

Fizika II.

2013

Összeállította: varics

Források:

ÓE KVK 2065

előadás jegyzet

I. Mi jellemzi az elektromágneses mezőben mozgó töltött részecskék energia- és pályaviszonyait?

- Írja fel a töltött részecskékre ható Lorentz-erőt kifejező összefüggést!

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

q : részecske töltése,

$\mathbf{\bar{v}}$: részecske sebesség vektora

$\mathbf{E}$: téresősség vektor,

$\mathbf{\bar{B}}$: indukció vektor

- Hogyan változik a töltött részecske mozgási energiája elektrosztatikus térben, ill. mágneses térben?

Az időben állandó elektrosztatikus tér gyorsítja vagy lassítja a részecskét, megváltoztatja a mozgási energiáját:

$$W = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = q(U_2 - U_1)$$

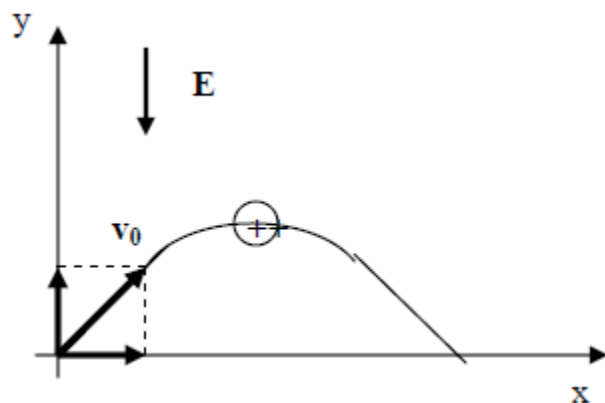
Mágneses mező töltött részecske mozgási energiáját nem változtatja meg, azaz a sebesség nagyságát nem, csak irányát változtathatja meg.

$$\Delta W_{kin} = 0$$

- Milyen pályán mozog a töltött részecske elektrosztatikus térben?

- A részecske pályája – a gravitációs mezőben mozgó test pályájához hasonlóan – parabolapálya.

$$\Delta \mathbf{r} = \frac{q\mathbf{\bar{E}}}{2m}(t - t_0)^2 + \mathbf{\bar{v}}_0(t - t_0)$$



- Milyen pályán mozog a töltött részecske mágneses térben, ha a sebesség merőleges, ill. ha párhuzamos az indukcióval?

- merőleges: mozgás egyenletes körmozgás, az erő a centripetális erőt adja.

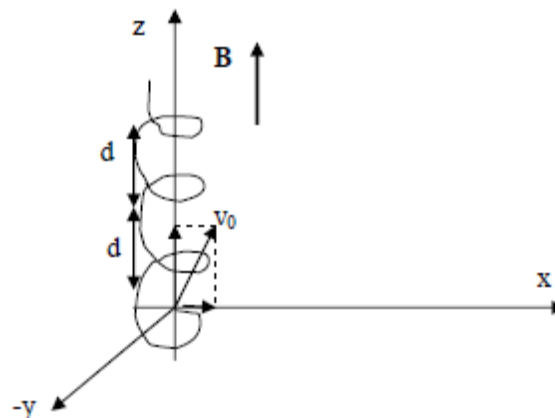
$$\vec{F} = q\vec{v}\vec{B} = m\frac{v^2}{r} = mv\omega$$

- párhuzamos: a mozgás egyenes vonalú, egyenletes.

$$\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B}) = 0$$

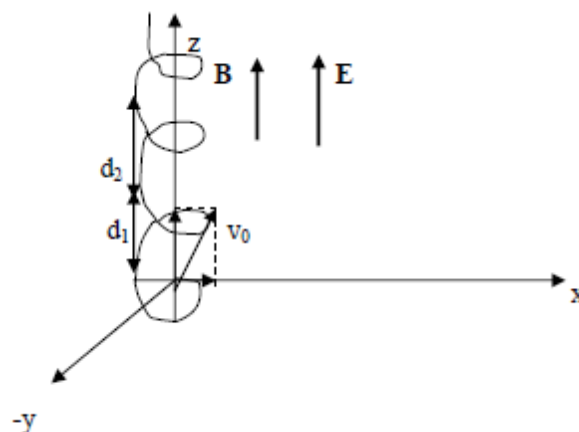
- Milyen a pálya, ha tetszőleges a sebesség iránya?

Egyenletes emelkedésű csavarvonal pályán mozog a részecske.



- Milyen pályán mozog a töltött részecske elektromágneses térben, ha a villamos térerősség és az indukció párhuzamos?

Nem egyenletes emelkedésű csavarvonal pályán mozog a részecske, a villamos tér z tengely mentén gyorsítja a részecskét.



II. Értelmezze az elektromágneses sugárzás hullám- ill. részecske-természetét!

- Sorolja fel, hogy milyen kísérletek v. jelenségek igazolták az elektromágneses sugárzás hullám- ill. részecske-természetét!

- hőmérsékleti sugárzás: Wien-féle eltolódási törvény, Planck-féle sugárzási törvény
- fényelektromos jelenség (fotoeffektus) (Einstein)
- Compton-effektus

- Miben rejlik a jelentősége a Planck-féle sugárzási törvénynek?

A testek az elektromágneses energiát nem folyamatosan, hanem meghatározott kvantumokban bocsátják ki. Egy ilyen energia kvantum:

$$W = hf$$

W : kibocsátott energia,

f : frekvencia

h : Planck-állandó ($h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{Js}$)

- Melyek a fotoeffektusnál észlelt törvényszerűségek?

1. A kilépő elektronok energiája csak a fény frekvenciájától függ, az intenzitásától nem.
2. A kilépő elektronok száma függ az fény intenzitásától.
3. Az elektronok kilépése pillanatszerűen indul meg, kizárólag a küszöbfrekvencia felett.

- Ezek alapján milyen következtetésre jutott Einstein?

A fényben az energia adagokban terjed, az energia adagokat fotonoknak nevezzük.

- Írja fel az Einstein-féle fényelektromos egyenletet és értelmezze!

A foton energiája fedezi az elektron kilépéséhez szükséges energiát (kilépési munkát), és a fennmaradó része az elektron kinetikus energiájaként jelentkezik.

$$hf = \frac{1}{2} m_0 v_{max}^2 + W_{ki}$$

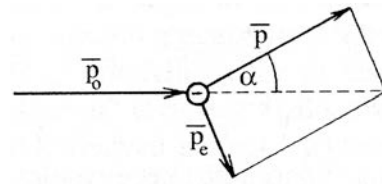
Ez bizonyítja az elektromágneses sugárzás kvantáltságát.

- Mit bizonyított a Compton-effektus és hogyan?

Bizonyítja azt, hogy az energiakvantumokhoz tömeg és impulzus is tartozik. A Compton-effektusban az ütközés során a foton csak az energiája egy részét adja át. Ezt úgy bizonyította, hogy a röntgensugarak és gyengén kötött fémek kölcsönhatását vizsgálta. A sugárzás útjába grafit réteget teszünk, mögötte az eredeti irányhoz képest szórt sugárzást észlelt.

- Írja fel a Compton-effektus során tapasztalt hullámhossz-növekedésre vonatkozó összefüggést, és értelmezze azt!

$$\Delta\lambda = \frac{h}{m_0c}(1 - \cos\alpha)$$



A röntgensugárzás meghatározott energiájú és impulzusú fotonok mozognak, és ezek rugalmasan ütköznek a gyengén kötött elektronokkal. Az ütközésre vonatkozik az energia megmaradás törvénye.

- Írja fel a Compton-effektus hullámhossz-növekedéséhez vezető foton-elektron ütközésre vonatkozó megmaradási tételeket kifejező összefüggéseket!

impulzus megmaradás:

$$p_e^2 = p_0^2 + p^2 - 2p_0p\cos\alpha$$

p_e : elektron impulzusa az ütközés után,

p_0 : foton impulzusa az ütközés előtt,

p : foton impulzusa az ütközés után

energia megmaradás:

$$hf_0 + m_0c^2 = hf + W_e$$

f_0 : eredeti frekvencia,

f : a szórt sugárzás frekvenciája,

m_0c^2 : az elektron nyugalmi energiája,

W_e : az elektron energiája az ütközés után

III. Mi jellemzi a klasszikusnak nevezhető atommodelleket?

▪ Mi a Rutherford-féle atommodell lényege, és mi a hibája?

Az atom tömege a központi pozitív magban koncentrálódik, körülötte körpályán keringenek az elektronok egyenletes körmozgást végezve. A centripetális erőt a Coulomb-erő biztosítja.

Hibája, hogy elektrodinamikailag instabil modell:

A keringő elektronoknak, mint gyorsuló töltésnek, elektromágneses sugárzást kellene kibocsátania, így az energiavesztés miatt az elektronoknak spirális pályán a magba kellene zuhannia.

▪ Írja fel a Bohr-féle posztulátumokat!

1. Az atomok csak meghatározott sugarú pályán keringhetnek, és ezeken a pályákon nem sugároznak.
2. Az elektronok csak olyan körpályán keringhetnek, ahol a perdületük:

$$mvr = n \frac{h}{2\pi}; \quad n = 1, 2, 3 \dots$$

3. Két egymást követő pálya közti átmenet során az atomok csak $W_1 - W_2 = hf$ adagokban vehetik fel vagy adhatják le az energiát.

▪ Milyen kvantumszámokat ismer? Mi a köztük levő kapcsolat? Melyik mit jellemez?

fő kvantumszám	n	Az r , v és a W kifejezésekor az egyetlen változó mennyiség: $r = konst \cdot n^2; \quad v = konst \cdot \frac{1}{n}; \quad W = -konst \cdot \frac{1}{n^2}$
mellék kvantumszám	l	Az ellipszispályákkal kapcsolatos, az elektronok pálya-perdületére jellemző. $l = 0; 1; 2; \dots n-1$
mágneses kvantumszám	m	Az atom mágneses dipólusmomentumának jellemzésére szolgál. Megadja egy perdület vektor lehetséges vetületeit egy irányhoz. $m = -1; \dots 0; \dots +1$
spin kvantumszám	s	Az elektronok forgása miatti perdületét jellemzni (sajátperdület). $s = \pm \frac{1}{2}$

▪ Fogalmazza meg a Pauli-féle tilalmi elvet!

Egy atomban nem lehet két olyan elektron, aminek mind a négy kvantumszáma azonos.

IV. Milyen kvantummechanikai alapfogalmakat és törvényeket ismer?

- Írja fel és fogalmazza meg a de Broglie-féle anyag-hullám egyenletet!

A hullámhossz nem függvénye a helynek, az az egész térben kiterjedő harmonikus hullám jellemzője. Ebből adódóan az impulzus se függvénye a helynek, tehát nem lehet beszélni a részecske impulzusáról az adott helyen, így nem értelmezhető a pálya fogalma sem.

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

- Mit fejez ki a Heisenberg-féle határozatlansági elv?

Egy mikroobjektum esetében bizonyos mennyiségpárok nem határozhatóak meg egyidejűleg tetszőleges pontossággal, ezek jellemzője a határozatlanság.

- Milyen tulajdonságú mennyiségpárookra vonatkozik?

- olyan párokra, melyek szorzatának dimenziója azonos a Planck-állandóval (J_s)
- az egyik mennyiség hullám, míg a másik részecske tulajdonságú

- Írja fel és fogalmazza meg a Heisenberg-féle határozatlansági relációkat!

Az energiamérés és az időmérés bizonytalanságának szorzata nem lehet kisebb, mint a Planck-áll.:

$$\Delta W \Delta t \geq h$$

Az impulzusmérés és a helymérés bizonytalanságának szorzata nem lehet kisebb, mint a Planck-áll.:

$$\Delta p \Delta x \geq h$$

- Mit tartalmaz a komplementaritás elve?

A részecske és a hullám tulajdonság egymást kiegészítő jellemzője az anyagnak.

- A stacionárius Schrödinger-egyenlethez vezető út: hogy lesz állóhullám a Bohr-modellből; milyen alapösszefüggések vezetnek az egyenlethez?

Bohr féle atommodell: $mvr = \frac{h}{2\pi} \rightarrow 2\pi r = n \frac{h}{mv} = n\lambda$

állóhullám hullámfüggvénye: $\Psi(x; t) = A \cos \frac{2\pi x}{\lambda} \sin 2\pi f t$

$$p = \frac{h}{\lambda}; \quad W_{kin} = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{\lambda^2 2m} \rightarrow \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (W - W_{pot}) \psi(x) = 0$$

- Írja fel a stacionárius Schrödinger-egyenletet és értelmezze a benne szereplő mennyiségeket!

$$3 \text{ dimenziós alakja: } \nabla^2 \Psi + \frac{2m}{\hbar^2} (W - W_{pot}) \Psi = 0$$

▪ **Milyen fizikai tartalom rendelhető a Schrödinger-egyenletben szereplő hullámfüggvényhez?**

A mikroobjektum adott dV térfogatban való előfordulási valószínűsége (w) a hullámfüggvény négyzetével arányos:

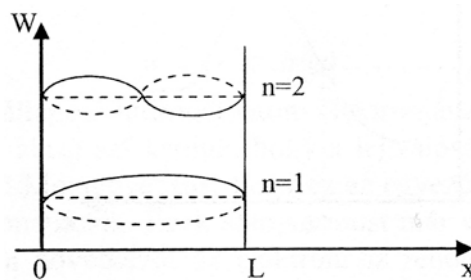
$$w = |\Psi|^2 dV$$

▪ **Sorolja fel a stacionárius Schrödinger-egyenlet 3 alkalmazását!**

1. Erőmentes térben mozgó elektron:

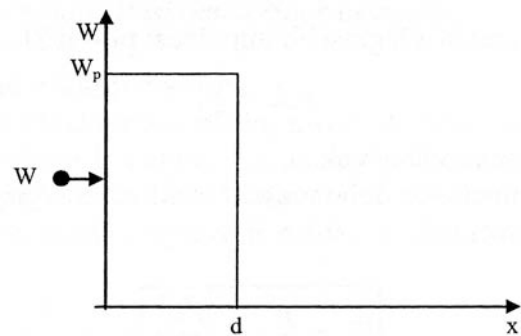
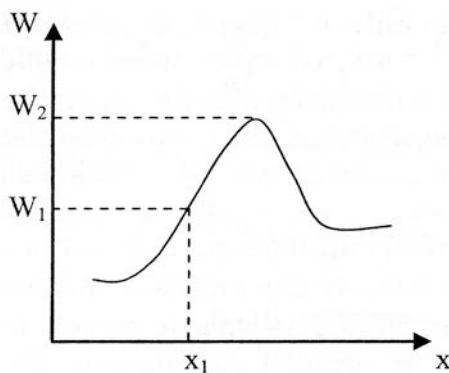
Ha az elektron teljes energiája azonos a kvantált energiával ($W_{\text{pot}} = 0$), nem hat rá külső erő, akkor a kinetikus energia tetszés szerinti értéke kielégíti az egyenletet: a szabad elektron energia-eloszlása folytonos, nem kvantált.

2. Egydimenziós dobozba zárt elektron energiája csak kvantált értéket vehet fel.



3. Alagúteffektus:

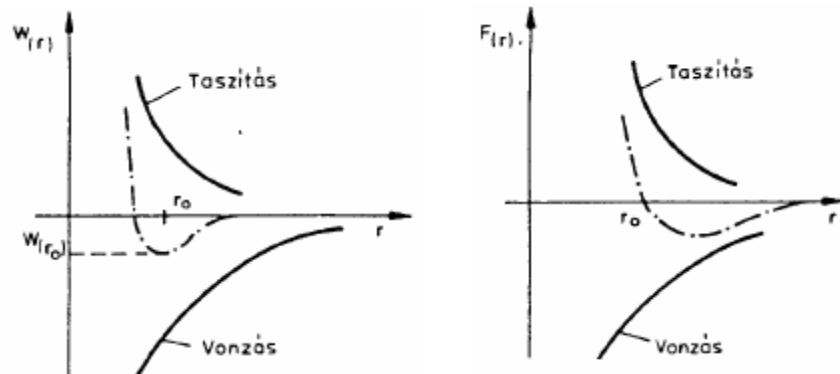
A potenciálgáton való átjutás valószínűsége annál nagyobb, minél keskenyebb a fal és minél kisebb a különbség a részecske energiája és a fal magasságát reprezentáló potenciális energia között.



V. Értelmezze a fémek vezetését!

▪ Értelmezze a fémes kötést a szabad elektron-modell alapján!

Fémes kötésnél a rácspontokban fémionok találhatóak, közöttük szabaddá vált elektronok mozognak. A rácsközökben rendezetlen hőmérsékleti mozgást végző elektronok tartják össze a kristályt.



▪ Értelmezze a vezetőképesség fogalmát a szabad elektron-modell alapján!

Az elektronok szabadon mozognak a rácspontok között, sebességvektoraik eredője nulla. Külső villamos tér gyorsítja az elektronokat. Ekkor két ütközés között egyenes vonalú egyenletesen gyorsuló mozgást végez:

$$v = a \cdot \tau = \frac{eE}{m} \tau$$

$$v_{\text{átl}} = \frac{eE}{2m} \tau$$

e : elektron töltése $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ kg}$

E : villamos térerősség,

m : elektron tömege ($9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$),

τ : eltelt idő két ütközés között

▪ Hogyan függ a fémek ellenállása a hőmérséklettől a szabad elektronmodell alapján, ill. a hullámmodell alapján?

- szabad elektron modell alapján:

a fémek fajlagos ellenállása az abszolút hőmérséklet négyzetgyökétől függ:

$$\rho \sim \sqrt{T}$$

- hullámmodell alapján:

$$\rho \sim T$$

▪ Hogyan értelmezhető a fémek fajlagos vezetőképessége a hullámmodell alapján?

Az ellenállást a fémrácsnak az ideális rácstól való eltérése okozza.

A valóságos kristályban a hullám szóródik, részben a rácsban lévő atomok hőmérsékleti rezgésének következtében, illetve a szerkezeti rendellenességek miatt.

$$\gamma \sim \frac{1}{T}$$

γ : vezetőképesség

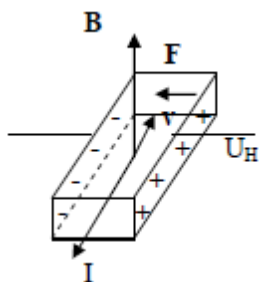
T : hőmérséklet

VI. Értelmezze a Hall-effektust! Hogy adódik a Hall-feszültség?

Mágneses térben árammal átjárt fémlapkában az áramsűrűség és az indukció vektorai által feszített síkra merőleges villamos térerősség keletkezik.

A mintán folyó áram és a külső mágneses tér indukciója egymásra merőleges, és az áramirányra merőlegesen, az oldallapok között feszültség mérhető (U_H). Ez a Hall-feszültség.

Az R_H mennyiség adott hőmérsékleten a vizsgált mintára jellemző, Hall-állandónak nevezzük. A Hall-állandó a töltéshordozók koncentrációjának reciprokával arányos.



$$U_H = R_H \frac{IB}{d}; \quad R_H = \frac{1}{ne}$$

R_H : Hall-állandó

I : Hall-elemen átfolyó áram

B : mágneses indukció

VII. Szilárd testek sávmélete a szabadelektron-modell és a hullámmodell alapján.

▪ Mit nevezünk tiltott hullámhossznak, ill. tiltott energiának?

Tiltott hullámhossz: ha az $\alpha = 90^\circ$, akkor a hullám önmagába verődik vissza, és állóhullám alakul ki. A vezetésben részt vevő, haladó hullámként reprezentált elektronok nem rendelkezhetnek ezzel a hullámhosszal.

$$\lambda_t = \frac{2d}{n}$$

d : potenciálgát szélessége

n : 1, 2, 3 ...

Az elektron hullámhossza és impulzusa közötti kapcsolat alapján (de Broglie-egyenlet) létezik tiltott impulzus és tiltott energia is:

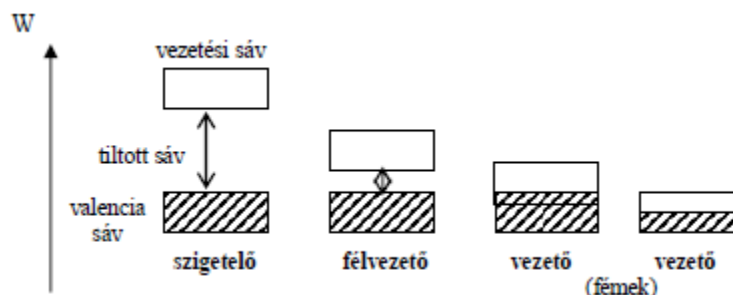
tiltott impulzus:

$$p_t = \frac{h}{\lambda_t}$$

tiltott energia:

$$W_t = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{p_t^2}{2m}$$

▪ Hogyan csoportosítjuk a szilárd testeket a sávmélet alapján? Értelmezze az egyes típusokat a vezetés szempontjából!



- **szigetelők:**
 - 5 eV-nál szélesebb tiltott sáv
 - az elektronok nem juthatnak át a vezető sávba
- **félvezetők:**
 - 0,1 ÷ 5 eV széles tiltott sáv
 - az elektronok szennyezéssel, vagy termikus energia közlés segítségével átjuthatnak a vezetési sávba
- **vezetők:**
 - a tiltott sáv nagyon keskeny, vagy nincs
 - a vezetési sáv át is nyúlhat a valencia sávba.

VIII. A Fermi-Dirac statisztika elemei.

- **Definiálja a Fermi-energiát!**

Abszolút nulla fokon a vezetésben résztvevő elektronok számára a legmagasabb betöltött energiaszint, magasabb hőmérsékleten a félig betöltött energiaszint.

- **Mi a fizikai tartalma a Fermi-energiának, mint a fémekre jellemző kémiai potenciálnak?**

A Fermi-energia fémeknél megegyezik a kémiai potenciállal, ami a rendszer részecskeszámának eggyel történő növeléséhez szükséges energiaként definiálható.

- **Definiálja a kilépési munkát!**

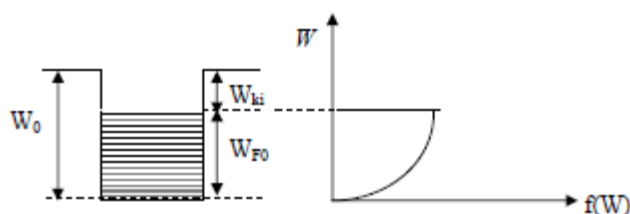
Az a munka, mely ahhoz szükséges, hogy a fém felületéről elektronok léphessenek ki.

- **Milyen kapcsolatban van a Fermi-energiával?**

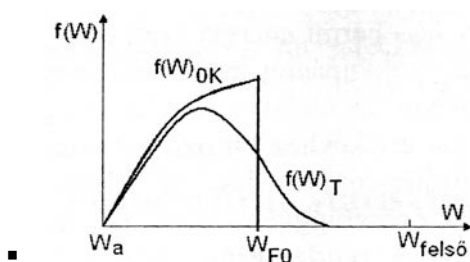
$$W_{ki} = W_B - W_{F0}$$

W_{ki} : kilépési munka

W_{F0} : Fermi-szint



- **Ábrázolja a Fermi-Dirac statisztika energiaszint eloszlási függvényét!**

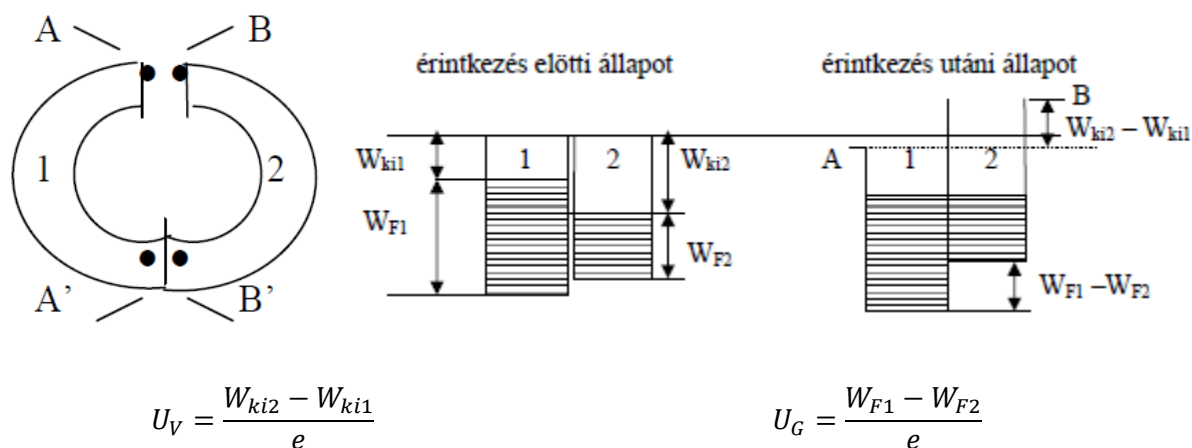


IX. Az érintkezési feszültségek és a termoelektromos jelenségek.

▪ Értelmezze a Volta-feszültséget és a Galvani feszültséget!

A két különböző minőségű fém érintkezési felületéhez közeli külső pontok (A és B) között fellépő feszültséget Volta-feszültségnek (U_V), az érintkező fémek belsejében, a határfelülethez közeli pontok (A' és B') között fellépő feszültséget pedig Galvani-feszültségnek nevezik (U_G).

Az érintkezési feszültségeket a potenciálgödrök eltolódásával, a Fermi-szinteknek (mint kémiai potenciáloknak) a termodinamika második főtételét követő kiegyenlítésével értelmezhetjük:



▪ Mi a Seebeck-effektus lényege?

(termoelektromos hatás): Ha két különböző fémből vagy félvezetőből álló vezetőkör egyik érintkezési pontját melegítjük vagy hűtjük, akkor a két érintkezési pont között feszültség lép fel, zárt kör esetén áram folyik.

▪ Mi a Peltier-effektus lényege?

Ha áram halad át két, különböző fém, vagy félvezető érintkezési helyén, akkor az áram irányától függően az érintkezési pont felmelegszik, vagy lehűl. Két érintkezési pont esetén az egyik felmelegszik, a másik lehűl. Ha az 1. érintkezési pontot állandó hőmérsékleten tartjuk, akkor ezt a jelenséget hűtésre lehet használni.

X. Az anyagok mágneses tulajdonságai. Ferroelektromosság.

- Hogyan határozható meg szilárd test belsejében a mágneses indukció vektora?

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{M} = \mu_0 \vec{H} + (\mu_r - 1)\mu_0 \vec{H}$$

$\vec{B}$: mágneses indukció vektor,

$\vec{B}_0$: vákuumban mérhető indukció,

$\vec{M}$: mágnesezettség vektor,

$\vec{H}$: térerősség vektor

μ : permeabilitás

- Mit nevezünk mágnesezettség vektorának?

Az egységnyi térfogatra eső mágneses dipólusmomentum.

$$\vec{M} = \frac{\vec{m}}{V}$$

$\vec{M}$: mágnesezettség vektor,

$\vec{m}$: mágneses dipól momentum,

V : térfogat

- Mi a kapcsolat az indukció vektora és a mágnesezettség vektora között?

$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{M}$$

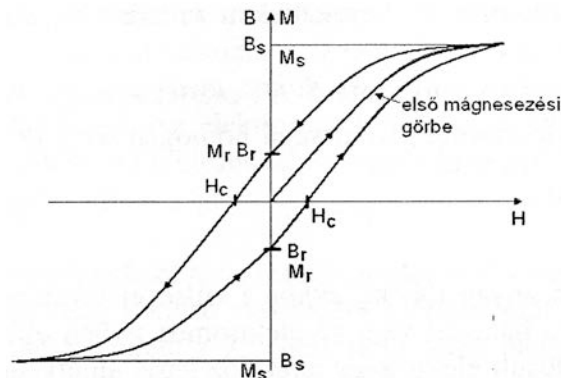
$$\vec{B} = \mu_0 \vec{H} + \vec{M} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$$

- Magyarázza meg a dia-, para-, és ferromágneses tulajdonságot!

- **diamágnes:** a mágneses tér taszítja, azaz a csökkenő térerősség irányába mutató erő hat rájuk. Negatív mágneses szuszceptibilitással rendelkeznek. $\mu_r \approx 1$
- **paramágnes:** külső mező nélkül is vannak elemi permanens dipólusai. Külső mező nélkül ezek iránya véletlenszerű (eredő mágneses mező 0), külső térerősség hatására azzal párhuzamosan próbálnak beállni. Pozitív mágneses szuszceptibilitással rendelkeznek. $\mu_r < 1$
- **ferromágnes:** az atomi építőelemeinek permanens mágneses nyomatéka van, melyek meghatározott energetikai feltételek mellett párhuzamosan állnak (egyirányú mágnesezettség). $\mu_r \gg 1$

▪ **Ismertesse a ferromágneses anyagok mágnesezési görbáját!**

A külső térerősség növelésekor kezdetben gyorsan, majd egyre kisebb mértékben növekszik az indukció és egy jellemző térerősségnél telítettséget ér el. H és B változása ezen görbe mentén csak egyszer következik be, ez az ún. szűzgörbe. A zérusra csökkentett külső térerősség mellett is van az anyagban indukció. Ezt remanens indukciónak nevezzük. A külső térerősséget nulláról ellenkező irányban növelve elérhetjük, hogy az indukció zérusra csökken. Azt a térerősséget, amelynél $B = 0$ koercitív térerőnek nevezzük.



▪ **Mi jellemzi a ferroelektromos anyagokat?**

Szigetelőanyagok, azonban villamos térbe helyezve úgy viselkednek, mint a vas mágneses térben.

Erős anizotrópiával rendelkeznek, külső elektromos mező nélkül is rendelkeznek makroszkopikus elektromos dipólmomentummal. Szuszceptibilitása függ a térerősségtől és a hőmérséklettől. A relatív permittivitása 10^4 nagyságrendű is lehet.

XI. Kondenzált anyagok fizikájának alkalmazásai I.

▪ Mi a piezoelektromosság?

Bizonyos kristályok meghatározott tengelyek irányába ható mechanikai nyomás elektromos töltések megjelenését okozza a kristály felszínén. A kristályok akkor mutatnak piezoelektromos tulajdonságot, ha szigetelők, nincs szimmetria középpontjuk és poláris tengellyel rendelkeznek.

$$U_p = \delta \Delta x$$

δ : piezoelektromos együttható,

Δx : kristály hosszváltozása

▪ Mi az elektrosztrikció?

Ha a piezoelektromos kristályra elektromos feszültséget kapcsolunk, akkor a kristály a feszültség irányától függően megnyúlik, vagy összehúzódik. szinuszos feszültség $\rightarrow$ mechanikai rezgés (hang)

▪ Mit nevezünk folyadékkristálynak?

A folyadékkristályok olyan anyagok, amelyekben a molekulák tömegközéppontjainak és a molekulatengelyeknek a teljes rendezettsége nem valósul meg. Az ilyen szerves anyagoknál - hőmérsékletváltozásra - több közbülső, mezomorf fázis jelenik meg a fázisátmenetnél:

- megmarad a kristályrács rendezettsége, de orientációs rendezetlenség lép fel
- a kristályrács rendezettsége megszűnik, de az orientációs rendezettség megmarad.

▪ Milyen folyadékkristály-szerkezeteket ismer? Melyikre mi jellemző?

- **szmektikus**: hossz tengelyek párhuzamosak, rétegekben rendeződnek, egy rétegen belül a tömegközéppontok egy síkban helyezkednek el.
- **nematikus**: molekulák a hossz tengelyeikkel egy irányban helyezkednek el, a tömegközéppontok nem rendeződnek síkokban.
- **koleszterikus**: rétegesen, egy rétegen belül a hossz tengelyek párhuzamosak, de egy síkban helyezkednek el, egymást követő rétegekben a molekulatengelyek irányát összekötve térbeli csavarvonalat kapunk.

▪ Hogy működik a folyadékkristályos kijelző (térvezérelt csavart nematikus cella)?

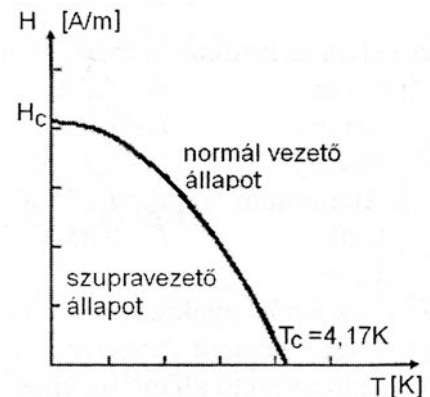
A cella előtt és mögött polarizátor helyezkedik el. A cellában folyamatos spirál szerkezetben található a nematikus folyadékkristály molekulák. A belépő polarizált fénynyaláb a molekulák fokozatos elfordulását követve elfordul. Villamos tér rákapcsolására a molekulák beállnak a tér irányába, a spirálszerkezet eltűnik, így nem fordul el a fény polarizációs síkja. Az u.n. reflexiós rendszerben a polarizátorok keresztezettek (egymásra merőlegesek), a hátsó mögé tükröt tesznek. A kijelző így alapállapotban világos, tér hatására elsötétül. Az egyik elektródán szegmensek vannak, - számok, vagy betűk megjelenítésére alkalmas módon.

- **Mi jellemzi a szupravezetőket?**

A szupravezetők ellenállása egy T_c kritikus hőmérséklet alatt gyakorlatilag nullára csökken.

- **Rajzolja fel és értelmezze a küszöbérték-görbét!**

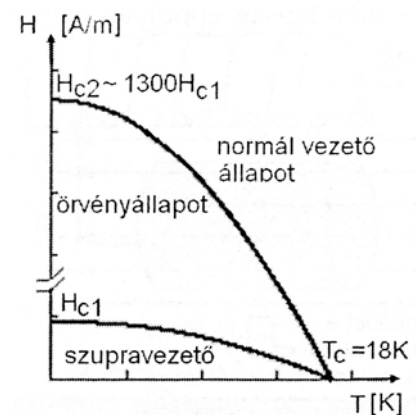
Külső mágneses tér (vagy akár a szupravezetőben folyó áram által keltett mágneses tér) adott térerősség felett megszünteti a szupravezető állapotot. Így a kritikus térerősség (H_c) megszabja a maximális áramerősséget is. Ezért az elsőfajú szupravezetők nem alkalmasak nagy erősségű mágneses tereket létrehozó szupravezető mágnesek kialakítására



- **Mi jellemzi a másodfajú szupravezetők küszöbérték-görbéjét?**

A másodfajú szupravezetők kritikus hőmérséklete jelentősen nagyobb, mint az I.-es szupravezetőké. Többségük normál állapotban rossz vezető, fajlagos ellenállása nagy.

Két kritikus mágneses térerősség van; H_{c1} alatt szupravezető, H_{c1} és H_{c2} között kevert örvényállapot van, részben normál vezető, részben szupravezető.



- **Mi a Meissner- Ochsenfeld effektus lényege?**

A szupravezetők mágneses mezőbe helyezve kivetik magukból az indukcióvonalakat, azaz tökéletes diamágnesként viselkednek.

- **Ismertesse a szupravezetők működésének alapelvét (BCS elmélet)!**

Szupravezető állapotban a rács ionjához közeledő elektron megzavarja az ion rezgésállapotát, ennek következtében az ion kvantált mechanikai energiát emittál. A mechanikai energia kvantumai a fononok. A rezgő fémionok körüli fonontér energiájával két, ellentétes spinű elektron elektronpárt, ún. Cooper-párt alkot, és az így létrejött, nulla spinű elektronpárokra nem érvényes a Fermi-Dirac statisztika, sem a Pauli-elv, azok akadálytalanul képesek a kristályrács belsejében mozogni.

XII. Kondenzált anyagok fizikájának alkalmazásai II.

▪ Mi jellemzi a fényabszorpciót, a spontán emissziót és a stimulált, vagy indukált fényemissziót?

A fényabszorpció során a W_1 energiaszinten lévő elektron elnyel egy $h\nu = hf = W_2 - W_1$ energiájú fotont, így W_2 energia szintre kerül.

A magára hagyott atomi rendszerben az így gerjesztett elektron magától visszaugrik a W_1 szintre, miközben kibocsát hf energiájú fotont. Ez a spontán emisszió.

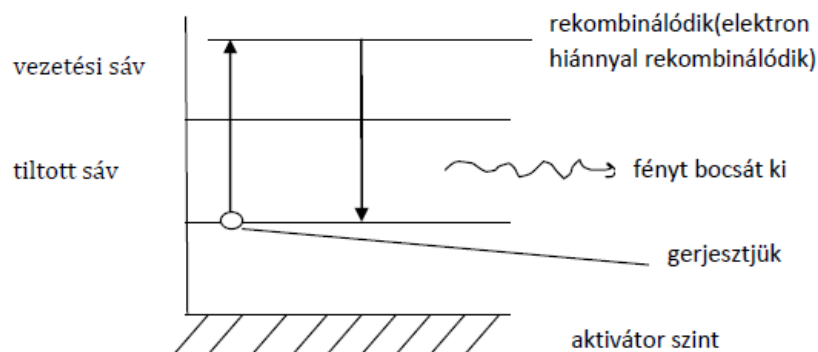
A stimulált emisszió során a gerjesztett elektron egy stimuláló foton hatására tér vissza a W_1 szintre hf energiájú foton kibocsátásával, ami a stimuláló fotonnal együtt távozik. Az így keletkező foton a stimuláló sugárzással koherens.

▪ Mi a lumineszcencia lényege?

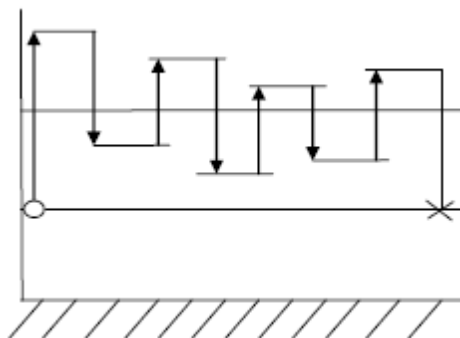
Bizonyos sugárzás hatására, annak megszűnte után fénykibocsátás történik.

▪ Értelmezze a fluoreszcenciát a sávmélet segítségével!

A sugárzás megszűnte után 10^{-6} s-nál rövidebb ideig tart a fénykibocsátás. Gerjesztéskor felkerül az elektron a vezetési sávba, hamar visszakerül az aktivátor-szintre és a két szint közötti különbséget kibocsátja.



▪ Értelmezze a foszforeszcenciát a sávmélet segítségével!



A sugárzás megszűnte után 10^{-4} s-nál hosszabb ideig tart a fénykibocsátás. Az elektron nem tud egyből rekombinálni az elektroncsapdák miatt (rácshibák, szennyező atomok, nem hőmérsékletfüggő jelenség), ezért több lépésben rekombinálódik, emiatt hosszabb a kibocsátás.

▪ **Mit jelent a lézerekre jellemző populáció inverzió?**

Nagy intenzitású fényhez nagyszámú gerjesztett elektron szükséges. Ezt energia befektetéssel lehet elérni, ezért kívülről energiát juttatunk be. Ezt nevezzük pumpálásnak.

Ha alapállapotú elektronok száma N_1 , a gerjesztetteké N_2 , akkor alaphelyzetben $N_2 \gg N_1$.

Felpumpált rendszer esetén $N_2 > N_1$, ezt az állapotot nevezzük populáció inverciónak.

A pumpálás történhet:

- termikus gerjesztéssel (melegítés),
- optikai gerjesztéssel (villanyfény),
- elektromos kisüléssel.

XIII. Az atommag jellemzői, radioaktivitás, mesterséges magfolyamatok.

▪ Mi a tömegszám?

A tömegszám (A) az egész számra kerekített, atomi tömegegységben kifejezett atomtömeg. A protonra és a hidrogénre: $A_p = A_H = 1$

▪ Mit nevezünk tömegdefektusnak?

Az atommagot alkotó részecskék együttes tömege nagyobb, mint az atommagé. Az atommag és a nukleonok együttes tömege közti különbség.

▪ Mit értünk az atommag kötési energiáján?

Az atommag kötési energiája az az energia, amely a mag alkotórészeiből való felépítéskor felszabadul, ill. ami ahhoz szükséges, hogy az atommagot részeire bontsuk.

▪ Mi a kapcsolata a tömegdefektussal?

Az Einstein-féle tömeg-energia ekvivalencia alapján a tömeg energia formájában távozik:

$$W_k = \Delta mc^2$$

▪ Hogyan értelmezhető Yukawa elmélete alapján a magerő?

A nukleonok között egy tömeggel rendelkező részecske a pion (π -mezon) közvetíti az erőhatásokat. Tömege kb. 250 szerese az elektronénak. A pion kicserélődik a nukleonok között. Amíg az egyik nukleontól a másikig halad, a kibocsátó nukleon energiája csökken, az elnyelőé nő. Ezért Δt ideig mindkét nukleonnak van energiabizonytalansága.

▪ Sorolja fel és jellemezze az atommag-modelleket!

1. **cseppmodell:** a nukleonok mint folyadékmolekulák között rövid hatótávolságú összetartó erők vannak, ahol ismert a felületi feszültség hatása. A kötési energia a magcsepp elpárologtatásához szükséges energia (W_v) adja.
2. **héjmodell:** a protonok és a neutronok héjakra rendeződnek. Az atommag a magtörzsből (lezárt, telített héjából) és körülötte nukleonokból áll.
3. **egyesített (kollektív) modell:** az előző kettőből dolgozták ki, de itt a magtörzs már nem tekinthető merev gömbnek, a külső nukleonok hatására deformálódik. A deformációra képes mag kollektív (rezgő vagy forgó) mozgást végez.

▪ Sorolja fel a Weizsacker-féle kötési energia-képlet tagjait!

$$|W_k| = W_v - W_F - W_C - W_A \pm W_P$$

W_v : „párolgási” energia

W_F : felülettel arányos energia

W_C : Coulomb-energia

W_A : aszimmetrikus energia

W_P : párenergia

- **Definiálja a radioaktivitás jelenségére jellemző aktivitás fogalmát! Mi a mértékegysége?**

Az időegység alatt elbomló atommagok száma. Mértékegysége: becquerel (Bq):

$$a = -\frac{dN}{dt} = \left[\frac{1}{s} \right] = [Bq]$$

- **Írja fel a radioaktivásra jellemző bomlási törvényt, és értelmezze!**

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

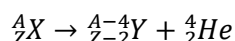
N_0 : atommagok száma $t=0$ pillanatban

λ : bomlási állandó

A bomlási törvény megadja bármely t időben a bomlatlanul maradt atommagok számát (N). A bomlás exponenciális görbét követ.

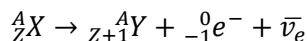
- **Mi az α -sugárzás? Hogyan változik ennek során az atommag rendszáma és tömegszáma?**

A nagy tömegszámú atommagoknál lép fel, amely során az atommagból egy hélium atommag lép ki. Az új elem (Y) tömegszáma négygyel, a rendszáma kettővel lesz kisebb.

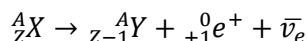


- **Milyen típusai vannak a β -bomlásnak? Írja fel az ezek során lejátszódó folyamatokat!**

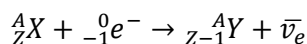
1. **negatív (β^-):** az atommagban egy neutron protonná alakul, és az eközben keletkező elektron kilép a magból:



2. **pozitív (β^+):** az atommag egy protonja alakul neutronná és egy pozitron ill. egy neutrínó távozik:



3. **elektron befogás:** a proton az elektronburokból befog egy elektron, amivel neutronná alakul és egy neutrínó keletkezik:



- **Mi jellemzi a γ -sugárzást?**

Nagy áthatolóképességű, nagy energiájú elektromágneses sugárzás. Általában a másik két sugárzás kísérőjelenségeként lép fel, miközben a gerjesztett állapotú mag alapállapotba jut.

- **Milyen folyamaton alapul az atomreaktor működése?**

maghasadás: a bombázó részecske (neutron) hatására a mag két közel azonos nagyságú részre hasad. A maghasadáskor újabb neutronok keletkeznek, amint elérik a kritikus tömeget, létrejön az önfenntartó láncreakció.

- **Értelmezze a maghasadásra jellemző láncreakciót!**

Az atommagokat lassú neutronokkal bombázzuk, melyek kettőbe vagy többbe hasadnak. A hasadáskor újabb neutronok keletkeznek, melyek képesek újabb atommagokat hasítani. A hasadási neutronok újabb magreakciót válthatnak ki, és ha elérjük a megfelelő mennyiségű hasadóanyagot (ez a kritikus tömeg), akkor beindul az önfenntartó láncreakció.

- **Mi a magfúzió lényege? Írjon fel példaként egy fúziós reakciót!**

A magfúzió a (könnyű) atommagok egyesülése, amelyet energia felszabadulás kísér. A folyamat hasonlóan a maghasadáshoz, szintén stabilabb atommagot hoz létre.

XIV. Dirac lyukelmélete és az elemi részecskék.

- Írja fel a Dirac-féle lyukelmélet alapját képező egyenletet és értelmezze!

$$W = \pm \sqrt{(pc)^2 + (m_0 c^2)^2}$$

W : az elektron energiája

p : az elektron impulzusa

Adott p impulzusú, szabadon mozgó elektron energiája pozitív és negatív is lehet. A $p=0$ esetben a nyugalmi energiája $W_0 = \pm m_0 c^2$, ebből adódóan negatív tömeg is lehet.

- Értelmezze ez alapján a lyukelméletet!

Az összes negatív energiaállapot be van töltve, ezért a többi elektron energiája csak pozitív lehet. A két energiaállapot közti energiasáv tiltott sáv az elektron részére. Ha egy negatív energiájú elektront egy foton kiüt a negatív sávból és átkerül a pozitív energiájú sávba, akkor a negatív energiájú részecskék között lyuk keletkezik, ami már észlelhető. Tehát keletkezik egy normál elektron (pozitív tömeg, negatív töltés), és az elektron antirészecskéje (negatív tömeg, pozitív töltés), egy pozitron. Ez a folyamat a párképződés. Az ezzel ellentétes folyamat a szétsugárzás.

- Hogyan csoportosíthatók az elemi részecskék?

- Tömegük szerint:
 - o leptonok: könnyű részecskék
 - o mezonok: középnehéz részecskék
 - o barionok: nehéz részecskék
- spinquantumszám szerint

- Mik a leptonok? Sorolja fel az ide tartozó részecskéket!

Elemi részecskék, melyek nem vesznek részt erős kölcsönhatásokban. Hat részecske és annak hat anti részecske tartozik a leptonok közé:

elektron, elektron-neutrínó, müon, müon-neutrínó, tau, tau-neutrínó

- Mik az anyag alapvető építőkövei?

- elektron
- kvarkok

- Melyek az alapvető kölcsönhatások?

- erős kölcsönhatás (gluonok)
- elektromágneses kölcsönhatás (fotonok)
- gyenge kölcsönhatás (W, Z részecskék)
- gravitációs kölcsönhatás (graviton)