

I/I Periódusos rendszer

① Megfigyelés: vannak olyan egymástól különböző atomok, melyek kémiai reakciókban hasonlóan viselkednek.

pl: nemesgázok: He, Ne, Ar, ... (nem vesznek részt kémiai kötésben)

pl: C, Si, Ge: gyémánt-szerkezetben kristályosodnak

② csoportok (oszlók a per. rn.-ben): hasonló "elektron szerkezet"

③ elektron szerkezet ← energiaminimumra törekvés  
 ↙ Pauli-féle kizárási elv

④ Pauli-elv: egy elektronállapotot max. egy elektron tölthet be

⑤ pl: He:  $\left. \begin{array}{l} \text{mag: } 2p^+, 2n^0 \\ 2e^- \end{array} \right\}$  (van más izotópjára is:  $2p^+, 1n^0$ )

$^3\text{He}$ : 0,0002%

$^4\text{He}$ : 99,9998%

Mi az alapállapotú elektron szerkezet?

Mi az alapállapotú energia?

Mi az alapállapot degenerációs foka?

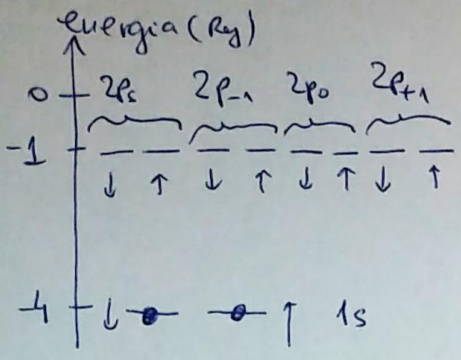
Mi az első gerjentes állapot degenerációs foka?

⑥ Válaszolj a H-atom megoldásából (e-e-kész nélkül)

$$\text{He: } -\frac{\hbar^2}{2m_e} \Delta \psi(r) - \frac{(2e)^2}{4\pi\epsilon_0 r} \psi(r) = E \psi(r)$$

$$\Rightarrow E_n^{(\text{He})} = -\frac{1}{2} \frac{m(2e^2)^2}{(4\pi\epsilon_0)^2 \hbar^2} \frac{1}{n^2} = -4Ry \frac{1}{n^2}$$

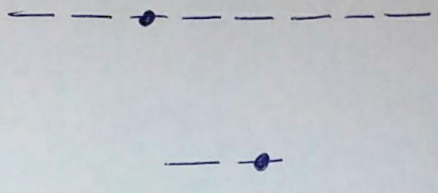




alapállapotú elektronok.

$$E_{\text{alop}} = -4Ry - 4Ry = -8Ry$$

degeneráció:  $1 \times$



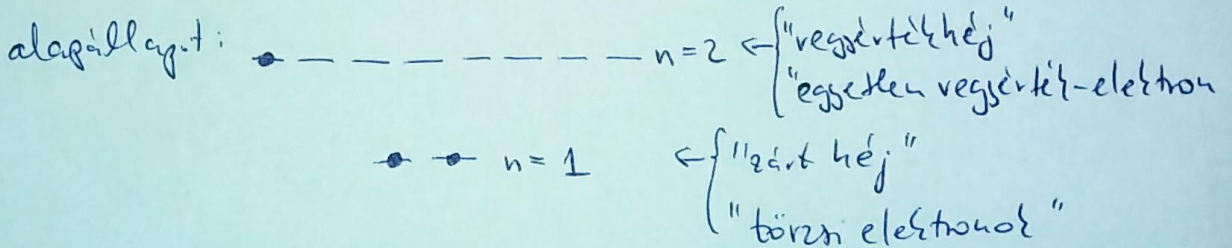
első gerjesztett állapot (pl.)

$$E_{\text{első gerj}} = -4Ry - 1Ry = -5Ry$$

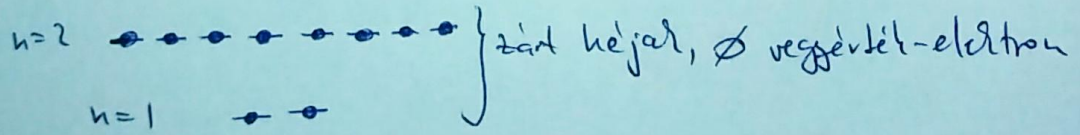
deg:  $\times(2 \times 8) = \times 16$

⑦ ezek csak becslések; pontosabb eredmény: e-e-kész figyelembevételével

⑧ Li:  $3p^+, 3e^-$  (litium)  
 (izotóposok:  ${}^6\text{Li}$  5%  $3n^0$   
 ${}^7\text{Li}$  95%  $4n^0$ )



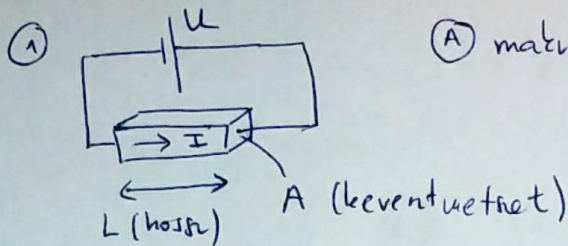
⑨ Ne:  $10p^+, 10e^-$  (neon)  
 (izotóposok:  ${}^{20}\text{Ne}$  90,48%  $10n^0$   
 ${}^{21}\text{Ne}$  0,27%  $11n^0$   
 ${}^{22}\text{Ne}$  9,25%  $12n^0$ )



⑩ következtetés: H és Li hasonlók  
 He és Ne hasonlók  
 ...

## II. Elektronok kristálys szilárdtestekben

(#/A) Elektromos vezetés fémekben: a klasszikus Drude-modell



Ⓐ makroszkopikus (integrális) Ohm-törvény:

$$R = \frac{U}{I}$$

ellenállás

↑ feszültség

← áram

Ⓑ mikroszkopikus (differenciális) Ohm-törvény:

$$j = \sigma \cdot E$$

áramsűrűség ( $\frac{I}{A}$ )

↑ fajlagos vezetőképesség

↑ elektromos térerősség ( $\frac{U}{L}$ )

$$(3D: [j] = \frac{A}{m^2})$$

Ⓒ geometriai Ohm-törvény:  $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$

↑ fajlagos ellenállás,  $\rho = \frac{1}{\sigma}$

→ pl. Cu (réz):  $17 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$

② elemi fémek, pl. Li:  $3e^-$  { 1 vegyérték-e → vezetési  $e^-$  (ve)  
2 töltési  $e^-$  → nem vezet

③ Drude-modell feltevései

(i) ve-ok klasszikus mechanika szerint mozognak

(ii) ve-okat E-tér gyorsítja

(iii) ve-ok sűrűsége  $n_e$ ,  $[n_e] = 1/m^3$

(iv) ve-ok átlagosan  $\tau$  időnként ütköznek, véletlenszerűen irányt váltanak, átlagsebességük nullázódik.

( $\tau$ : "ütközési idő", "relaxációs idő")



④ cél (fajlagos vezetőképesség a Drude-modellben):

$$\sigma = \frac{n_e e^2 \tau}{m_e}$$

"drift-sebesség"

biz: • mikroszkopikus Ohm-tör:  $\sigma = \frac{j}{E} = \frac{-en_e v_{\text{drift}}}{E}$

•  $v_{\text{drift}} = ?$  Newton II, gyorsuló-csillapító mozgás

$$m_e a = F \rightarrow m_e \dot{v} = -eE - \gamma v \rightarrow \text{stacionárius áll: } \rightarrow 0 = -eE - \gamma v$$

$$\rightarrow v_{\text{drift}} = \frac{-eE}{\gamma} \rightarrow \sigma = \frac{n_e e^2}{\gamma}$$

•  $\gamma$  és  $\tau$  kapcsolata? csillapítás:  $m_e \dot{v} = -\gamma v \rightarrow v(t) = v_0 e^{-\frac{\gamma}{m_e} t}$

tehát  $\tau = \frac{m_e}{\gamma}$ , ezért  $\sigma = \frac{n_e e^2 \tau}{m_e}$  ✓

⑤ diszusszió: (i)  $\sigma \propto n_e$ : több  $e^-$ , jobb vezetőképesség

(ii)  $\sigma \propto \tau$ : ritkább ütközés, jobb vezetőképesség

(iii) hőmérsékletfüggés? pl.  $\tau$ -n kerentül

magasabb  $T \rightarrow$  intenzívebb rácsrezgések  $\rightarrow$

$\rightarrow$  erősebb szóródás  $\rightarrow$  rövidebb  $\tau \rightarrow$  rosszabb vezetőképesség

(pl: Cu:  $\rho(77K) \approx 2 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ ,  $\rho(273K) \approx 17 \text{ n}\Omega \cdot \text{m}$ )

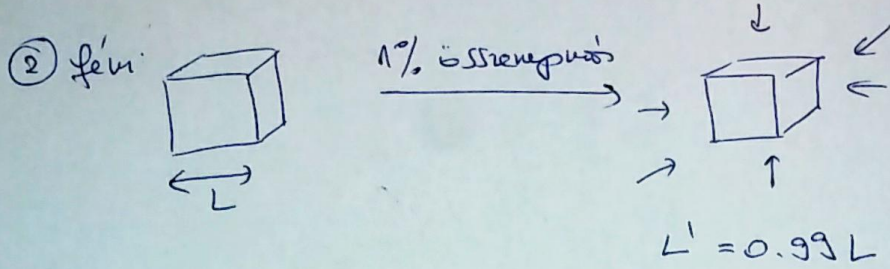
(felvezetőkben  $n_e$  is  $T$ -függő)

(iv) Drude-modell: egyszerű, szemléletes, de messze van a valóságtól;

kvantummechanikai leírás szükséges

# II/B Geometriai piezorezitivitás

① összenyomás / téglés hatására a fém ellenállása megváltozhat  
→ nyomás, erő által kiváltott elektronok jelle



ellenállás:  $R$

kérdés:  $R' = ?$

valón:  $R = \rho \cdot \frac{L}{A} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{A} = \frac{1}{\frac{n_e e^2 \tau}{m_e}} \cdot \frac{L}{A} = \frac{m_e L}{n_e e^2 \tau A} = \frac{m_e L^2}{n_e e^2 \tau}$

↑  
geom. Ohm-tör

↑  
Drude

$$R' = \frac{m_e L'^2}{n_e e^2 \tau} = \frac{m_e (1-\epsilon)^2 L^2}{n_e e^2 \tau} \approx \frac{m_e L^2}{n_e e^2 \tau} (1-2\epsilon) \approx 0.98R$$

1% összenyomás hatására  $R$  kb. 2%-kal csökken.