



M Ű E G Y E T E M 1 7 8 2

Modern fizika vegyészmérnököknek

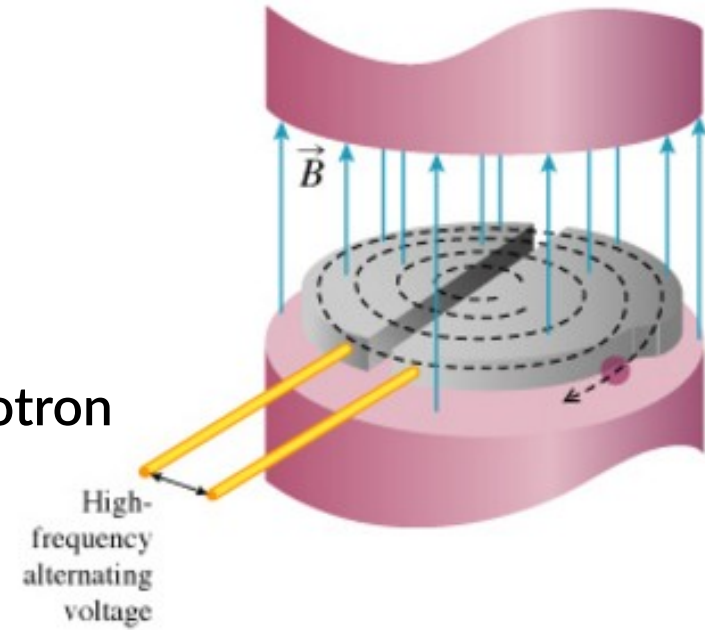
9. óra: Mágnesség

Emlékeztető: Mágneses tér, mágneses erővonalak

Definiálja a mozgó próbatöltés pályáját görbítő Lorentz-erő:

$$\vec{F}_L = q\vec{v} \times \vec{B}$$

Alkalmazás: ciklotron



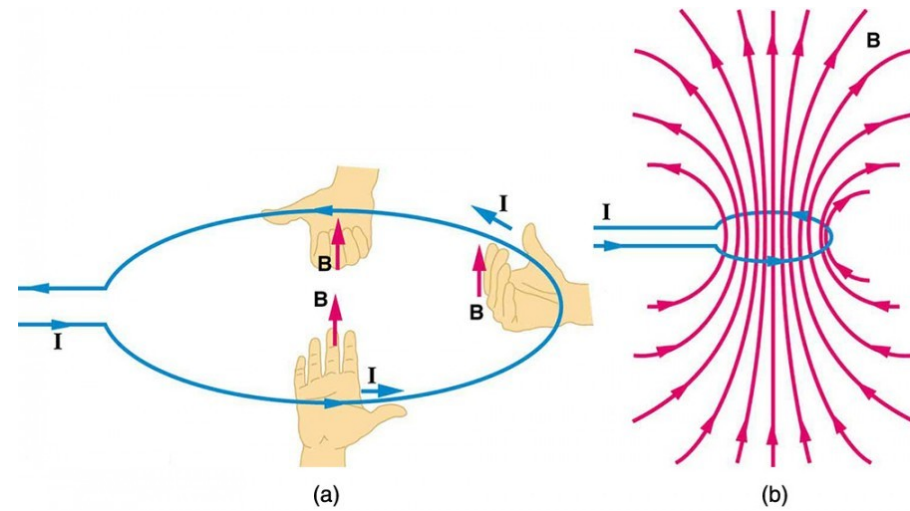
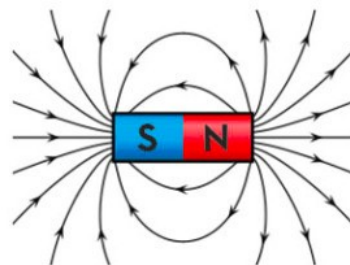
Ábrázolható erővonalakkal

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$$

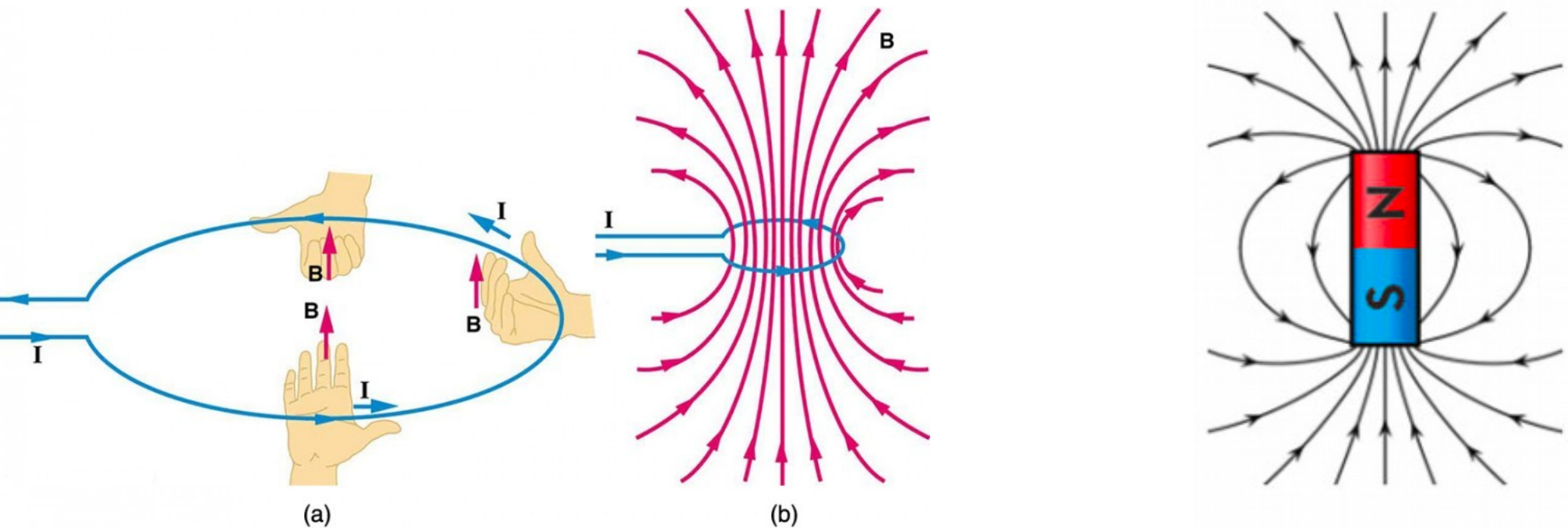
Kelthető áramjárta vezetőkkel

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} + \epsilon_0 \partial_t \vec{E} \quad (\text{Vagy indukcióval})$$

Hogy működnek a permanens mágnesek?

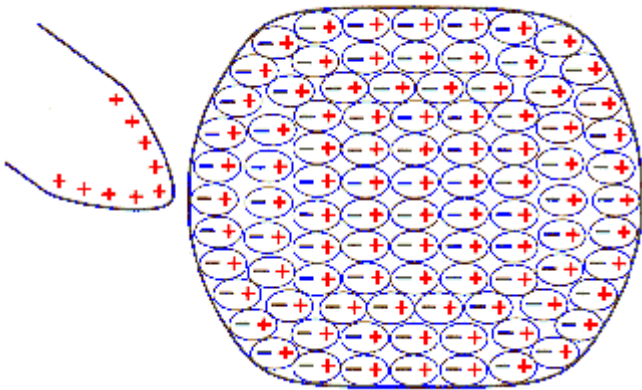


A permanens mágnesekkel mi van? Azokban kis köráramok folynak esetleg?



IGEN, de kvantumos effektusok nélkül nem működik a magyarázat.
Bohr – van Leeuwen -tétel: termikus egyensúlyban nincsenek olyan köráramok, amik mágneses teret okoznak (kivételet forgó csillagok)

Kezdjük azzal, hogy viselkednek nem- mágneselek mágneselek térben. Mint polarizálható anyagok elektromos térben?



Elektromos tér

→ dipólusok ($p = q \delta$) beforognak

→ polarizáció $P = N p$

→ Energianyereség $\Delta E = E P$

→ Erős térben nagyobb

→ Erős tér felé vonzódik

Nem-mágneseket vonzhatja, de taszíthatja is az erősebb mágneses tér (ellentétben elektromos polarizációval)

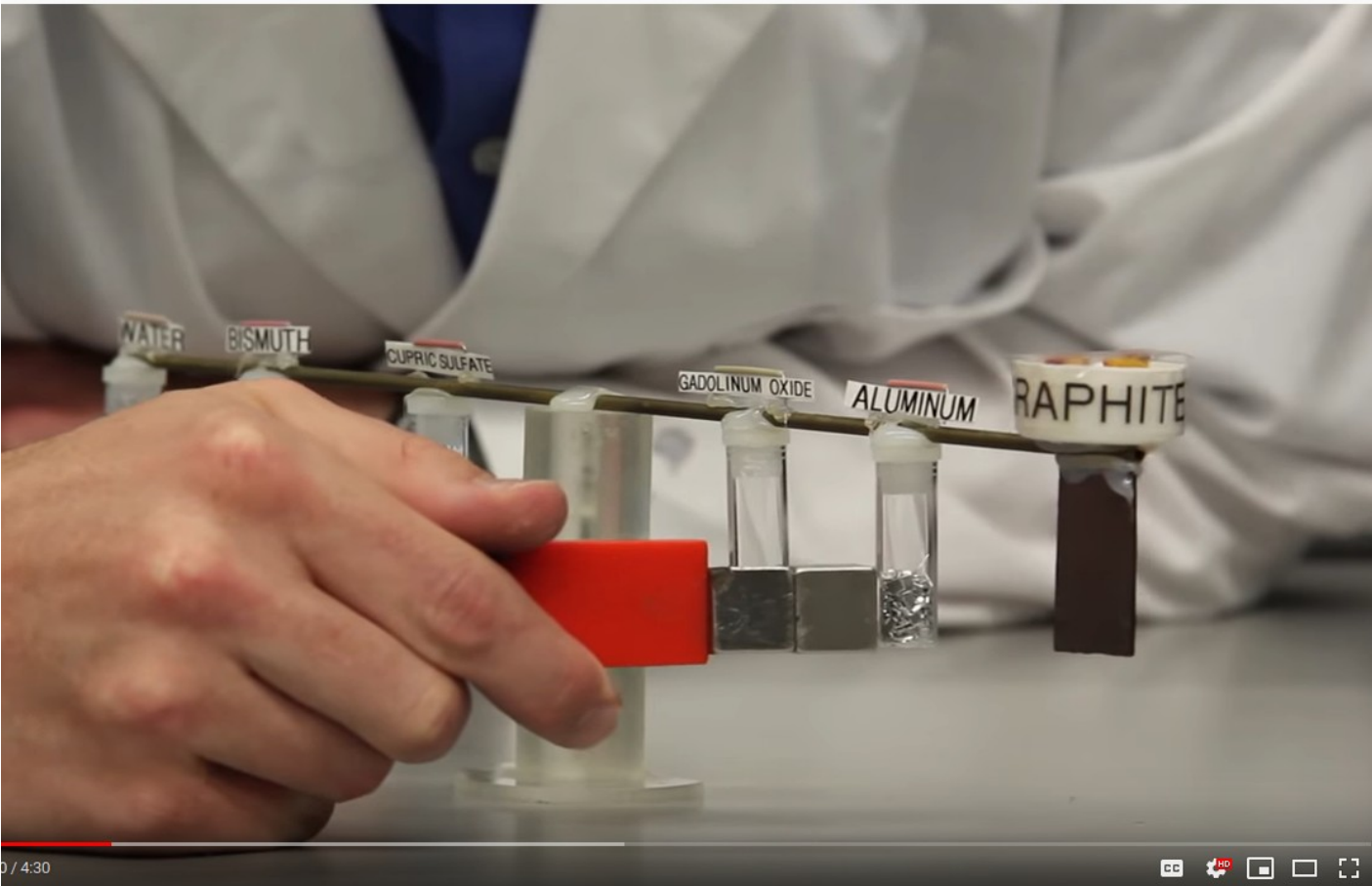


◀ **Paramagnetic**
materials are attracted
by a strong magnet.

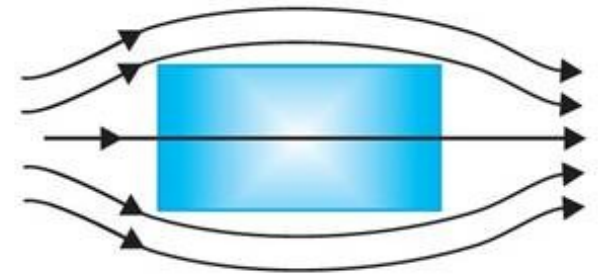
Diamagnetic ▶
materials are repelled
by a strong magnet.



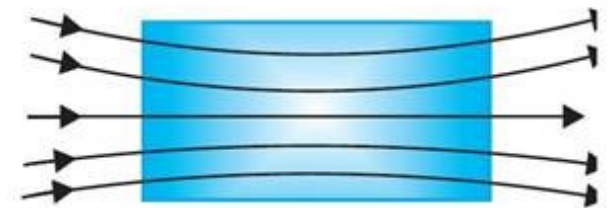
Diamágneseket taszítja a tér: ezekből kiszorul, paramágneseket vonzza, ezekbe bevonzódik



Diamágnés (dia=átellenes, pl. diaméter): ellenkezik a mágneses térrel → gyenge mágneses teret keres



Magnetic Field lines through Diamagnetic material



Magnetic Field lines through paramagnetic material

Paramágnés (para=közeli, pl. paraméter): egyezik a mágneses térrel → erős mágneses teret keres

<https://www.youtube.com/watch?v=u36QpPvEh2c>

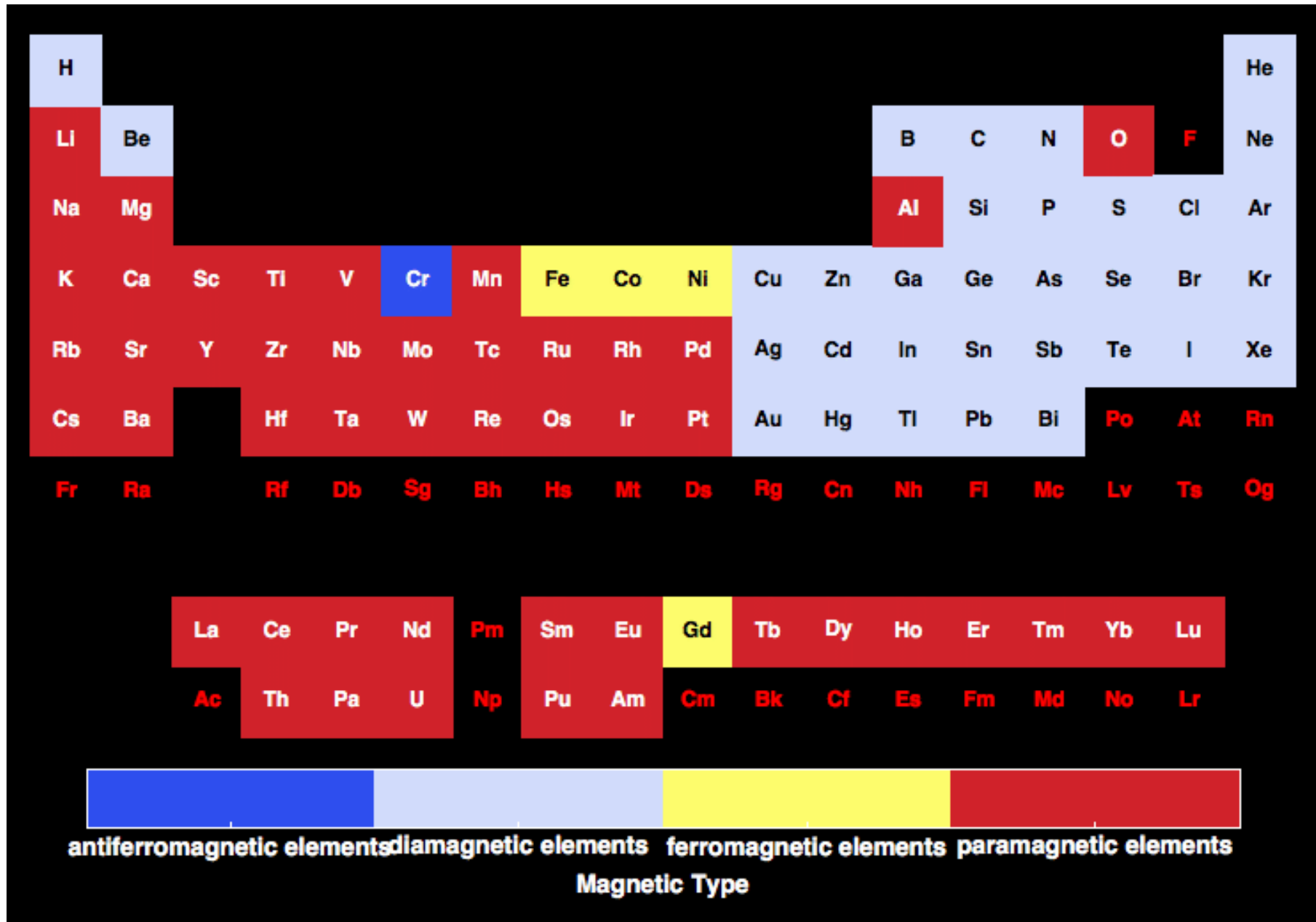
Legtöbb biológiai anyagban kevés szabad gyök → diamágneses – ezért a gravitáció “kioltható” erős mágnessel



Andre Geim (orosz-holland-brit):
1997, békát lebegtet 17T
→ 2000, IgNobel
2004, grafén mágneses térbe
→ 2010, Nobel

<https://www.youtube.com/watch?v=KIJsVqc0yWM>

Elemek lehetnek para- vagy diamágnesek is



Részletesebb megértés terve

- 1) Mik az elemi köráramok – mágneses momentumok?
Atomi elektronpályák mágneses momentuma
+ elektronok saját mágneses momentuma (spin)
- 2) Sokelektronos atomban ezek hogy adódnak össze?
Bonyolultan, Hund-szabályok
betöltött pályákon kioltják egymást → diamágnes
nem betöltött pályák → paramágnes
- 3) Paramágnes momentumait mennyire tudja szétzilálni hőmérséklet?
Curie-szuszeptibilitás, $1/T$ (Boltzmann-eloszlásból)
- 4) Mi a helyzet fémekkel?
Pauli-paramágnesség kb. Hőmérsékletfüggetlen
- 5) Ferromágnesek hogy jönnek létre?
Sávmélet helyett lokalizált f-pályákon elektronok között kicserélődési
khatás
+ Korrekció sávméletből

Félvezetők

Hogyan változik egy (tisztá, azaz intrinsic) félvezető vezetőképessége, ha emeljük a hőmérsékletet?

- A)** Nő, hőmérsékleti gerjesztés miatt
- B)** Csökken, atomtörzsek hőrezgése miatt
- C)** Nem változik (egyik hatás sem lényeges)
- D)** Nő vagy csökken, aszerint, hogy lyukak vagy elektronok adják a vezetést

Félvezetők

Hogyan változik egy dópolt félvezető vezetőképessége, ha nagyon hidegre hűtjük le?

- A)** Nő, mert kevésbé rezegnek az atomtörzsek
- B)** Csökken, mert kevesebb a termikus elektron-lyuk pár
- C)** Nem változik (egyik hatás sem lényeges)
- D)** Nő vagy csökken, aszerint, hogy n- vagy p-dópolt

Félvezetők

Egy dópolt félvezetőben milyen töltés alakul ki a tömbi részben?

- A) Pozitív
- B) Negatív
- C) Semmilyen (elektromosan semleges)
- D) Pozitív vagy negatív, aszerint, hogy n- vagy p-dópolt

Félvezetők

Egy p-n átmenet kiürített tartományában merre mutat az elektromos tér?

- A) p felé
- B) n felé
- C) nincs elektromos tér, hiszen a minta semleges
- D) p felé vagy n felé, a dópolások mértékétől függően

Félvezetők

Egy p-n átmenetre feszültséget kapcsolunk.
Merrefelé folyik könnyebben az áram?

- A) p felé
- B) n felé
- C) mindkét irányba nehezen folyik, a kiürített tartomány miatt
- D) p felé vagy n felé, a dópolások mértékétől függően

Mágnesség

Fagolyót (diamágneses) balról jobbra mutató homogén mágneses térbe helyezek. Merre térül el?

- A) balra
- B) jobbra
- C) semerre, mert nem ferromágnes
- D) semerre, mert a tér homogén

Mágnesség

Fagolyót (diamágneses) balról jobbra mutató inhomogén mágneses térbe helyezek, ami baloldalt gyengébb, jobboldalt erősebb. Merre térül el?

- A) balra
- B) jobbra
- C) semerre
- D) semerre, de elfordul