

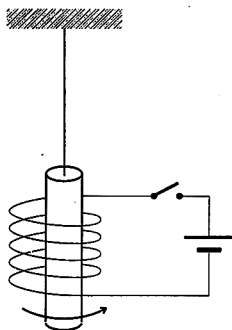
Einsteinův-de Haasův jev

Václav Havel, Pedagogická fakulta ZČU, Plzeň

Einsteinův-de Haasův jev patří mezi magnetomechanické jevy. Při podélném magnetování feromagnetického válečku (obr. 1), který je zavěšen na tenkém vlákně, dojde k jeho pootočení. Příčinou jevu je vazba mezi magnetickým momentem iontu a jeho momentem hybnosti a kromě toho existence interakce mezi soustavou těchto magnetických momentů a krystalovou mřížkou. Souvislost mezi magnetickým momentem i -tého iontu $\vec{\mu}_i$ a jeho momentem hybnosti \vec{L}_i je dána vztahem

$$\vec{\mu}_i = \gamma \cdot \vec{L}_i, \quad (1)$$

kde γ je tzv. gyromagnetický faktor, který je pro orbitální pohyb elektronu roven $\frac{e}{2 \cdot m}$ (e je náboj elektronu a m jeho hmotnost), pro spin je tento faktor dvojnásobný.



Obr. 1

Sečteme-li magnetické momenty a momenty hybnosti iontů v celém vzorku, obdržíme ze vztahu (1)

$$\vec{\mu} = \gamma \cdot \vec{L}. \quad (2)$$

Zde $\vec{\mu}, \vec{L}$ představují magnetický moment a moment hybnosti celé soustavy magnetických iontů. Zapneme-li proud v magnetizační cívice (obr. 1), vytvoří se magnetické pole, které působí na jednotlivé magnetické momenty. Pokud by tyto momenty nemohly předávat energii, vykonávaly by pouze precesní pohyb kolem vektoru magnetické indukce vnějšího pole obr. 2. V důsledku interakce mezi soustavou magnetických iontů a krystalickou mřížkou dochází k předávání energie a magnetické momenty iontů se stáčíjí do směru pole obr. 3. To s sebou nese změnu složky momentu hybnosti těchto iontů do směru vnějšího pole. Na počátku pokusu (když bylo pole nulové) byl vzorek v klidu a jeho výsledný moment hybnosti nulový. Tento moment hybnosti je ovšem složen z momentu hybnosti soustavy magnetických iontů a momentu hybnosti mřížky. Protože vzorek můžeme považovat za mechanicky izolovaný, platí pro něj zákon zachování momentu hybnosti, což znamená, že úhrnná změna momentu hybnosti je nulová.

* havelv@kof.zcu.cz

Odtud pro změnu momentu hybnosti mřížky plyne

$$\Delta \vec{L}_{mř} = -\frac{\Delta \vec{\mu}}{\gamma} \quad (3)$$

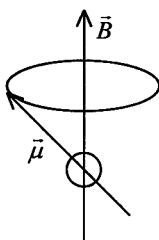
Tato změna momentu hybnosti se projeví jako roztočení vzorku úhlovou rychlostí ω . Označíme-li J moment setrvačnosti válečku vzhledem k rotační ose, bude platit

$$J \cdot \omega = -\frac{\Delta \vec{\mu}}{\gamma} \quad (4)$$

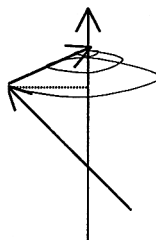
Volné rotaci však brání závěs. Ten se natočí o úhel $\Delta \alpha$, pro který platí

$$\vec{D} \cdot \Delta \alpha = -\frac{\Delta \vec{\mu}}{\gamma \cdot \Delta t} \quad (5)$$

Zde \vec{D} představuje směrní moment závěsu, Δt je doba, za kterou se magnetický moment natočí do směru pole.



Obr. 2



Obr. 3

Vlastní provedení pokusu je značně náročné. Poprvé se o tomto magnetomechanickém jevu zmiňuje Richardson [1] v roce 1907. Teprve v roce 1914 se podařilo Einsteinovi a de Haasovi experimentálně jev prokázat. Přitom se ukázalo, že naměřený gyromagnetický faktor byl proti očekávání elektronové teorie dvojnásobný. Dnes víme, že příčinou je skutečnost, že feromagnetismus látek je vytvářen spinovými magnetickými momenty. Inverzním jevem, při němž se feromagnetická tyčinka zmagnetuje rychlou rotací, je Barnettův jev.

Einsteinův-de Haasův jev spočívá v tom, že při podélném magnetování válcově symetrického feromagnetického vzorku dochází ke změně momentu hybnosti, což se projeví natočením vzorku, je-li zavěšen na torzním vlákně.

Literatura

- [1] Bozorth R.: *Ferromagnetism*. Van Nostrand Co., Toronto 1951.
- [2] Einstein A., de Haas W. J.: *Experimenteller Nachweis der Amperschen Molekularströme*. Verhandl. Dtsch. Phys. Ges. 17 (1915), 152.
- [3] Einstein A., de Haas W. J.: *Notizen zu unserer Arbeit „Experimenteller Nachweis der Amperschen Molekularströme“*. Verhandl. Dtsch. Phys. Ges. 17 (1915), 420.