









n-típusú adalékolás

A többlet elektron a szennyezési potenciál terében



Periódusos tábla V. oszlop elemei

A többlet-elektron gyengén kötődik

Kötött állapot – "H atom probléma":

$$\left\{-\frac{\hbar^2}{2m^*}\nabla^2 - \frac{e^2}{\varepsilon_{\rm r} r}\right\}\psi = \varepsilon\psi \qquad \begin{array}{c} \varepsilon_{\rm r} \approx 10 - 20 \\ m^* \approx 0.1 - 1 \end{array}$$



Donor

P, As, Sb

a donor atomhoz

p-típusú adalékolás



Akceptor

Periódusos tábla III. oszlop elemei B, Ga, In A lyuk gyengén kötődik

az akceptor atomhoz

A lyuk a szennyezési potenciál terében

Kötött állapot – "H atom probléma":

$$\left\{-\frac{\hbar^2}{2m^*}\nabla^2 - \frac{e^2}{\varepsilon_{\rm r}\,{\rm r}}\right\}\psi = \varepsilon\psi \qquad \qquad \varepsilon_{\rm r} \approx 10 - 20$$
$$m^* \approx 0.1 - 1$$





Fémek elektromos vezetése

Boltzmann-egyenlet

Külső hatás nélkül:

$$f^{0}(\mathbf{k}) = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon(\mathbf{k}) - \mu}{k_{B}T}} + 1}$$



az eloszlásfüggvény szimmetrikus, nem folyik áram!



$$f(\mathbf{k},t) = \frac{1}{e^{\frac{\varepsilon(\mathbf{k})-\mu}{k_{B}T}} + 1}$$

Legegyszerűbb eset: E homogén elektromos tér alkalmazása

Az eloszlásfüggvény időbeli változása

$$\frac{df}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial \mathbf{k}} \frac{\partial \mathbf{k}}{\partial t}$$

<u>Közelítés</u>

Egyensúlyhoz közeli állapot: $f(\vec{\mathbf{k}}) = f^0(\vec{\mathbf{k}}) + g(\vec{\mathbf{k}})$

$$\frac{\partial g}{\partial t} + \frac{\partial \bar{\mathbf{k}}}{\partial t} \frac{\partial f^{0}}{\partial \bar{\mathbf{k}}} = \frac{\partial g}{\partial t} - \frac{1}{\hbar} e \bar{\mathbf{E}} \frac{\partial f^{0}}{\partial \varepsilon} \frac{\partial \varepsilon_{\mathbf{k}}}{\partial \bar{\mathbf{k}}} = \frac{\partial g}{\partial t} - e \bar{\mathbf{E}} \bar{\mathbf{v}} \frac{\partial f^{0}}{\partial \varepsilon} = -\frac{g}{\tau}$$

$$\frac{\partial \bar{\mathbf{p}}}{\partial t} = \frac{\partial \hbar \bar{\mathbf{k}}}{\partial t} = e \bar{\mathbf{E}}$$

$$Egyensúly elérése a tér kikapcsolása után$$

Newton- törvény

 $g(t) = g(t=0)e^{-t/\tau}$



Fémek ellenállásának hőmérsékletfüggése







