

Materiały magnetyczne

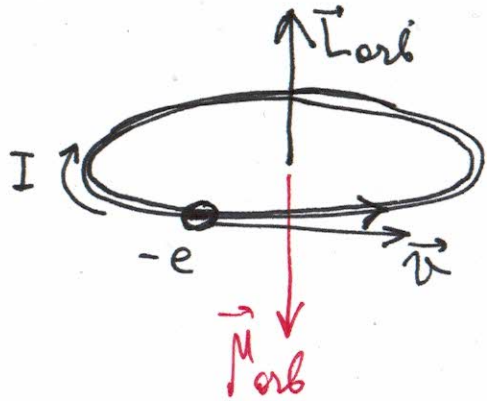
Elektron ma orbitalny moment magnetyczny i spinowy moment magnetyczny. Wszystkie momenty magnetyczne elektronów dodają się wektorowo.

Trzy główne rodzaje magnetyzmu:

- diamagnetyzm - słaby moment magnetyczny jest indukowany polem magnetycznym \vec{B}_{zewn}
- paramagnetyzm - każdy atom ma trwały moment magnetyczny, ale momenty różnych atomów są zorientowane przypadkowo - materiał jako całość nie wytwarza wypadkowego pola magnetycznego. Zewnętrzne pole \vec{B}_{zewn} częściowo prowadzi do uporządkowania momentów magnetycznych. Paramagnetyzm - w materiałach zawierających pierwiastki przejściowe i ziem rzadkich.
- ferrymagnetyzm - momenty magnetyczne elektronów są uporządkowane. Namagnesowanie istnieje bez pola \vec{B}_{zewn} .

Model klasyczny diamagnetyzmu

model petli z prądem



$$M_{orb} = IS = \frac{e}{2\pi r/v} \pi r^2 = \frac{evr}{2}$$

$$L_{orb} = mvr$$

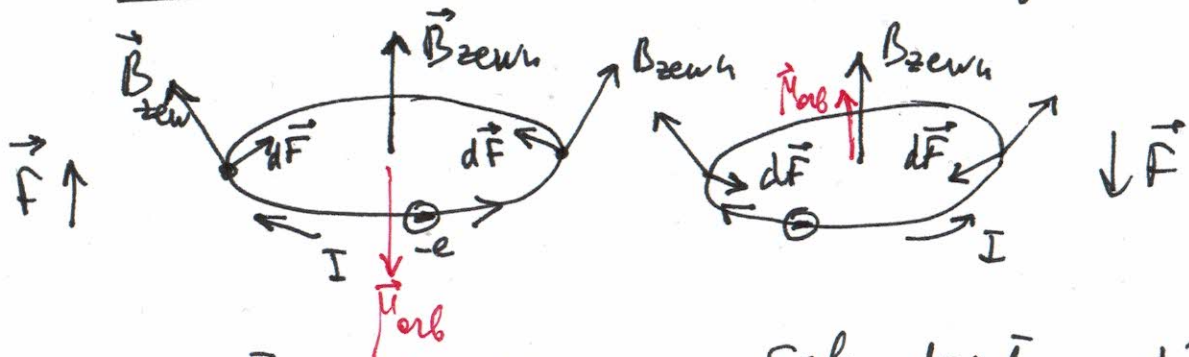
$$\Rightarrow \vec{M}_{orb} = -\frac{e}{2m} \vec{L}_{orb}$$

w postaci wektorowej

$$\vec{L} = m(\vec{r} \times \vec{v})$$

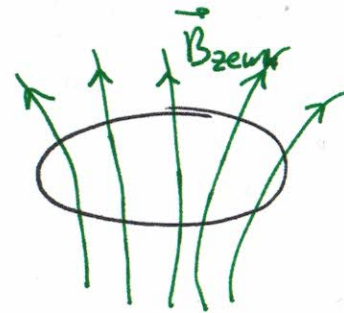
- wzór jest poprawny dla pary elektronu w atomie chociaż to wynik klasyczny

Model petli w polu niejednorodnym



Siła działa ~~do góry~~
do góry

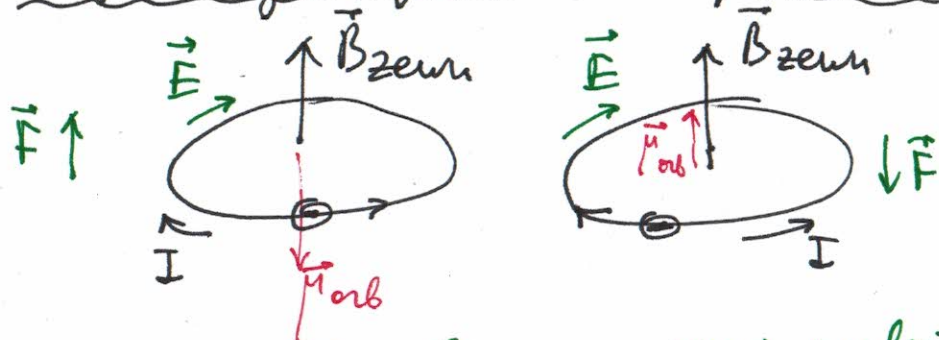
Siła działa w dół



Diamagnetyzm

Zakładamy, że atom nie ma wypadkowego momentu magnetycznego przy $\vec{B}_{zewn} = 0$
 \Rightarrow tyle samo elektronów krążyło w każdym kierunku przy $\vec{B}_{zewn} = 0$

Włączamy niejednorodne pole magnetyczne:



- pole rośnie z czasem

\vec{E} - indukowane pole elektryczne

prąd I rośnie

M_{orb} rośnie

sila \vec{F} rośnie

prąd maleje

M_{orb} maleje

sila \vec{F} maleje

\Rightarrow całkowity moment orbitalny skierowany przeciw \vec{B}_{zewn}

\Rightarrow siła \vec{F} (całkowita) skierowana do góry

W diamagnetyku umieszczonym w pole \vec{B}_{zewn} powstaje moment \vec{M}_{orb} skierowany przeciwnie do \vec{B}_{zewn} .

Jeżeli pole \vec{B}_{zewn} jest niejednorodne, to materiał diamagnetyczny jest wypychany z obszaru silniejszego pola magnetycznego do obszaru słabszego pola.

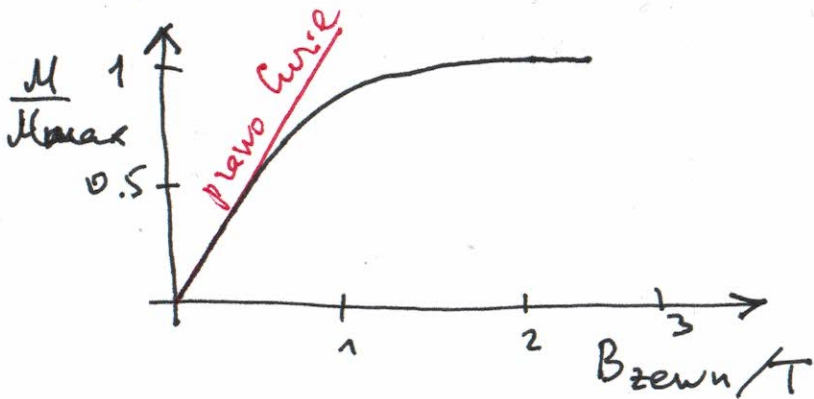
\Rightarrow levitacja żaby w polu magnetycznym

Paramagnetyzm

W materiale paramagnetycznym w polu \vec{B}_{zewn} powstaje moment magnetyczny skierowany zgodnie z \vec{B}_{zewn} .

Jeżeli pole jest niejednorodne, to materiał paramagnetyczny jest przyciągany do obszaru silniejszego pola magnetycznego

Namagnesowanie próbki: \vec{M} (moment magnetyczny na jednostkę objętości)



$$M = C \frac{B_{zewn}}{T} \quad \text{— prawo Curie}$$

C - stała Curie

Kryzys namagnesowania

Ferromagnetyzm

Jeżeli $T < T_c$ momenty magnetyczne są uporządkowane.

T_c - temperatura Curie. Powstaje silny moment magnetyczny - wewnętrzny.

Jeżeli zewnętrzne pole niejednorodne, ferromagnetyk jest przyciągany do obszaru silniejszego pola.