## ***Magnetický moment jádra

Další vlastností atomového jádra je jeho magnetický moment. Jedná se o veličinu, která úzce souvisí se spinem jádra. Spin může být totiž přiřazen nejen částicím (foton, elektron, proton, ...), ale též souboru částic, tj. jádru, ale i atomu jako celku.

Analogicky je možné hovořit např. o energetických hladinách jádra či atomu tak, jako o energetických hladinách elektronů.

Magnetický moment jádra popisuje, jaké má jádro magnetické vlastnosti a jak jádro reaguje na přítomnost vnějšího magnetického pole.

Jádro se tak v podstatě chová jako miniaturní magnet se severním a jižním magnetickým pólem.

Pro konkrétní základní představu magnetického momentu uvažujme jen elektron. K jeho magnetickému momentu lze názorně dospět tímto způsobem: Budeme uvažovat nejjednodušší atom - atom vodíku, který je v klidu. V elektrostatickém poli kladně nabitého jádra se bude záporně nabitý elektron pohybovat po uzavřených trajektoriích (orbitách). Elektron je elektricky nabitý, a proto vytvoří při uvažovaném pohybu po uzavřené trajektorii proudovou smyčku, která je ekvivalentní magnetickému dipólu. Tak vznikne magnetické pole, které je sice velmi slabé, ale přesto bude na elektron působit. Tímto způsobem lze dojít intuitivně k magnetickému momentu elektronu.

U ostatních objektů (protony, jádra, atomy, ...) je pak základní myšlenka výkladu magnetického momentu podobná.

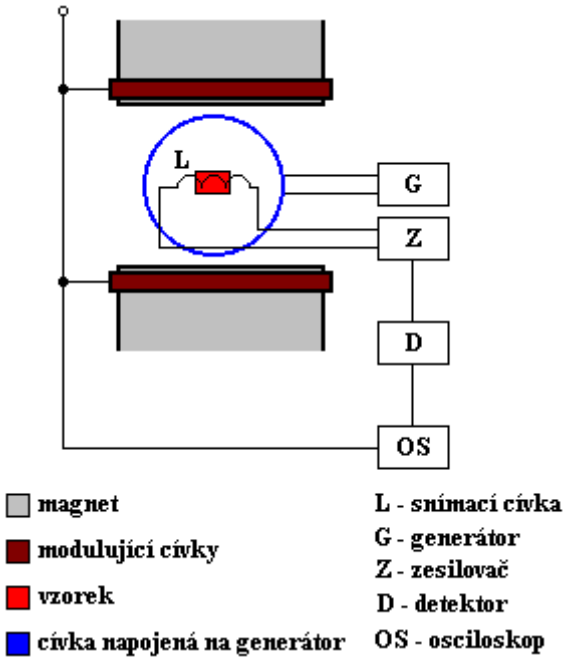
Veličina se jmenuje magnetický MOMENT. Srovnáme-li tento pojem s mechanikou, nutně musíme dojít k závěru, že tato veličina bude popisovat „nějaký rotující objekt“. Vzhledem k tomu, že existuje veličina spin, která také v základním přiblížení souvisí s rotací „nějakého objektu“, můžeme dospět k závěru, že i magnetický moment elektronu (jádra, atomu, ...) souvisí se spinem elektronu (jádra, atomu, ...).

Jednotlivé atomy (resp. jádra) se liší velikostí svého magnetického momentu. Proto je důležité umět magnetické momenty měřit. Jednou z nejužívanějších metod je tzv. **jaderná magnetická rezonance** (JMR) resp. nukleární magnetická rezonance (NMR).

Princip měření magnetických momentů jader pomocí metody jaderné magnetické rezonance je zobrazen na obr. 114. Vzorek, u jehož atomů chceme určit magnetický moment, se nalézá v homogenním magnetickém poli, jehož velikost magnetické indukce se volí v intervalu $\langle 0{,}1;\ 1 \rangle \ \mathrm{T}$. Velikost této magnetické indukce se může ještě nízkofrekvenčně (tj. s frekvencí 50 Hz) v malém rozmezí modulovat pomocí modulujících cívek. Vzorek se nachází ve vysokofrekvenčním magnetickém poli buzeném cívkou, která je napájena generátorem. Není-li splněna tzv. rezonanční podmínka, která požaduje jistou přesně definovanou hodnotu velikosti magnetické indukce, jsou energetické hladiny vzorku s menší energií obsazeny větším počtem jader než hladiny s vyšší energií.

Vzorek se tak nachází ve stabilním stavu charakterizovaném minimem energie. Při obsazování nejnižších energetických hladin musí být pochopitelně splněn Pauliho vylučovací princip.

Dosáhne-li magnetická indukce (vysokofrekvenčního magnetického pole buzeného generátorem) rezonanční hodnoty své velikosti, přechody jader z nižších energetických hladin na vyšší budou častější než přechody v opačném směru. Celková energie jádra se tak tedy zvýší a poklesne napětí na nízkofrekvenční (snímací) cívce. Pokud by tento stav trval dlouhou dobu, došlo by k vyrovnání obsazení jednotlivých energetických hladin a k dalším přechodům by nedocházelo. Přechodu do nového rovnovážného stavu brání nízkofrekvenční modulace magnetického pole, která působí tak, že rezonanční podmínka je splněna jen po krátkou dobu.




Obr. 114

Poté se systém vrací do základního stavu a prodělává tzv. relaxační proces.

Návrat do základního stavu probíhá např. vzájemnými nepružnými srážkami atomů či molekul kapaliny, interakcemi s krystalickou mřížkou v pevné látce, ...

Snímaná hodnota vysokofrekvenčního napětí na vzorku se vede přes zesilovač a detektor (kde se usměrňuje) k osciloskopu. Ten zobrazuje graf přivedeného napětí na velikosti magnetické indukce. Odtud je možné určit velikost magnetické indukce, při níž došlo k rezonanci a na základě této hodnoty pak určit magnetický moment jádra.

Metody založené na NMR se často používají i v jiných oborech než je fyzika atomového jádra - např. NMR v medicíně.

---

**© Encyklopedie Fyziky (http://fyzika.jreichl.com); Jaroslav Reichl, Martin Všetička**
Licence http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/ zakazuje úpravy a komerční distribuci.