Fizika2 összefoglaló

Kriván Bálint

1. Entrópia

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

Reverzibilis esetben az entrópia változása nulla (a körfolyamat mentén).
1. főtétel: $\Delta U = Q - W$
Egyensúlyi állapotok a maximális entrópiájú állapotok.
Az entrópia izolált rendszerben nem csökkenhet, csak változatlan maradhat, vagy nőhet.
Az entrópia az energia munkára fel nem használhatóságának a mértéke.

2. Columb-törvény és az elektromos erőtér

$$\vec{F}_{12} = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{r}_{12}$$

Ez az erő a q_1 töltés által a q_2-re kifejtett erő (ahol $\vec{r}_{12}$ a q_1-től q_2-be mutató egységvektor)

Elektromos térerősség:

$$E = \lim_{q_0 \to 0} \frac{F}{q_0} = \left(\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\right)\frac{q}{r^2}\vec{r}$$

Erővonalak: ha q pozitív az erővonalak kifelé mutatnak, ha negatív, akkor befelé.

Elektromos dipólusmomentum:

$\mathbf{p} = q\mathbf{l}$ ahol $\mathbf{l}$ a pozitív töltés felé mutat

$$\mathbf{M} = q\mathbf{l} \times \mathbf{E} = \mathbf{p} \times \mathbf{E}$$

Potenciális energiája van a dipólusnak:

$$U = -(\mathbf{p} \cdot \mathbf{E})$$

Mivel az elektromos erőtér konzervatív, ezért az általa végzett munka csökkenti a rendszer potenciális energiáját. Maximális ha ellenkező irányúak és minimális, ha azonos irányúak.

3. Gauss-törvény

$$\Phi_E = \mathbf{E} \cdot \mathbf{A}$$

Általánosan:

$$\Phi_E = \int_A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A}$$

Ha egy zárt felület belsejében q töltés van, akkor:

$$\Phi_E = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

Gauss-törvény:

$$\int_A \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{q}{\varepsilon_0}$$

ahol q az A felület belsejében lévő töltések.

Vezető belsejében nincsen térerősség, tehát ha van többlettöltés az a felületen helyezkedik el.

Elektrosztatikus egyensúlyban az elektromos erővonalak mindig a vezetők felületére *merőlegesen* futnak be. (Ha lenne felülettel párhuzamos komponense, akkor a felületen lévő töltések elmozdulnának, nem lenne egyensúly)

4. Az elektromos potenciál

Elektromos potenciális energia megváltozása:

$$dU = -q_0 \mathbf{E} \cdot dl$$

$$U_b - U_a = -\int_a^b q_0 \mathbf{E} \cdot dl$$

Elektromos potenciál:

$$dV = \lim_{q_0 \to 0} \frac{dU}{q_0} = -\mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}$$

Az elektromos erővonalak irányába *csökken* a potenciál.

$$V_b - V_a = -\int_a^b \mathbf{E} \cdot dl$$

Pontszerű q töltés környezetében az elektromos potenciál ($V \equiv 0$, ha $r \to \infty$):

$$V = k\frac{q}{r}$$

Két egymástól r távolságra lévő töltés U elektromos potenciális energiája:

$$U = Vq \Rightarrow k\frac{q_1 q_2}{r}$$

(Az az energia, amit be kell fektetni, hogy az egyik töltést a másikhoz a végtelenből r távolságra hozzuk)

$$E = -\nabla V$$

Az elektromos erővonalak a vezető felületére merőlegesek.
Ott a *legnagyobb* a *térerősség* , ahol a vezető keresztmetszetének a *görbületi sugara a legkisebb* .

Megjegyzés: Az 1 elektronvolt (eV) az az energia mennyiség, amelyet az elektronéval megegyező töltéssel rendelkező objektum nyer, amikor 1 Volt potenciálkülönbségen keresztülhaladva gyorsul.

5. Kondenzátor és az elektromos erőtér energiája

$$C = \frac{Q}{V}$$

Síkkondenzátor kapacitása: $C = \dfrac{A\varepsilon_0}{d}$
Izolált gömb kapacitása: $C = 4\pi\varepsilon_0 R$

Párhuzamosan kapcsolt kondenzátorok:

$$C_e = C_1 + C_2 + \dots$$

Sorosan kapcsolt:

$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots$$

Dielektromos állandó:

$$\kappa = \frac{C}{C_0}$$

Kondenzátor potenciális energiája:

$$U = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2}CV^2$$

Elektromos erőtér energiasűrűsége (vákuumban):

$$u_E = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

Megj.: dielektrikumban meg kell szorozni κ-val.

6. Az elektromos áram és az ellenállás

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Ohm-törvény:

$$V = IR$$

$$R = \frac{\varrho l}{A} \qquad \text{ahol } \varrho \text{ a fajlagos ellenállás}$$

Feszültségforrás által végzett munkavégzés sebessége:

$$\frac{dW}{dt} = \mathcal{E} I$$

Disszipált P teljesítmény (joulehő):

$$P = I^2 R$$

Differenciális Ohm-törvény:

$$\mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}$$

ahol σ a **fajlagos vezetőképesség** (mértékegysége a siemens (S)), ami a fajlagos ellenállásnak a reciproka.

Áramsűrűség az egységnyi felületen átfolyó áramerősség.

$$I_{\text{teljes}} = \int \mathbf{j} \cdot d\mathbf{A}$$

7. Egyenaramú áramkörök

Sorba kapcsolt ellenállások:

$$R_e = R_1 + R_2 + \dots$$

Párhuzamosan kapcsolt ellenállások:

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$$

7.1. RC körök

Feltöltés:

$$Q(t) = C\mathcal{E}(1 - e^{-t/(RC)})$$

$$I(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}(e^{-t/(RC)})$$

Kisütés:

$$Q(t) = Q_0(e^{-t/(RC)})$$

$$I(t) = -\frac{\mathcal{E}}{R}(e^{-t/(RC)})$$

Időállandó:

$$\tau = RC$$

8. Mágneses erőtér

B mágneses indukció vektorú térben (fluxussűrűség) v sebességgel haladó q töltésre ható erő (mágneses Lorentz-erő):

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Mivel merőleges az F a v-re, ezért a Lorentz-erő munkát nem végez a töltésen.

Lorentz-erő:

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B})$$

Vezetőre (abban lévő töltésekre) ható erő:

$$\mathbf{F} = I \cdot \mathbf{l} \times \mathbf{B}$$

ahol **l** iránya megegyezik az áram irányával.

Mágneses dipólusmomentum:

$$\boldsymbol{\mu} = I\mathbf{A}$$

(N menetű hurok esetén $\boldsymbol{\mu} = NI\mathbf{A}$)
Mágneses dipólusra ható forgatónyomaték:

$$\mathbf{M} = \boldsymbol{\mu} \times \mathbf{B}$$

Mágneses dipólus potenciális energiája:

$$U = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}$$

Mágneses fluxus (mértékegysége Wb):

$$\Phi_B = \int_A \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

9. Mágneses erőtér forrása

Biot-Savart törvény:

$$d\mathbf{B} = \left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) I \cdot \frac{d\mathbf{l} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}$$

(Az $\hat{\mathbf{r}}$ a *tér forrásától* a vizsgált pontba mutató egységvektor)

Hosszú egyenes huzalban folyó áram mágneses terének fluxussűrűsége a távolságra a huzaltól:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi a}$$

Ampère törvény:

$$\oint \mathbf{B} \cdot dl = \mu_0 I$$

Toroid belsejében (középvonalon):

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi R}$$

Szolenoid:

$$B = \mu_0 nI$$

ahol n az egységnyi hosszra jutó menetek száma.

10. Faraday törvény és az induktivitás

Faraday-féle indukció törvény:

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \qquad \text{1 menetű hurok esetén}$$

(N menet esetén ennek N-szerese)

Mozgási indukció:

$$\mathcal{E} = -Blv$$

Faraday-féle indukció törvény általános alakja:

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d}{dt}\int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}$$

ahol a $d\mathbf{l}$ az S felületet körülvevő C-n fut végig.

Az indukált elektromos erőtér *nem konzervatív*!
(Elektromos potenciál nem definiálható)

Lenz-törvény: A zárt hurokban olyan irányú áram indukálódik, hogy mágneses erőtere az áramot létrehozó *fluxusváltozást* csökkentse.

L induktivitáson kialakuló ellenfeszültség:

$$\mathcal{E}_L = -L \cdot \frac{dI}{dt} \qquad [L] = 1H$$

$$L = \frac{N\Phi_B}{I}$$

Ideális toroid v. szolenoid:

$$L = \frac{\mu_0 N^2 A}{l}$$

Kölcsönös indukció:

$$\mathcal{E}_1 = -M\frac{dI_2}{dt}$$

$$M = \frac{N_2\Phi_{B_2}}{I_1} = \frac{N_1\Phi_{B_1}}{I_2}$$

10.1. RL áramkörök

$$I_{\text{fel}}(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}\left(1 - e^{-(R/L)t}\right)$$

$$I_{\text{le}}(t) = \frac{\mathcal{E}}{R}e^{-(R/L)t}$$

Tekercsben tárolt energia:

$$U_L = \frac{1}{2}LI^2$$

Mágneses tér energia sűrűsége:

$$u_B = \frac{B^2}{2\mu_0}$$

11. Az anyag mágneses tulajdonságai

Mágneses szuszceptibilitás: χ. Pozitív, ha *paramágnes*, negatív, ha *diamágnes*ről van szó.

$$\mathbf{B} = \mu_0 \underbrace{(1+\chi)}_{\mu_r} \mathbf{H}$$

ahol **H** a *mágneses térerősség* vektora (**B** a mágneses indukció vektora).

$$\mu = \mu_0\mu_r \quad \text{az anyag permeabilitása}$$

Ferromágneses anyagoknál: hiszterézis görbe → kemény és lágy ferromágneses anyagok.

12. Elektromágneses hullámok

Eltolási áram:

$$I_d = \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Maxwell által kiegészített Ampère-törvény:

$$\boxed{\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \left(I + \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}\right)}$$

Fontosabb egyenletek (képletgyűjteményben benne van a legtöbb):

$$\frac{\delta B_z}{\delta x} = -\mu_0\varepsilon_0 \frac{\delta E_y}{\delta t}$$

$$\frac{\delta E_y}{\delta x} = -\frac{\delta B_z}{\delta t}$$

Ezeket parciálisan deriválgatva a hullámegyenletek (B_z-re és E_z-re):

$$\frac{\delta^2 B_z}{\delta x^2} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{\delta^2 B_z}{\delta t^2}$$

$$\frac{\delta^2 E_y}{\delta x^2} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{\delta^2 E_y}{\delta t^2}$$

$$E_y = E_{y0}\sin(kx - \omega t)$$

$$B_z = B_{z0}\sin(kx - \omega t)$$

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0\varepsilon_0}}$$

Az EM hullám terjedési sebessége a vákuumban megegyezik a fénysebességgel!

$$\frac{E_y}{B_z} = \frac{\omega}{k} = c$$

Poynting-vektor pillanatnyi értéke:

$$\mathbf{S} = \frac{1}{\mu_0}\mathbf{E} \times \mathbf{B}$$

(Az egységnyi felületen áthaladó energiáramlás sebességének pillanatnyi értéke).
Átlagos nagysága:

$$S_{\text{átl}} = \frac{1}{2\mu_0}E_{y0}B_{z0}$$

Mivel $u_B = u_E$, ezért a teljes energiasűrűség:

$$u = e_0E^2 = \frac{1}{\mu_0}B^2$$

Átlagos energiasűrűség:

$$u_{\text{átl}} = \frac{1}{2} e_0 {E_{y0}}^2 = \frac{1}{2\mu_0} {B_{z0}}^2$$

A hullám intenzitása:

$$S_{\text{átl}} = c \cdot u_{\text{átl}}$$

U energiájú hullám által szállított impulzus:

$$U = pc$$

(teljes reflexiónál $2U = pc$)

Sugárnyomás (fénynyomás):

$$\frac{F}{A} = \frac{S_{\text{átl}}}{c} \qquad \text{teljes abszorpció}$$

$$\frac{F}{A} = \frac{2S_{\text{átl}}}{c} \qquad \text{teljes reflexió}$$

13. Geometriai optika I.

Azonos fázisú felületek a *hullámfrontok*.

Huygens-elv: A hullámfront minden pontja elemi gömbhullámok kiindulópontja. Az elemi hullámok a fény sebességével terjednek tova. A hullámfront új helyzete az elemi hullámok burkológörbéje.

Fermat-elv: A fénysugár egyik pontból a másikba olyan úton terjed, amely ugyanannyi, vagy kevesebb időt vesz igénybe, mintha bármely más úton haladna.

13.1. Gömbtükrök

$$\frac{1}{t} + \frac{1}{k} = \frac{2}{R}$$

Fókuszpont: tengellyel vízszintes sugarak ide verődnek vissza (vagy mintha innen erednének):

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{f} = \frac{2}{R} \quad \Rightarrow \quad f = \frac{R}{2}$$

Leképezési törvény alternatív alakja:

$$\frac{1}{t} + \frac{1}{k} = \frac{1}{f}$$

Nagyítás:

$$N = -\frac{k}{t}$$

14. Geometriai optika II.

Törésmutató:

$$n = \frac{c}{v}$$

Ahol c a vákuumbeli, v a közegbeli fénysebesség.

Diszperzió: törésmutató (n) hullámhossztól (λ) való függése.

Snellius-Descartes fénytörési törvénye:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

Teljes visszaverődés határszöge:

$$\theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad n_2 < n_1$$

(n_1 törésmutatójú közegből megy a fény n_2-be)

Fénytörés gömb alakú határfelületen:

$$\frac{n_1}{t} + \frac{n_2}{t} = \frac{n_2 - n_1}{f}$$

Vékonylencséknél:

$$\frac{1}{t} + \frac{1}{k} = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

ahol $n = \frac{n_2}{n_1}$ a relatív törésmutató. Itt is igaz, hogy:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{t} + \frac{1}{k}$$

$$D = \frac{1}{f}$$

ahol f-et méterben mérjük!

$$N = -\frac{k}{t}$$

Két vékony lencse eredő fókusztávolsága, ha egymás mellett vannak:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

15. Fizikai optika I.

[...]

16. Fizikai optika II.

[...]

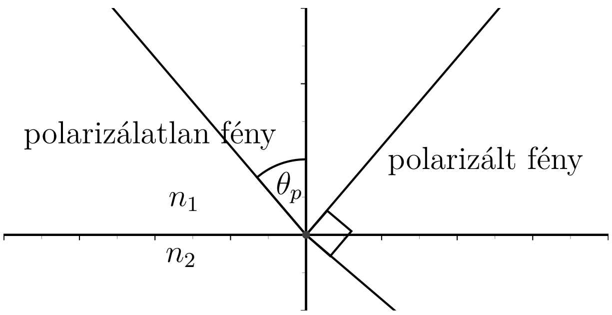
17. A poláros fény

Malus törvénye:

$$I = I_0 \cdot \cos^2 \theta$$

ahol I_0 az *analizátor*ra eső már *polarizált* fény intenzitása.

Ha olyan szögben (θ_p - Brewster-szög) esik be a fény, hogy a megtört és a visszavert fénysugarak derékszöget zárnak be, akkor a visszavert fénysugár polarizált.



$$\operatorname{tg} \theta_p = \frac{n_2}{n_1} = n$$

18. Speciális relativitáselmélet

Alapkérdés: Ha egy jelenséget két különböző vonatkoztatási rendszerben vizsgálunk, amelyek egymáshoz képest egyesvonalú egyenletes mozgást végeznek, akkor hogyan kell a két rendszerben végzett mérések eredményeit összehasonlítani?

Galilei relativitási elve: Newton mechanikájának törvényei minden inercia-rendszerben ugyanolyanok.

Legyen $S'(x', y', z', t')$; és $S(x, y, z, t)$ rendszerünk, és S' rendszer haladjon az x irányban V-vel.
Galilei transzformációk:

$$x = x' + Vt' \quad x' = x - Vt$$

$$y = y' \quad z = z' \quad t = t'$$

Spec. relativitáselmélet posztulátumai:

1. A fizika minden törvényének ugyanaz a matematikai alakja minden inerciarendszerben
2. A vákuumbeli fénysebesség értéke ugyanaz minden inerciarendszeben

Lorentz-transzformáció ($\beta = V/c$, ahol V a két rendszer relatív sebesség az x tengely mentén):

$$x = \frac{x' + Vt'}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

$$y = y' \quad z = z'$$

$$t = \frac{t' + Vx'/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Idődilatáció:

$$\boxed{T = \frac{T_0}{\sqrt{1-\beta^2}}}$$

ahol T_0 az egy órán mért időintervallum (mozgó). Mivel $T > T_0$, ezért a mozgó órák *lassabban* járnak, mint a nyugalomban lévők.

Hosszúság kontrakció:

$$\boxed{L = L_0\sqrt{1-\beta^2}}$$

ahol L_0-at abban a rendszerben kell mérni, ahol a rúd nyugalomban van. Mivel $L < L_0$, ezért a mozgó rudakat, *rövidebb*nek mérjük.

Sebességösszeadási törvény:

$$u = \frac{u' + V}{1 + Vu'/c^2}$$

Ahol az u' sebesség az S'-ben mért sebesség, ami S-hez képest V relatív sebességgel mozog.

Relativisztikus impulzus:

$$\mathbf{p} = \frac{m\mathbf{v}}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Teljes relativisztikus energia:

$$E = E_0 + K = mc^2 + K = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Órák aszinkronitása (az órák az S' rendszerben szinkronizáltak, távolságuk $\Delta x'$):

$$|\varepsilon| = \frac{V\Delta x'}{c^2}$$

A hátulsó óra későbbi időpontot mutat, mint az elülső.

Üzenet: Ha a természettörvények helyesen vannak megfogalmazva, akkor minden megfigyelő számára *azonos* alakúak.

18.1. Általános relativitáselmélet

1. A természet törvényei megfogalmazhatóak úgy, hogy tetszőleges tér-idő-vonatkoztatási rendszerben bármely megfigyelő szerint azonos matematikai alakúak legyenek, akár gyorsul a vonatkoztatási rendszer, akár nem. (Ez a kovariancia-elve)

2. Tetszőleges pont közelében a gravitációs tér minden tekintetben egyenertékű egy olyan gyorsuló vonatkoztatási rendszerrel, amelyben nincs gravitáció. (Ez az ekvivalencia-elve)

19. A sugárzás kvantumos természete

Stefan-Boltzmann-féle sugárzási törvény:

$$\boxed{R = \sigma T^4} \quad \sigma = 5.672 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$$

ahol R a fekete test által egységnyi idő alatt, egységnyi felületen kisugárzott energia.

Harmonikus oszcillátorok megengedett kvantált energiaállapotai:

$$E_n = nhf$$

$$\Delta E = hf$$

Ekkora energiát (kvantumokat) vehet fel vagy sugározhat ki az oszcillátor.

Planck sugárzási törvénye:

$$du_\lambda = \frac{8\pi hc\lambda^{-5}}{(e^{hc/\lambda kT} - 1)} d\lambda$$

(λ és $\lambda + d\lambda$ hullámhosszintervallumba eső spektrális energiasűrűség J/m^3-ben)

19.1. Fotoelektromos hatás

Fény hatására a fémből elektronok lépnek ki.

$$eV_0 = \frac{1}{2} m v_{\text{max}}^2$$

Az elektromágneses hullám is kvantált (fotonok - hf méretű energia csomagok):

$$hf = K_{\text{max}} + W_0$$

ahol K_{max} a maximális kinetikus energia, W_0 a kilépési energia.

Foton impulzusa:

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

Mivel

$$p = \frac{E}{c} \quad \text{és} \quad E^2 = (mc^2)^2 + (pc)^2$$

ezért a fotonnak a nyugalmi tömege zérus.

Compton-eltolódás:

$$\lambda' - \lambda_0 = \frac{h}{mc}(1 - \cos\theta)$$

ahol λ_0 a beeső sugarak hullámhossza, λ' a θ szögben szórt sugarak hullámhossza, m pedig az elektron tömege.

Párkeltés ($\gamma \to e^- + e^+$):

$$hf = 2m_e c^2 + K_1 + K_2$$

20. A részecskék hullámtermészete

Bohr-féle pusztulátumok:

1. Az elektron a proton körül körpályán kering (Columb-féle vonzóerő szolgáltatja a centripetális erőt)

2. Csak bizonyos megengedett pályákon keringhetnek, itt nem sugároznak, E_n állandó, stacionárius állapotban vannak.

3. Megengedett pályák azok, ahol az mvr impulzus-nyomatéka a 2π-vel osztott Planck-állandó egész számú többszöröse:

$$mvr = n\hbar$$

4. Stacionárius állapotok között „valahogyan” ugrál. Ekkor elektromágneses hullámot bocsájt ki vagy nyel el:

$$hf = E_{\text{végső}} - E_{\text{kezdeti}}$$

Megengedett pálya r_n sugara a hidrogén atomban ($Z = 1$):

$$r_n = \frac{\varepsilon_0 h^2 n^2}{\pi m Z e^2} \quad (n = 1, 2, \ldots)$$

Energia állapotok:

$$E_n = -\frac{m Z^2 e^4}{8\varepsilon_0^2 h^2 n^2} \quad (n = 1, 2, \ldots)$$

Korrespondencia-elv: Minden új elméletnek a megfelelő klasszikus elméletre kell redukálódnia, amikor a klasszikus elméletnek megfelelő körülménykre alkalmazzuk.

---

p impulzusú részecske De Broglie féle hullámhossza:

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

20.1. Hullámmechanika

Időtől független Schrödinger egyenlet:

$$\frac{\delta^2\psi}{\delta x^2} + \left(\frac{2m(E-V)}{\hbar^2}\right)\psi = 0$$

ahol

$$\psi(x) = \psi_{\max} \sin\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$$

és $\psi_{\max}$ értékét úgy határozzuk meg, hogy

$$\int_{\text{tér}} |\Psi|^2 dV = 1$$

Dobozba zárt részecske normált hullámfüggvénye:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{D}} \sin\left(\frac{n\pi x}{D}\right)$$

Dobozba zárt részecske energiaállapotai:

$$E_n = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2mD^2} n^2$$

20.2. A határozatlansági elv

Nem lehet az objektumon mérést végezni anélkül, hogy meg ne zavarnánk, méghozzá ismeretlen mértékben.

Heisenberg féle határozatlansági összefüggés:

$$\Delta x \Delta p_x \gtrsim \hbar$$

$$\sigma_x \sigma_{p_x} \geq \frac{\hbar}{2}$$

(bal oldalt a részecske helyének és impulzusának egyidejű mérésekor a határozatlanságok szorzata áll)

$$\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2} \qquad \text{(szórás??)}$$

$$\Delta L_z \Delta \phi \geq \frac{\hbar}{2} \qquad \text{(szórás??)}$$

21. Atomfizika I.

L pálya-impulzusmomentum:

$$L = \hbar\sqrt{l(l+1)}$$

ahol $l = 0, 1, \ldots, n-1$. (orbitális, vagy mellékvantumszám)
L pálya-impulzusmomentum z-irányú komponense:

$$L_z = m_l \hbar \quad (m_l = 0, \pm 1, \ldots, \pm l)$$

ahol m_l a mágneses kvantumszám.
Az L pálya-impulzusmomentumhoz μ_l mágneses dipólusmomentum tartozik:

$$\mu_l = -\left(\frac{e}{2m}\right) L \qquad (\mu_l)_z = -\left(\frac{e\hbar}{2m}\right) m_l$$

Az utóbbi zárójeles kifejezés a Bohr-magneton.

Spin-impulzusmomentum:

$$S = \hbar\sqrt{s(s+1)} \quad s = \frac{1}{2}$$

$$S_z = m_s \hbar \quad m_s = \pm\frac{1}{2}$$

Spin-mágnesmomentum:

$$(\mu_s)_z = -m_s \left(\frac{e\hbar}{m}\right) \quad m_s = \pm\frac{1}{2}$$

Tehát a kvantumszámok:

$$n(1, 2, 3, \ldots), l(0, 1, \ldots, n-1),$$

$$m_l(0, \pm 1, \ldots, \pm l), m_s = \frac{1}{2}$$

Spin-pálya:

$$\mathbf{J} = \mathbf{L} + \mathbf{S}$$

$$J = \hbar\sqrt{j(j+1)}$$

j a belső kvantumszám, $j = l \pm \frac{1}{2}$.

$$J_z = m_j \hbar$$

$m_j = j, (j-1), \ldots, -(j-1), -j.$

Pauli-féle kizárási elv: Egy atomban nem lehet két olyan elektron, amelynek mind a négy – n, l, m_l, m_s vagy n, l, j, m_j – kvantumszáma azonos.

Röntgensugarak: Nagy energiájú elektronok céltárgyba ütköznek, az atom belső héjain elektronhiányt idéznek elő. Ha a hiányt külső elektronok töltik be, akkor röntgen sugárzás keletkezik.

21.1. Lézer

Elemi elektronátmenet: indukált emisszió. Populációinverzió!

22. Atommagfizika

Atommag sugara:

$$R = R_0 A^{1/3}$$

ahol A a tömegszám, $R_0 = 1.2 fm$ (femtométer - fermi).

Radioaktív bomlás törvénye:

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

ahol N_0 a magok száma a kezdeti időpillanatban, N pedig t idő múlva (λ a bomlási állandó).

α-bomlás: új elem ($^4_2$He) keletkezik a magból
β-bomlás:

$$^A_Z X \rightarrow ^A_{Z+1} Y + ^0_{-1} e + \overline{v}$$

$$^A_Z X \rightarrow ^A_{Z-1} Y + ^0_{+1} e + v$$

γ-bomlás: gamma-sugarak (em sugárzás nagyenergiájú fotonjai) energiaállapot-átmenet következtében sugárzódnak ki.

Azon részecskék száma, melyek a céltárgyba x mélységig kölcsönhatás nélkül hatolnak be:

$$N = N_0 e^{-n\sigma x}$$

ahol σ az atommag hatáskeresztmetszete. n az atommagok száma a céltárgy egységnyi felületén.

Kritikus tömeg: a hasadó anyagnak a legkisebb tömege ami még fent tudja tartani a láncreakciót.