

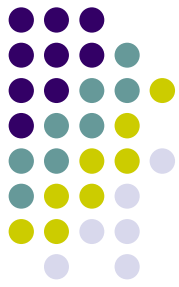


WOLFGANG PAULI

ÉS AZ ANYAGTUDOMÁNY

KROÓ NORBERT
MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA

ÓBUDAI EGYETEM, 2010.04.23

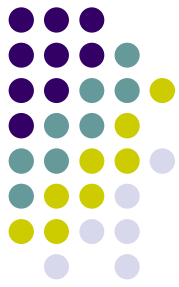


Minden részecske rendelkezik egy furcsa tulajdonsággal, ez a spinje. Mivel ez úgy viselkedik, mint az impulzus momentum (pl. pörgettyű) ennek egységében is mérjük. Feles értékű és összeadódik: pl a hidrogén atom esetében értéke 1, a proton és elektron $\frac{1}{2}$ -es spinjei miatt.

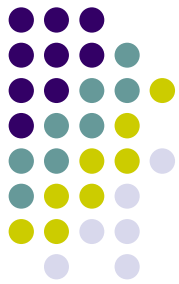
A spin egy misztikus “vadállat”, mégis létezése az egész tudományt befolyásolja. A spinek létezése és a hozzájuk kötődő statisztika a TERMÉSZET legszövevényesebb és legszellemesebb alkotása. Nélkülük az egész Világegyetem összeomlana.



Wolfgang Pauli

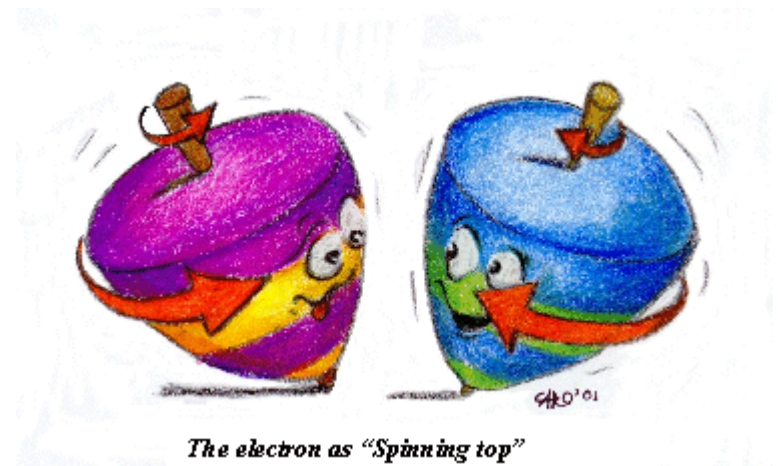


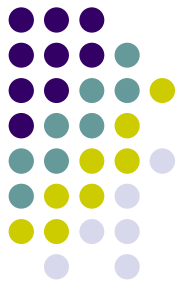
- Wolfgang Pauli negyedik kvantumszáma:
Fő kvantum szám, n , az atomi pályák mérete
Anguláris kvantum szám, l , az atomi pályák alakja
Mágneses kvantum szám, m , az atomi pályák térbeli orientációja
Az egy atomi pályán lévő két elektron megkülönböztetéséhez egy negyedik kvantumszámra van szükség!!!
- 1924-ben **Pauli** javasolta, hogy az elektront ezzel a negyedik kvantumszámmal is jellemezzük, amely “feles” értékű



A SPIN FELFEDEZŐI

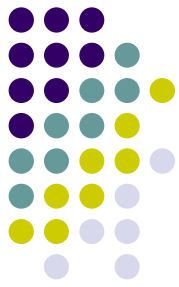
- **Pauli**: a negyedik kvantumszám
- **Goudsmit** és **Uhlenbeck**: a spin feltételezése (**Ehrenfest** támogatásával)
- **Stern-Gerlach** kísérlet
- **Zeeman** effektus





Wolfgang Pauli

- Ez volt az egyik felismerés amely **Uhlenbecket** az elektron spin fogalmának megakotásához vezette:
... it occurred to me that , since (I had learned) each quantum number corresponds to a degree of freedom of the electron, Pauli's fourth quantum number must mean that the electron had an additional degree of freedom -- in other words the electron must be rotating.
- Pauli felismerte az extra impulzus momentum jelentőségét és posztulálta **kizárási elvét (1945 Nobel Díj)**, amely a Fermi-Dirac statisztikához is vezetett.



MI LENNE VELÜNK A SPINEK NÉLKÜL?

Nem lenne mágnesség (áramfejlesztés, villamos motorok, konyhai gépek, stb.)

Mag Mágneses Rezonancia

Mössbauer effektus

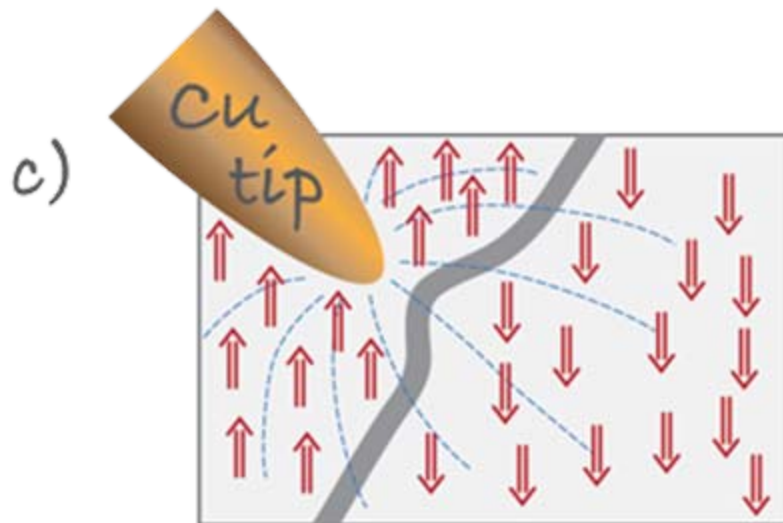
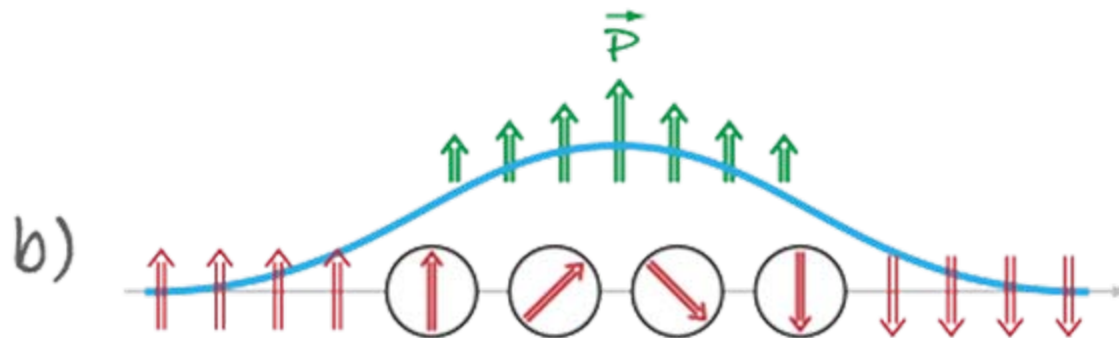
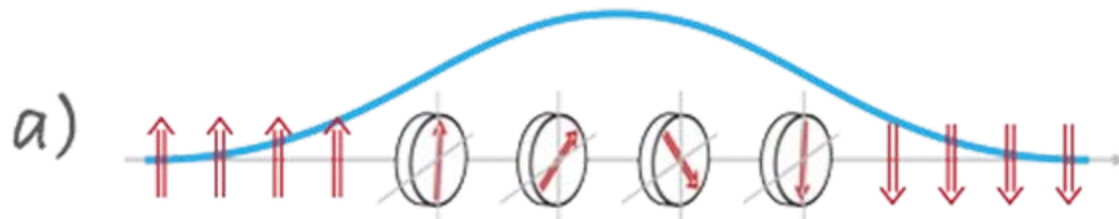
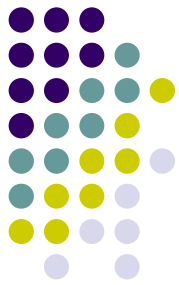
Alacsony hőmérsékletek előállítása

Káosz a kémiában

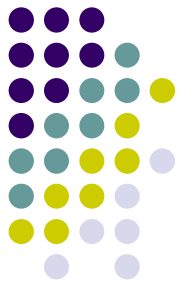
A neutroncsillagok instabillá válnának

A részecskefizika összedőlné (szuperszimmetria, gyenge kölcsönhatás chiralitása, stb)

FERROMÁGNESSÉG, DOMÉNEK

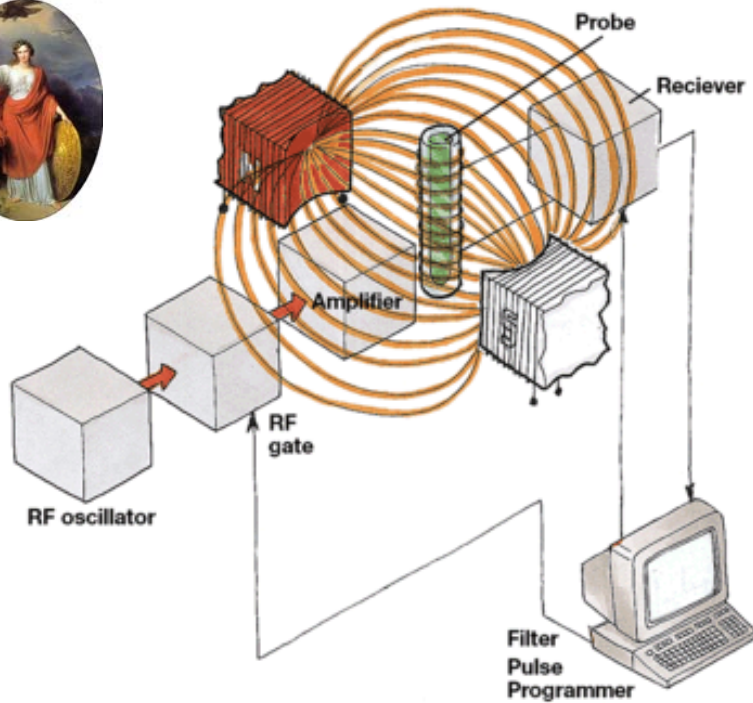




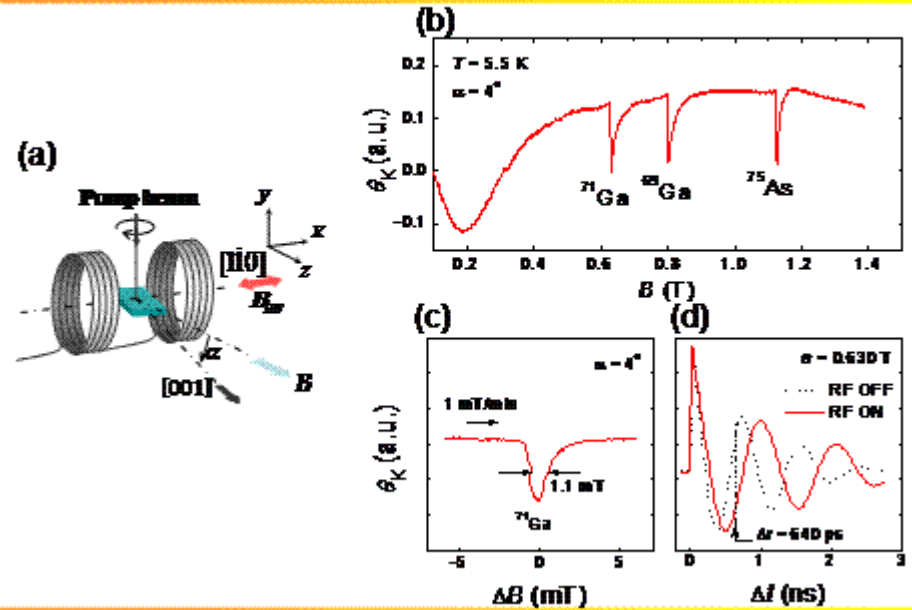


MAG MÁGNESES REZONANCIA

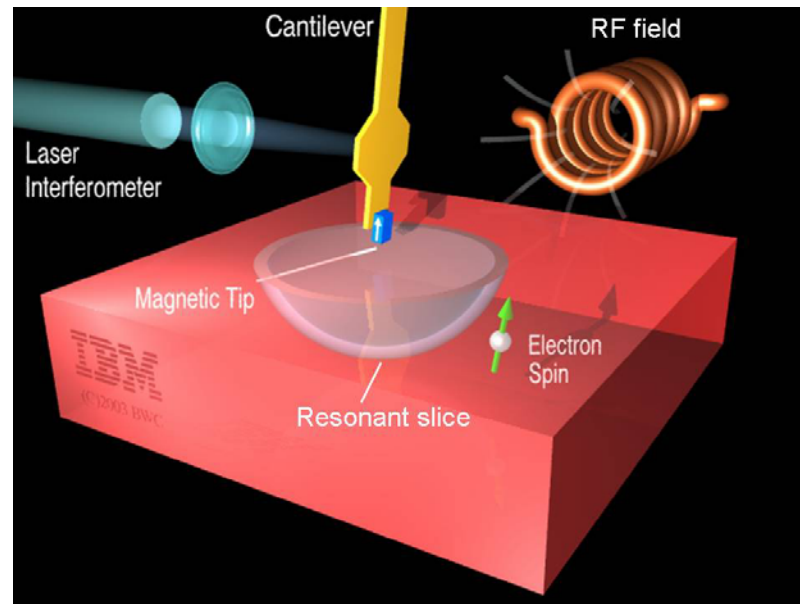
- Számos atommagnak van mágneses momentuma (spinje)
- Statikus mágneses térben ez a “mágnes” precesszál
- Ha egy külső elektromágneses tér frekvenciája megegyezik az atom precessziós frekvenciájával, energiát képes elnyelni ezen oszcilláló külső térből és ez mérhető. Sőt az atomok energialeadásának időbeli lefutása a környezetre jellemző.
- Ezen jelenséget használja ki a Mag Mágneses Rezonancia módszere és ennek impulzus gerjesztéses formája, az u.n. Spin Echo technika.
- A mikroszkópikus anyagvizsgálat egyik alaplódszere
- Alkalmas kis mágneses terek mérésére is.
- Bonyolult számítástechnikai eljárásokkal kombinálva ezen módszert használja ki az MMR Tomográfia.



Result of CW rf NMR

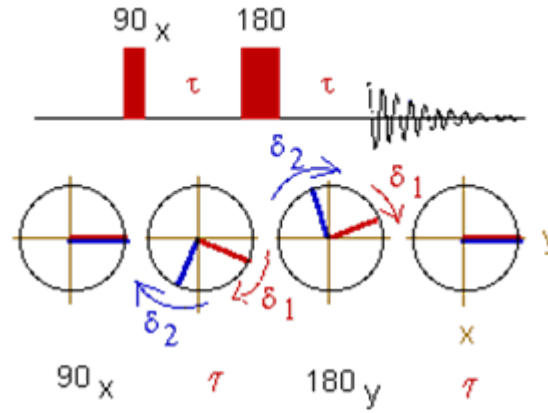
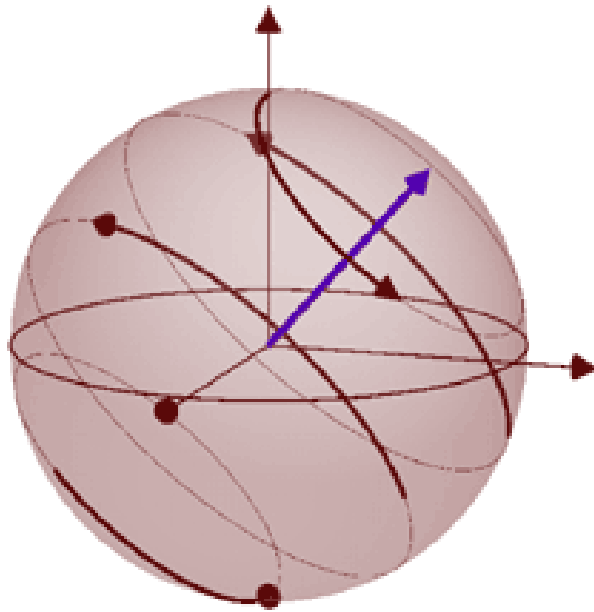
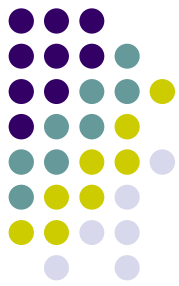


MAG MÁGNESES REZONANCIA

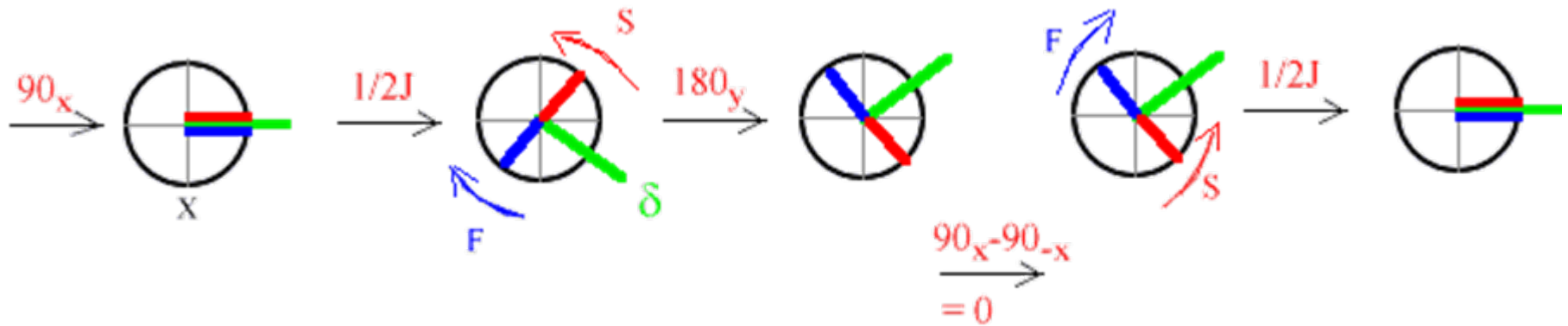
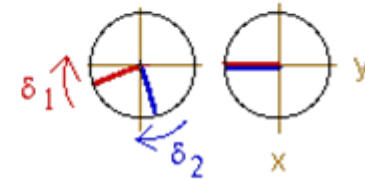


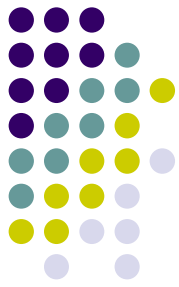


SPIN ECHO (IMPULZUS) MMR



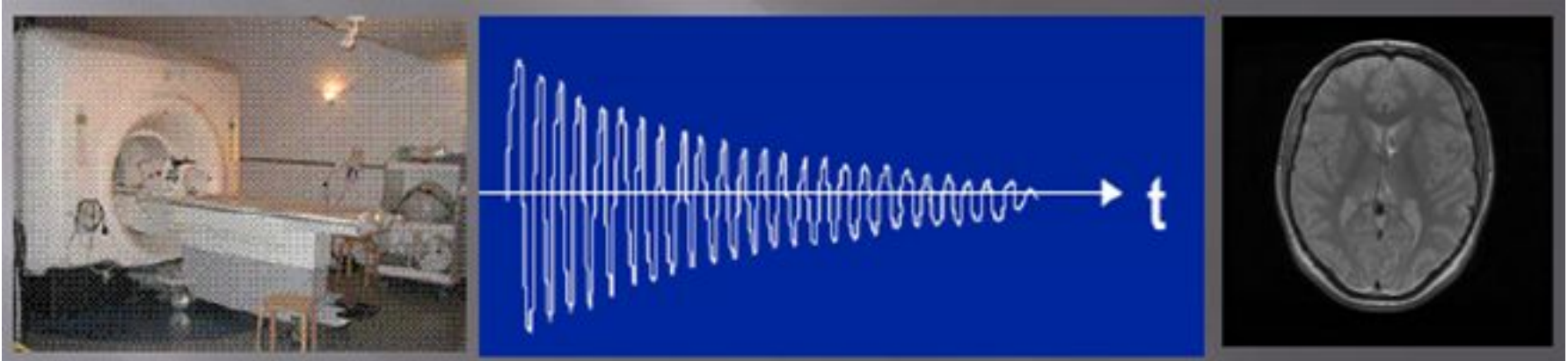
or:





MMR TOMOGRÁFIA

A Mag Mágneses Rezonancia technika számos alkalmazása (kémiai és fizikai szerkezetkutatás, kis mágneses terek mérése, stb.) közül talán a legismertebb az (élő és élettelen anyagok) tomográfiája





MÖSSBAUER-EFFEKTUS

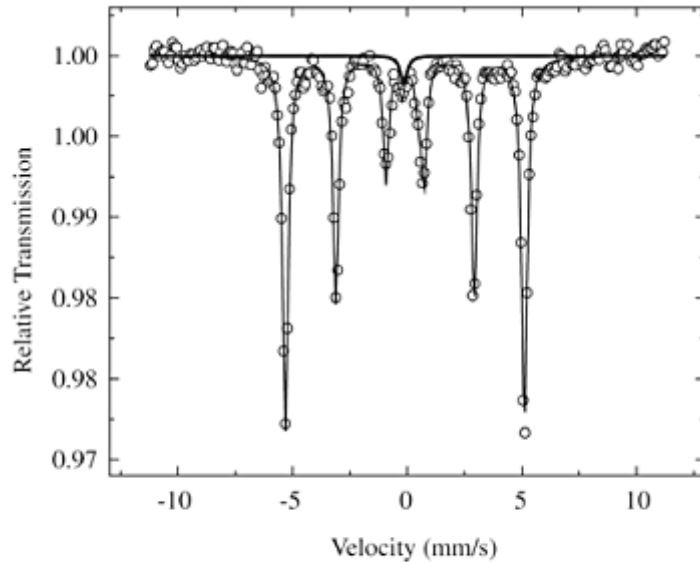
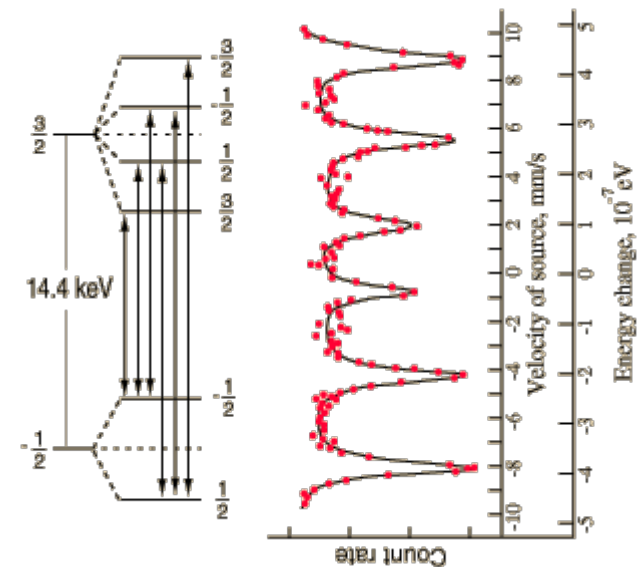
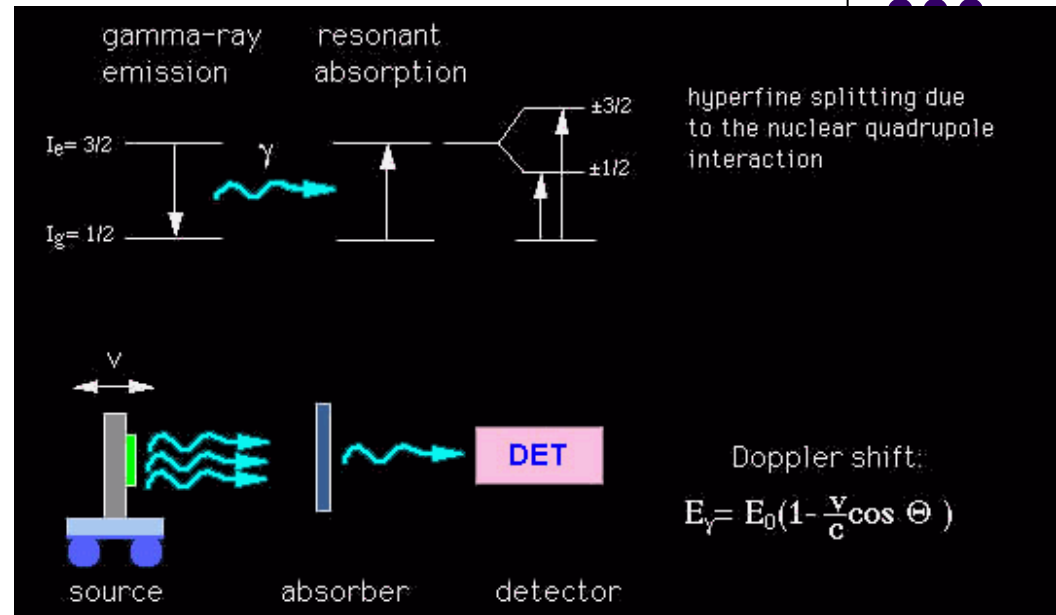
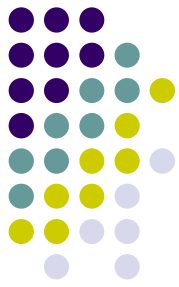


Figure 4. Mössbauer spectrum of the $\text{Fe}_{10}\text{Ag}_{90}$ granular alloy at room temperature, showing singlet and sextet subspectra derived from an overall fit.





**Bozonok (egész spin) és fermionok (feles spin)
(eltérő statisztika)**

**Spintronika (adattárolás spinmanipulációval;
ellenállásváltozás mérése)**

Kémiai kötés

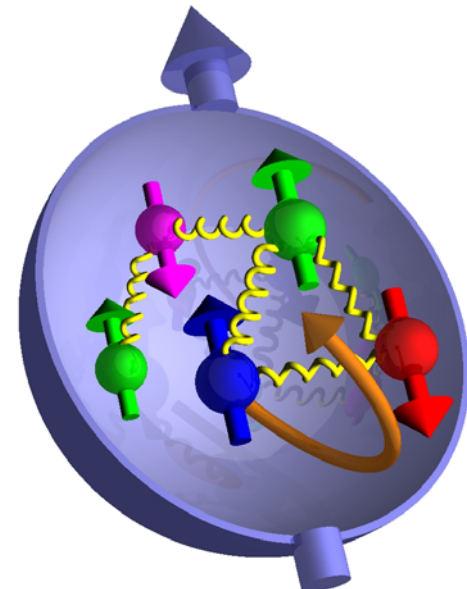
Ferrofluidok

**Spinüveg (paramágneses jelleg, de hiszterézis; nincs távoli rend;
hőmérséklettel gyorsan csökkenő fluktuáció : spin befagyás)**

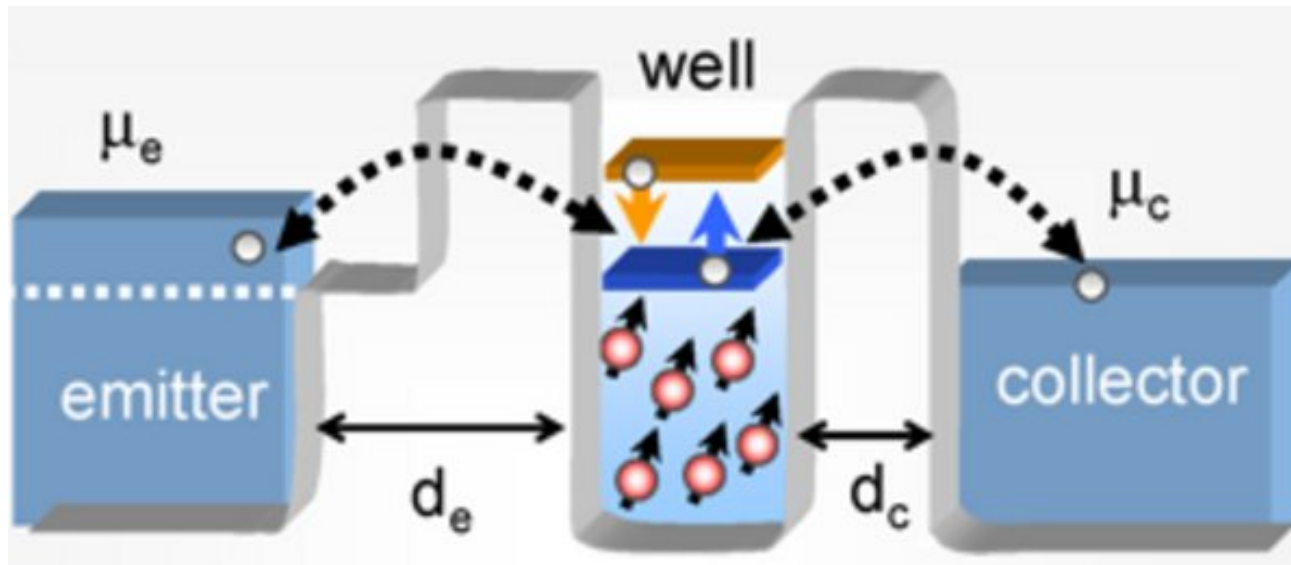
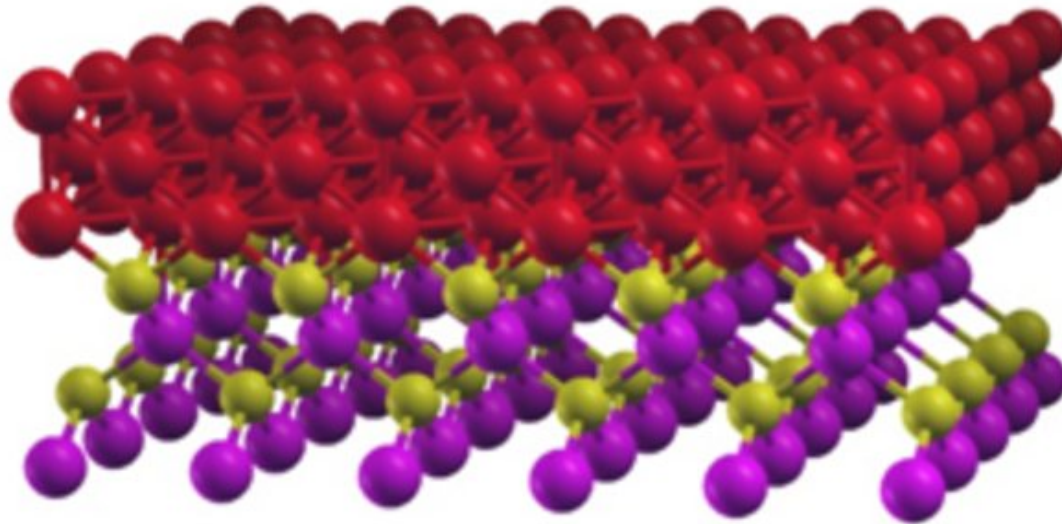
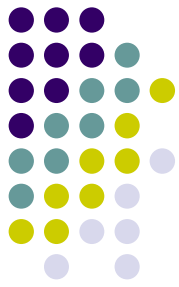
Óriás mágneses ellenállás (memória)

Mágnesség szupravezetés

A feles spinű proton belső
szerkezete



SPIN TRANZISZTOR

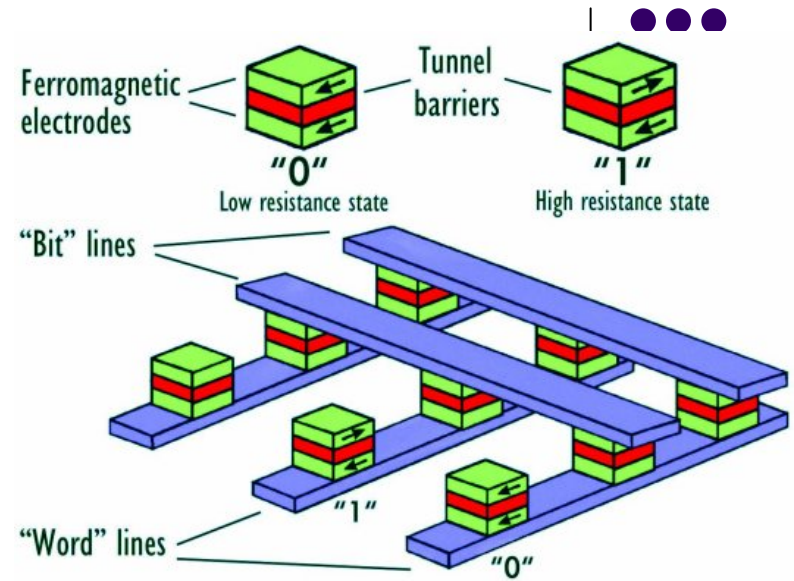
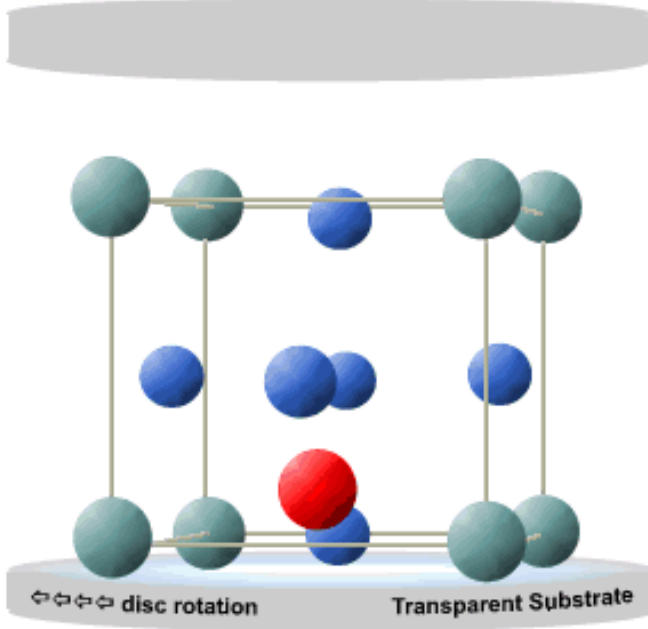




SPINTRONIKA

Schematics Ferroelectric Spintronics*

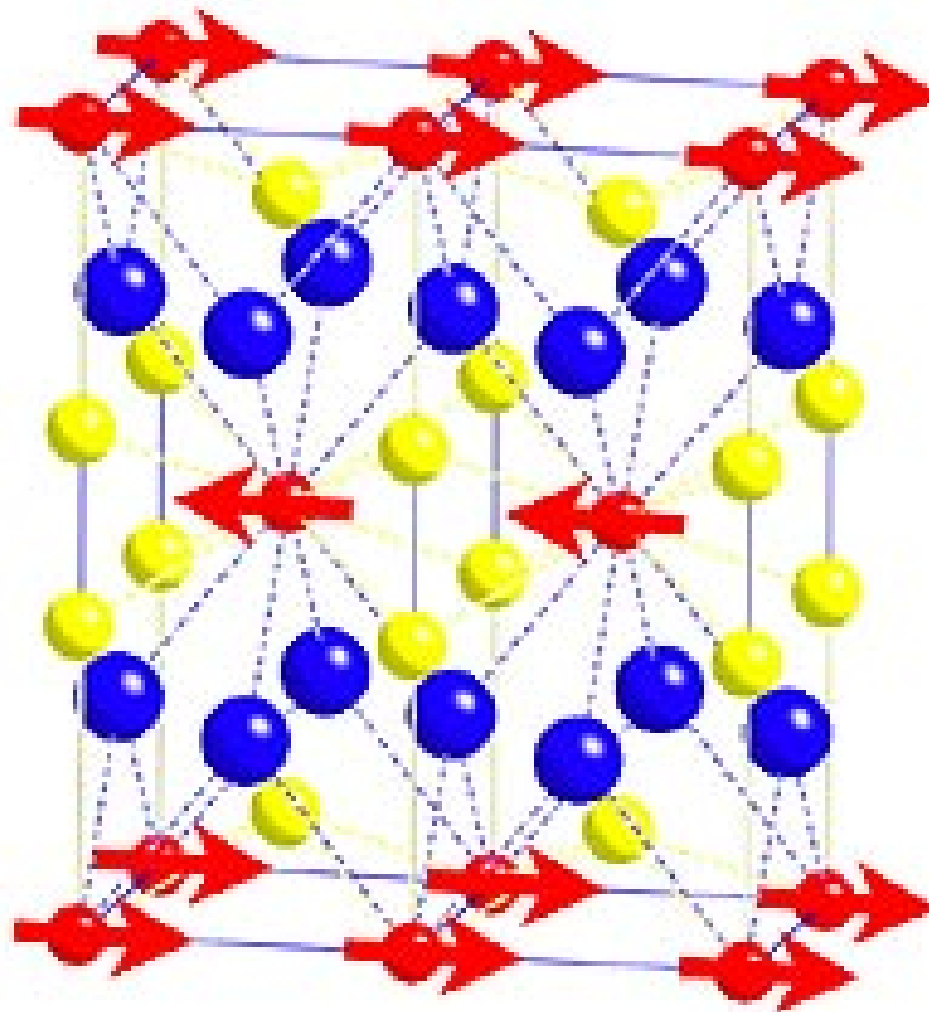
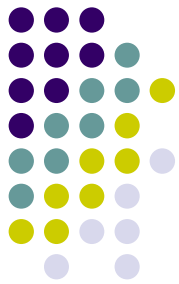
Flying Read/Write Head



* simplified schematics,
showing the function
of one molecule



SPINÜVEG



Pr



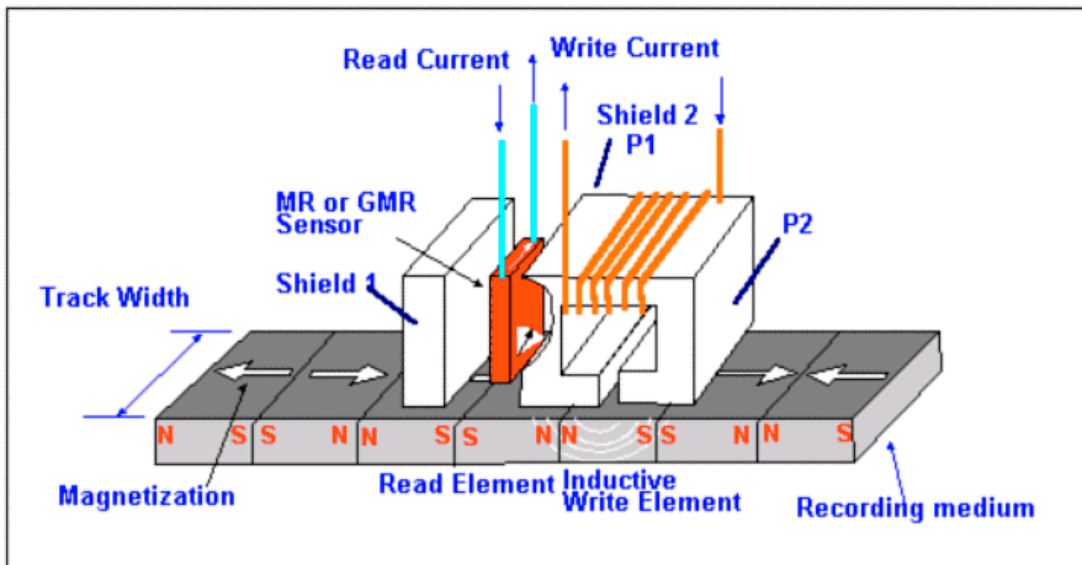
Au



Si



58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



ÓRIÁS MÁGNESES ANIZOTRÓPIA

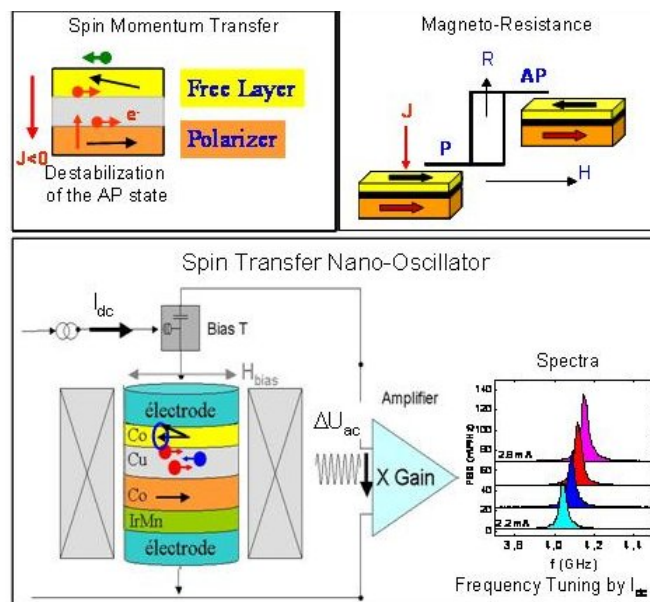
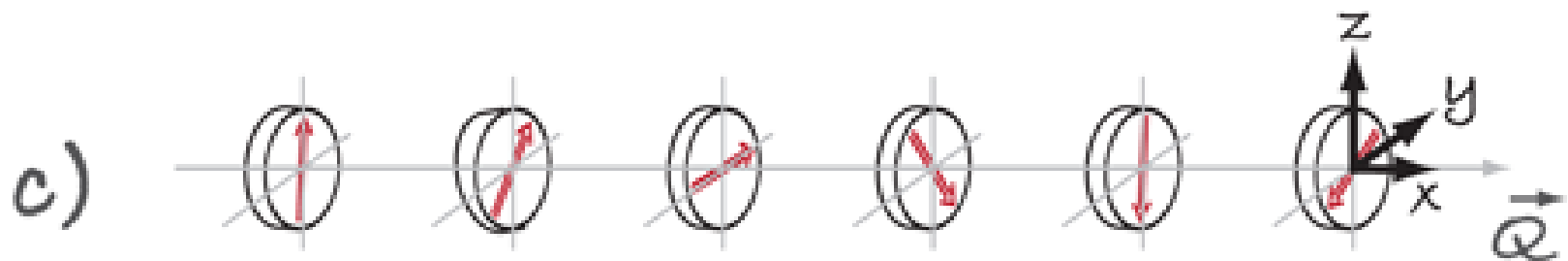
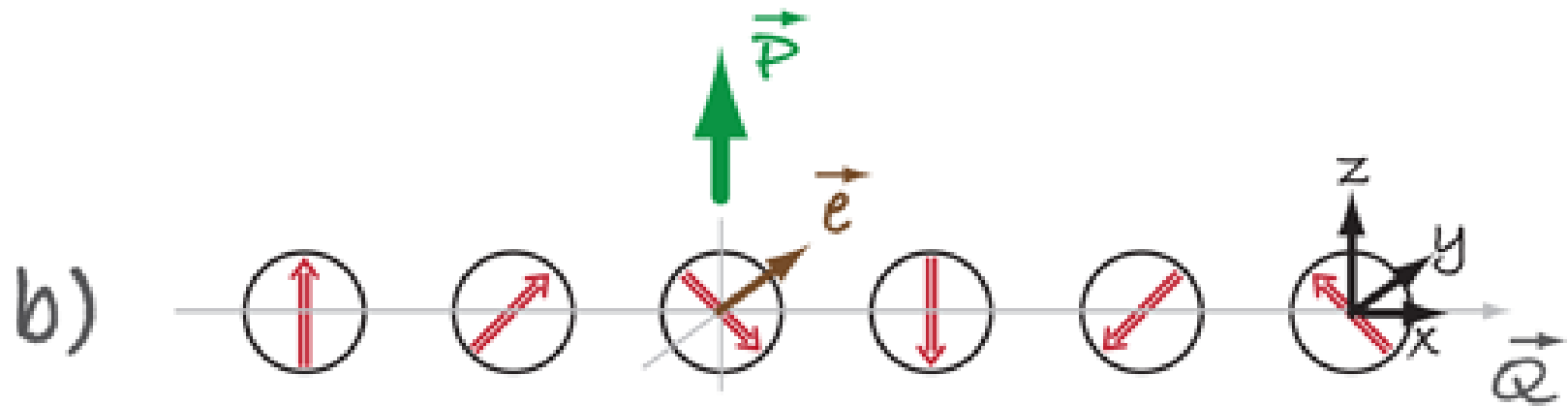
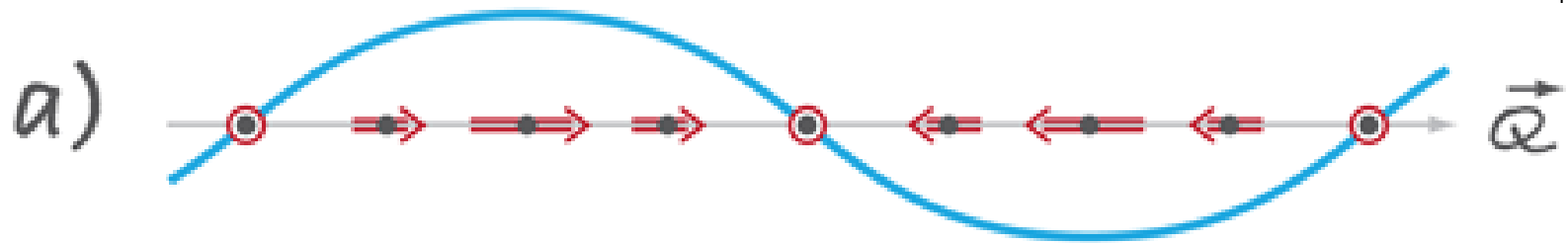
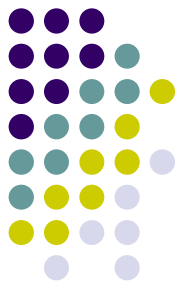


Fig. 1 : Top left : Illustration of the spin momentum transfer that results in a torque on the free layer magnetization. Top right: Illustration of the magneto-resistance change. Bottom: Illustration of a spin torque oscillator, whose output signal is amplified and visualized on a spectrum analyzer.

SPINHULLÁMOK

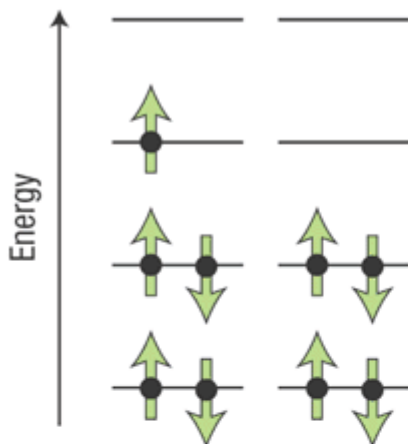




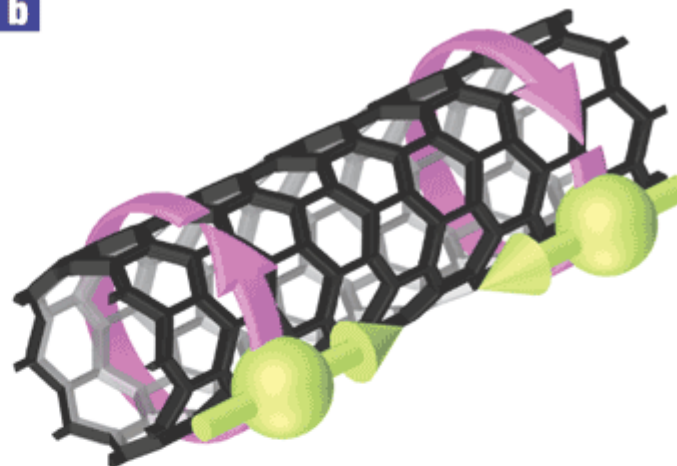
SZÉN NANOCSŐ ELEKTRONJAI



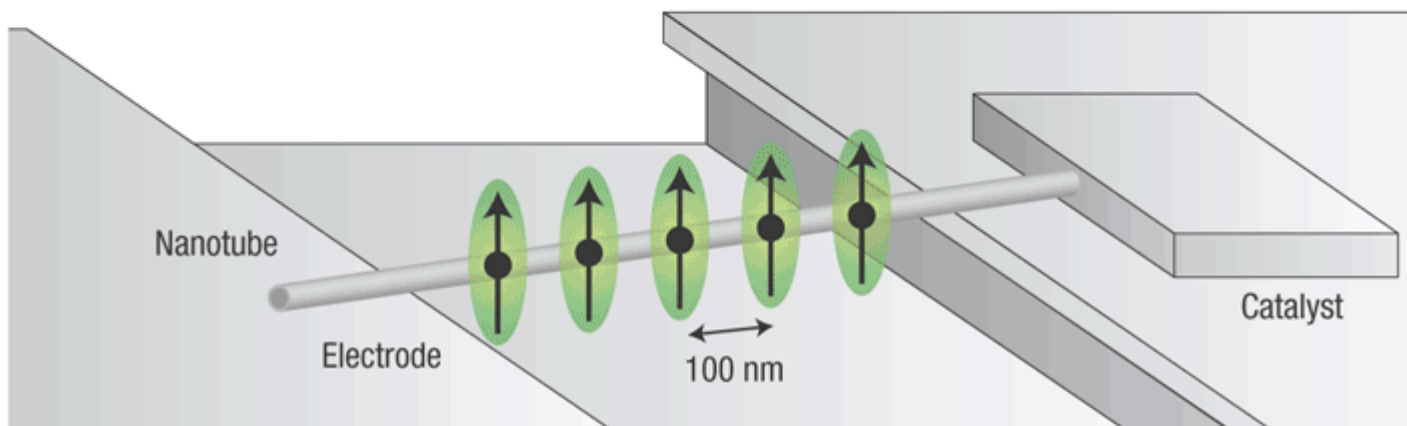
a



b

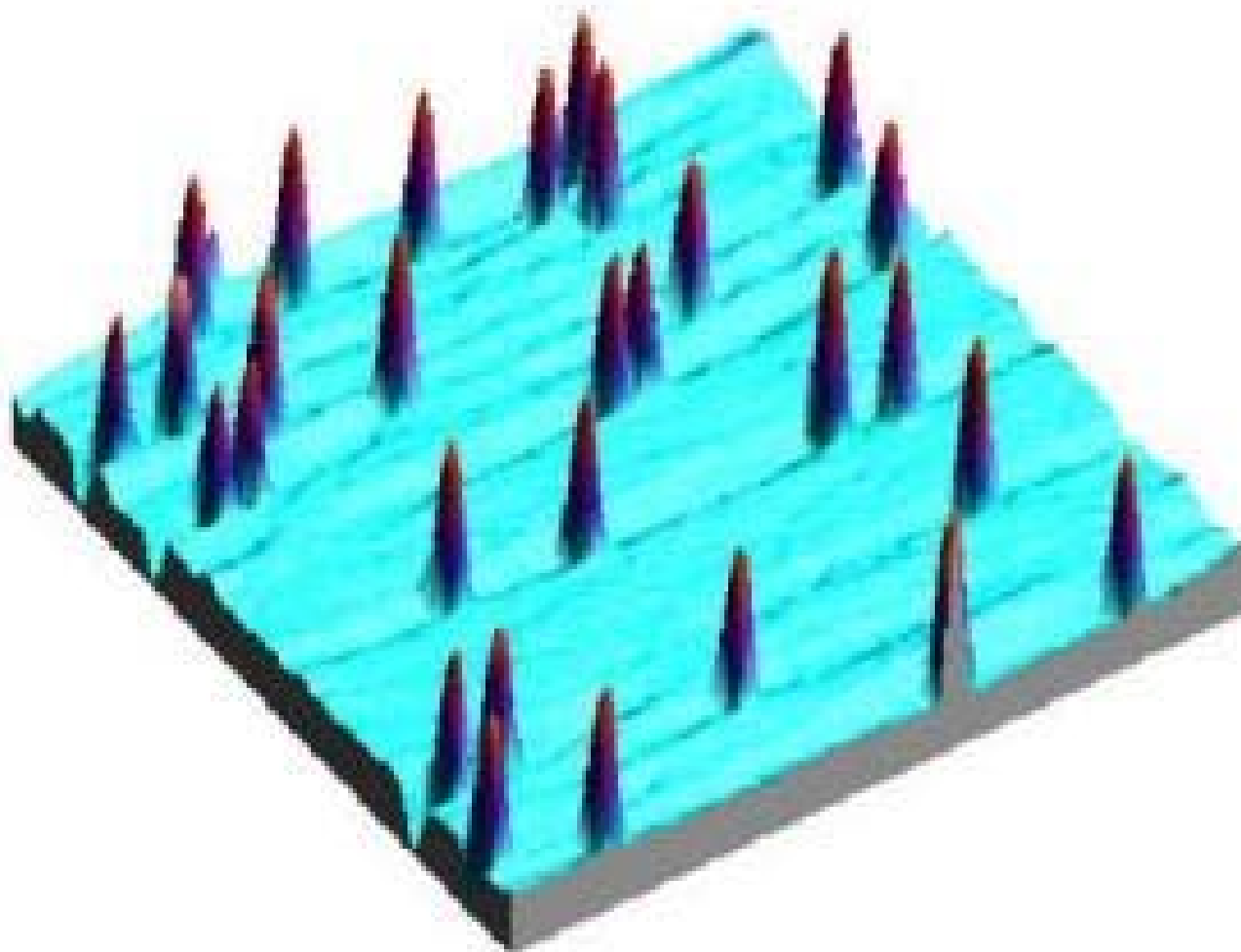


c





KVANTUMPÖTTYÖK ELEKTRONJAI

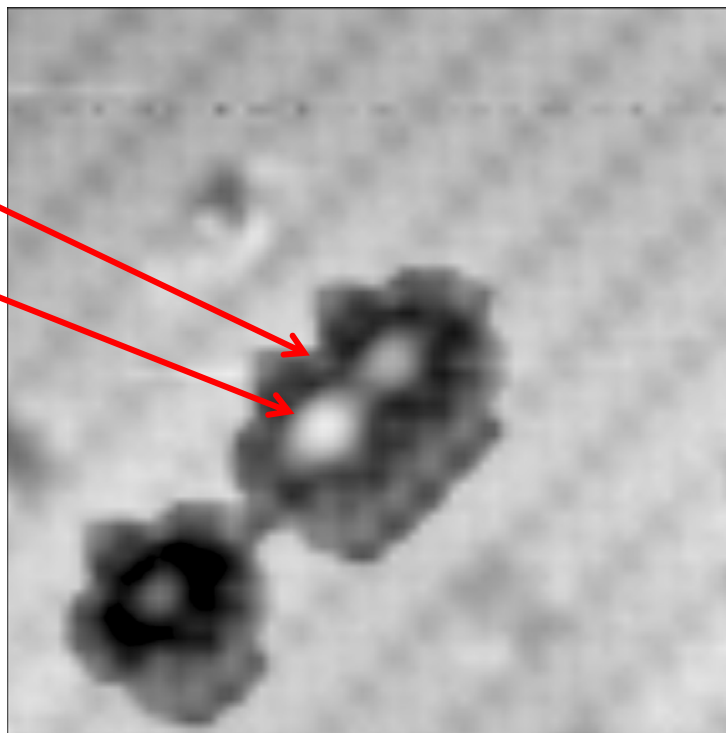




Hidrogénnel lefedett szilícium felület



← ~ 3 nm →



Szimmetria sértés
Egy DB ha egy
Riflexiók miatt
közeli DB-t
kreálunk

DB: „lengő” kötés

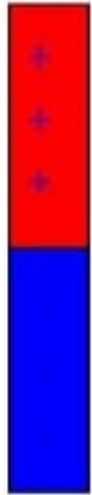
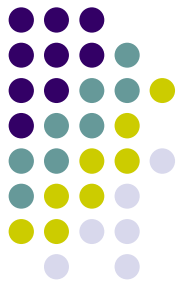
A 3. DB hatása:
elektrosztatikus
perturbáció - a
csatolt pár töltését
eltolja

Ez egyetlen elektron
állapot kontrollja

A Si DB-k atomi
kvantum pöttyök

A csoportosulás: egy
mesterséges
molekula

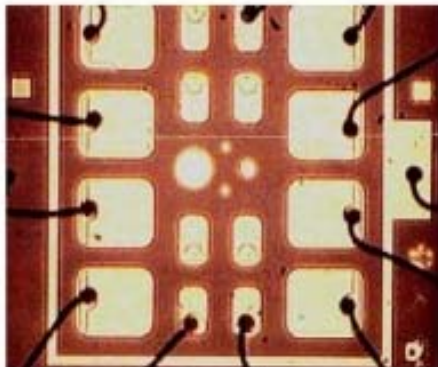
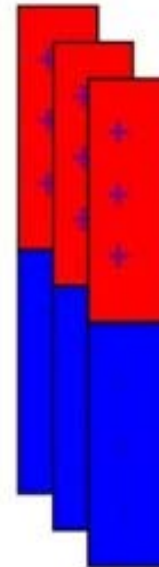
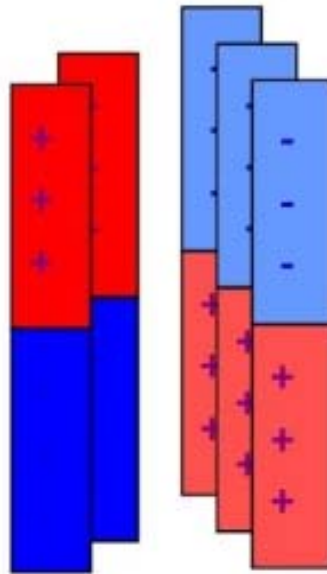
MAGSPIN; SZUB-NANOMÉTERES MÁGNES



Information can be encoded by aligning a spin of a single nucleus...

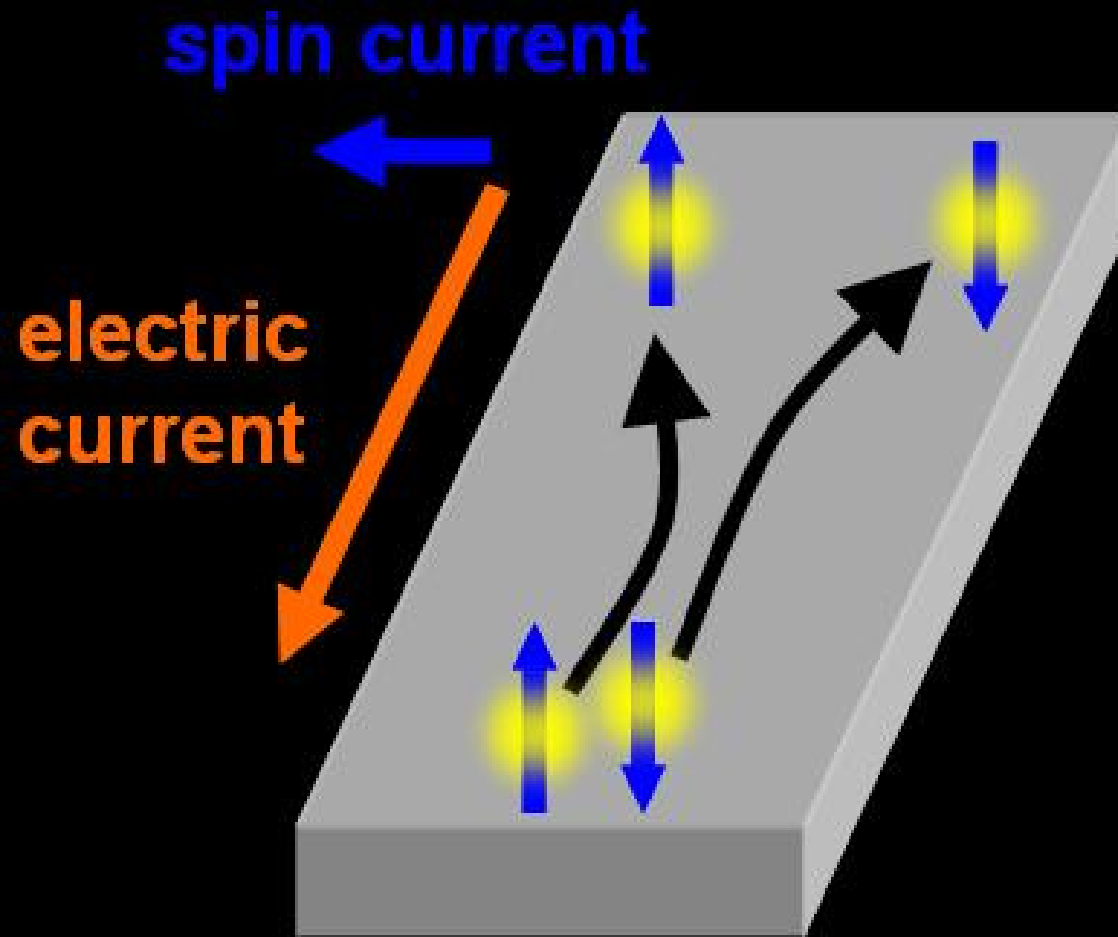
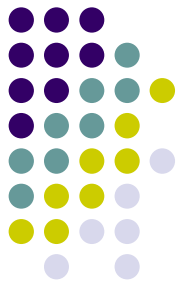
...or by addressing different nuclear species

...or an ensemble of nuclear spins



Challenge to do all this on a standard semiconductor chip (example left)

$H=0$, SPIN HALL-EFFEKTUS



A Stern-Gerlach kísérlet

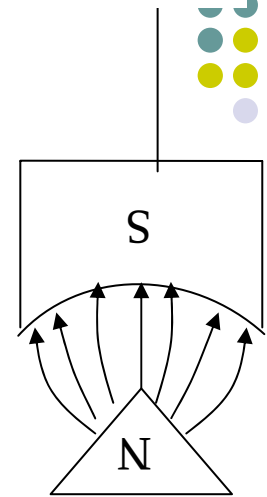
Inhomogén mágneses térben az atomokra erő hat, amely függ az m kvantumszámtól

$$\mathbf{F} = \nabla(\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B}) = -m\mu_B \frac{dB_z}{dz}$$

A mágneses potenciális energia mindkét irányban változhat

$$E = E_0 + m\mu_B B_z \quad -l \leq m \leq l$$

Ezért a különböző impulzusmomentumú állapotban lévő atomok eltérő erőket érzékelnek és eltávolodnak egymástól. Ha az atomnyaláb inhomogén B mágneses téren halad át, a különböző m értékeknek megfelelő nyalábokra bomlik.



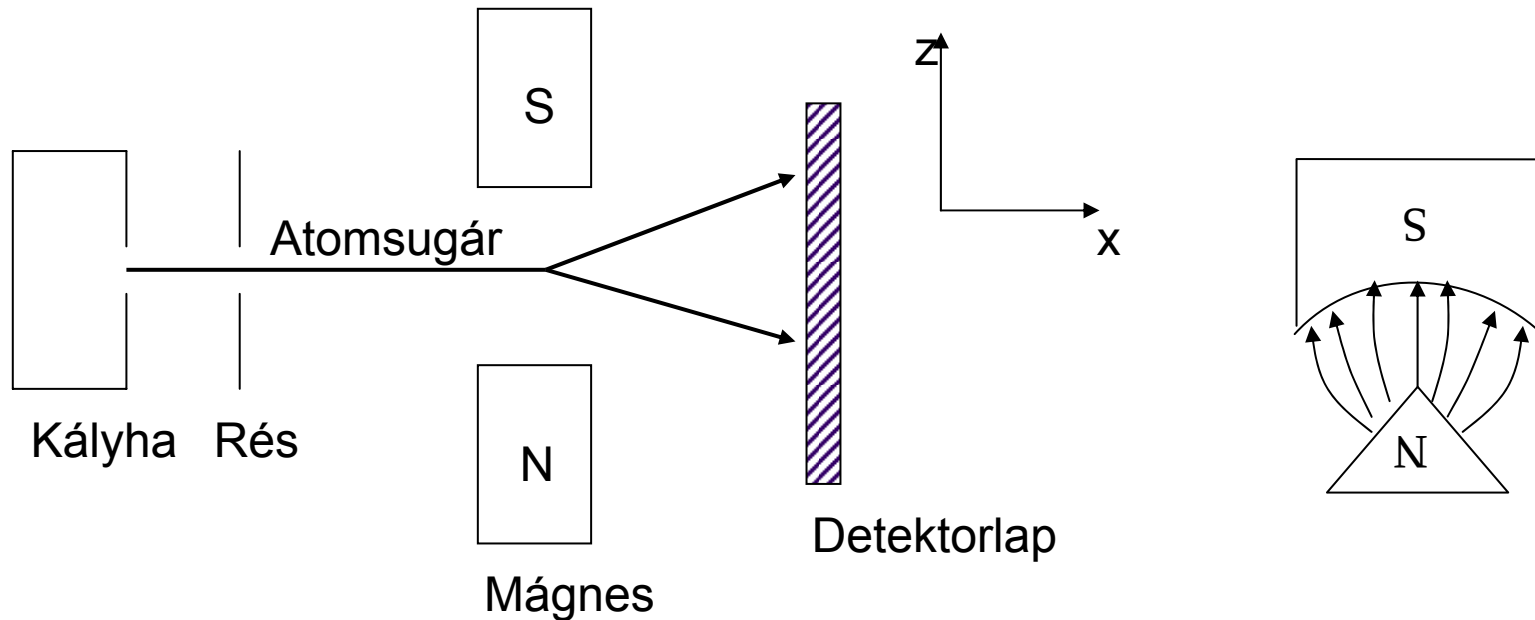
Várakozás:

1. A nyaláb páratlan számú $(2l+1)$ részre bomlik
2. Egy s állapotban lévő (pl. a hidrogén alapállapota, ahol $n=1$, $l=0$, $m=0$) atomsugár nem hasad fel.

A Stern-Gerlach kísérlet

Atomsugár, egyetlen elektronnal as s állapotban (pl. ezüst, hidrogén)

Eltérítés inhomogén mágneses térben. Az atomra ható erő: $\mathbf{F} = \nabla (\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{B})$



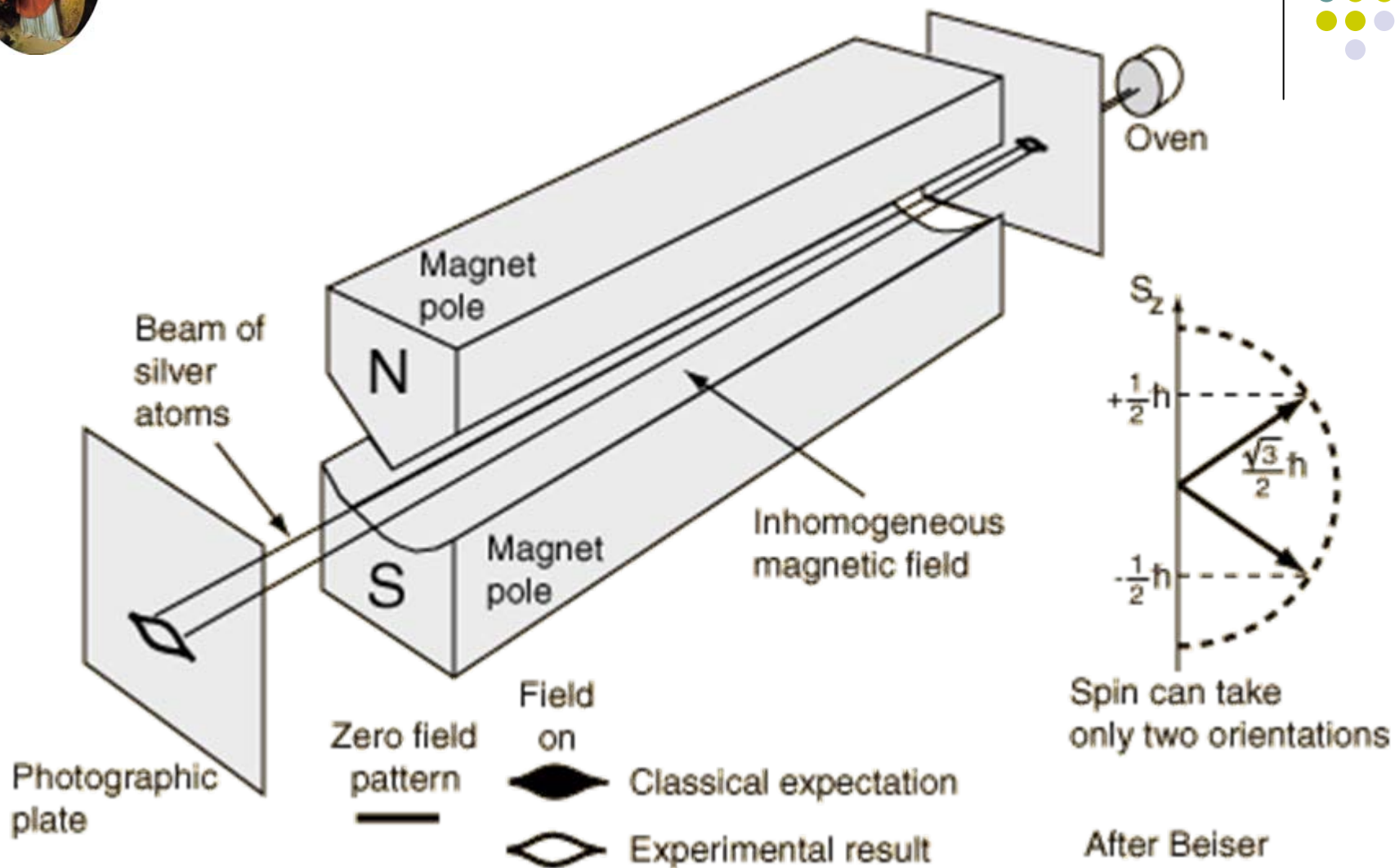
Eredmény két atomcsoport ellentétes irányba eltérítve.

$$\mu = \pm \mu_B$$

Ez az eredmény sem a klasszikus fizikával (amely μ folytonos eloszlását várná) sem a korábbi kvantum fizikával (amely mindig páratlan számú csoportot jósol és csak egy s állapothoz tartozót) nincs összhangban.



A Stern-Gerlach kísérlet



KÖSZÖNÖM MEGTISZTELŐ FIGYELMÜKET

