nm

17. Kojom bi se brzinom morao gibati elektron čija je de Broglieva valna duljina jednaka valnoj duljini fotona dobivenog prijelazom elektrona iz drugog pobuđenog stanja u osnovno stanje u vodikovu atomu?

($h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Js = $4,14 \cdot 10^{-21}$ MeVs, $m_e = 0,51$ MeV, $c = 3 \cdot 10^8$ ms⁻¹)

Rješenje: $7,11 \cdot 10^3$ ms⁻¹

18. Jezgra nekog atoma ima promjer 10^{-14} m. Da bi elektron ostao zatvoren u jezgri, njegova bi de Broglieva valna duljina morala biti tog reda veličine ili manja. Kolika je kinetička energija elektrona ograničenog na to područje?

Rješenje: 100 MeV

19. Promjer atomske jezgre iznosi oko 10^{-15} m. U vodikovu je atomu najvjerojatnija udaljenost elektrona od jezgre jednaka Bohrovu polumjeru, koji iznosi $5,3 \cdot 10^{-11}$ m. Uz pretpostavku da je atom vodika kugla Bohrova polumjera, izračunajte približni:

- volumen atoma
- volumen jezgre
- postotak volumena atoma koji zauzima jezgra.

Rješenje: a) 10^{-30} m^3 ; b) 10^{-45} m^3 ; c) $10^{-130}\%$

20. Atom vodika emitira foton valne duljine 656 nm. Nađite kvantni prijelaz pri kojem se dogodila ta emisija.

Rješenje: $3 \rightarrow 2$

21. Vodikov se atom nalazi u prvom pobuđenom stanju. Koju najveću valnu duljinu može apsorbirati?

Rješenje: 658,1 nm

22. Atom nekog elementa pri prijelazu iz (prvog) pobuđenog stanja u osnovno emitira foton valne duljine 230 nm. Kolika je energija ionizacije tog atoma? ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-21} \text{ MeVs}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$)

Rješenje: 7,2 eV

23. Kako bi se elektron u atomu nekog elementa pobudio iz osnovnog u prvo pobuđeno stanje, mora apsorbirati foton valne duljine 318,75 nm. Kolika je energija ionizacije tog atoma? ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-21} \text{ MeVs}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$)

Rješenje: 5,2 eV

24. Atom nekog elementa pri prijelazu iz drugog pobuđenog stanja u prvo emitira foton valne duljine 315 nm. Kolika je energija ionizacije tog atoma? ($h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Js} = 4,14 \cdot 10^{-21} \text{ MeVs}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$)

Rješenje: 28,4 eV

25. Pri prijelazu elektrona na treću (Bohrovu) stazu u atomu vodika emitiran je foton koji ima određenu količinu gibanja. Kolika je minimalna brzina atoma zbog odboja ako se pretpostavi da je foton atomu predao cijelu količinu gibanja? Masa atoma vodika je $1,674 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. Račun provedite nerelativistički.

Rješenje: $0,211 \text{ ms}^{-1}$

26. U vodikovu se atomu elektron zamijeni težom česticom pa energija osnovnog stanja postaje $E_1 = -2821 \text{ eV}$ (umjesto $-13,6 \text{ eV}$ za elektron). Koliki je polumjer prve Bohrove staze r_1 za atom s takvom česticom? (r_1 za elektron je $0,53 \cdot 10^{-10} \text{ m}$)

Rješenje: $2,56 \cdot 10^{-13} \text{ m}$