

A Stern-Gerlach kísérlet

Simon Júlia

1. Zeemann-effektus (1896.) \Rightarrow Az atomoknak van mágneses momentuma.
2. Bohr-féle atommodell (1913.) $\Rightarrow n$: főkvantumszám \Rightarrow Az energia kvantált (vonalas színek).
3. Sommerfeld-féle atommodell (1916.) $\Rightarrow k$: mellékkvantumszám, m : mágneses kvantumszám \Rightarrow Az elektron csak meghatározott alakú pályákon keringhet és az impulzusmomentuma csak \hbar -nak egészszámú többszöröse lehet.

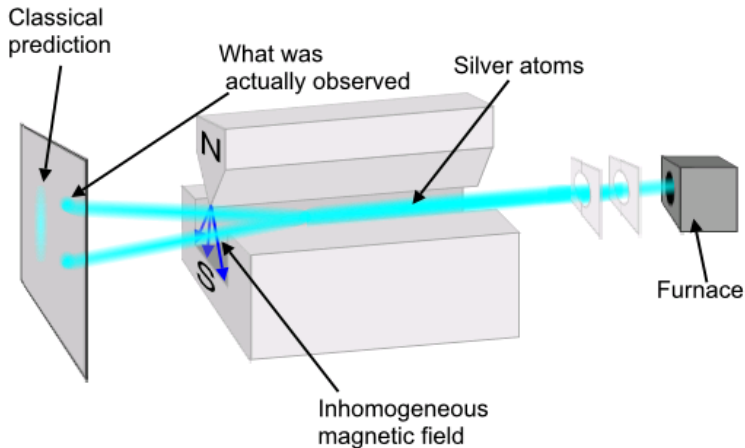
Tehát az elektron energiája, a lehetséges pályái és az impulzusmomentuma is kvantált. Valamint az atomoknak van mágneses momentuma.

Vajon a mágneses momentumnak egy tengelyre vett vetülete kvantált?

Klasszikus értelemben vett impulzusmomentumnál a vetületek nagysága $-|L|$ és $|L|$ között tetszőleges értéket felvehet, vajon ez működik a kvantummechanikában is?

⇒ 1921: Otto Stern és Walther Gerlach

A Stern-Gerlach kísérleti összeállítása



ábra: Forrás:[3]

Egyatomos ezüst atomok mágneses momentumának mérését végezték el.

Ha mágneses momentum iránya tetszőleges \Rightarrow az egyenesen továbbhaladó nyalábhoz képest mindkét irányba függőlegesen folyamatosan csökkenni fog a becsapódó ezüst atomok száma.

Ha mágneses momentum vetülete kvantált \Rightarrow diszkrét nyalábokra kell szétválnia az ezüstnyalábnak.

Fontos a kísérletnél nem szabad túl nagy inhomogén teret alkalmazni, hogy minden nivó pontosan 2 nivóra hasadjon fel.

- Anyagi problémák
- Eszközzel problémák
- A kénes cigaretta fontossága

A rendszer csak sajátállapotban lehet.

A \hat{J}^2 operátor sajátértékei $J(J+1)\hbar^2$, és a $\hat{J}_z = m\hbar$, ahol J a mellékkvantumszám és m pedig a mágneseskvantumszám ($m = -J, -J+1, \dots, J-1, J$).

A mágneses momentum és az impulzumomentum kapcsolata:

$$\mu_z = -g \frac{e}{2m_e c} J_z, \text{ ahol } g \text{ a Landé-faktor.}$$

$$\langle \mu_z \rangle = -gm\mu_B, \text{ ahol } \mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e c}$$

Ha az inhomogén mágneses tér z irányú, akkor a $-\mu\vec{B}$ potenciális energiájú atomra $\vec{F}_z = -\text{grad}(-\mu\vec{B}) = \mu_z \frac{\partial B_z}{\partial z}$ erő hat.

Mivel tudjuk, hogy a μ_z kvantált, ezért

$$F_z = gm\mu_B \frac{\partial B_z}{\partial z}.$$

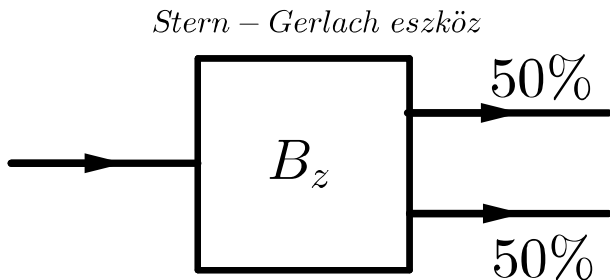
Azonos energiájú atomokból álló nyaláb áthalad a z irányú inhomogén mágneses téren, akkor mivel m értéke $2J + 1$ féle lehet, ezért az mágneses tér után $2J + 1$ nyalábra bomlik fel a nyaláb, amelyek a nyaláb eredeti irányára szimmetrikusan helyezkednek el.
 $\Rightarrow 2J + 1 = 2$, tehát $J = \frac{1}{2}$.

Mi a gond?

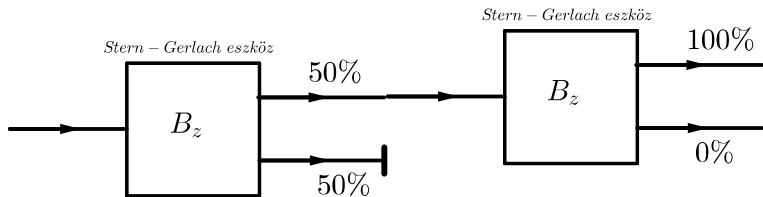
A spint még nem ismerték $\Rightarrow J = L$, viszont tudjuk, hogy az L mellékkvantumszám csak egész lehet Sommerfeld óta. Valami nem stimmel!

Ugye itt a teljes impulzusmomentumról volt szó, azonban mint azt később többen megmutatták az ezüst atom esetén alapállapotban a pályaimpulzusmomentum zérus, azaz $L = 0$, valamint, hogy $\vec{J} = \vec{L} + \vec{S}$, ahol \vec{S} a sajátimpulzusmomentum vektoroperátora, vagyis a **spin**, és a kísérletben valójában azt kaptuk meg, hogy a külső héjon lévő elektron spinjének z irányú vetülete $\pm \frac{\hbar}{2}$ lehet.

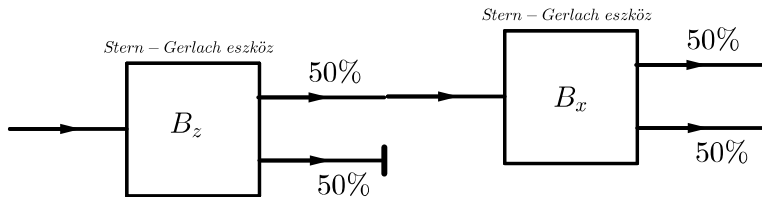
Először tekintsünk egy z irányú mágneses terű Stern-Gerlach eszközt a feles spinű esetben.



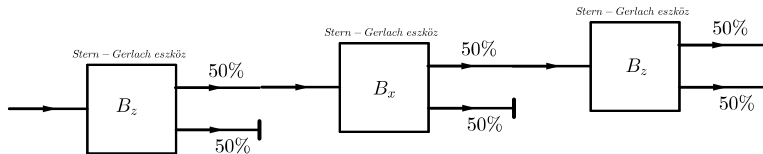
Mi történik, ha az egyik nyaláb útját elzárjuk, és a felső nyalábot átvezetjük egy ugyanilyen Stern-Gerlach berendezésen?



Mi történik, ha az egyik nyaláb útját elzárjuk, és a felső nyalábot átvezetjük egy x irányú mágneses terű Stern-Gerlach berendezésen?



Mi történik, ha az egyik nyaláb útját elzárjuk, és a felső nyalábot átvezetjük egy x irányú mágneses terű Stern-Gerlach berendezésen majd az egyik nyalábot újra az elsővel azonos Stern-Gerlach berendezésen?



-  <http://wigner.elte.hu/koltai/labor/parts/modern6.pdf> (letöltve: 2016. április)
-  <http://web.mit.edu/8.13/www/JLEperiments/JLExp18.pdf> (letöltve: 2016. április)
-  <https://hu.wikipedia.org/wiki/Stern%E2%80%93Gerlach-k%C3%ADs%C3%A9rlet> (letöltve: 2016. április)
-  R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands: *Mai fizika 7. kötet*, Műszaki Kiadó, Budapest, 1986.
-  R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands: *Mai fizika 8. kötet*, Műszaki Kiadó, Budapest, 1986.
-  Nagy Károly: *Kvantummechanika*, Tankönyvkiadó, Budapest, 1978.

Köszönöm a figyelmet!