

**Oddělení radiofrekvenční spektroskopie** se zabývá studiem atomové, elektronové a magnetické struktury a dynamiky molekul, krystalických i amorfních látek. Používá k tomu především fyzikální jev **jaderné magnetické rezonance (NMR)**.

**Spektroskopie NMR** je poměrně univerzální neradioaktivní metoda využívající magneticky aktivní atomová jádra vhodných izotopů jako lokální sondy v měřené látce. Podmínkou je, aby sledovaná atomová jádra měla nenulový vlastní moment hybnosti (jaderný spin), s nímž souvisí nenulový magnetický dipolární moment. Jedná se o neradioaktivní izotopy, např.  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{57}\text{Fe}$ ,  $^{55}\text{Mn}$  a mnoho dalších; volba pro experiment je dána tím, které prvky měřená látka obsahuje.

**Spektra NMR** jsou citlivá především na lokální uspořádání atomů a elektronovou strukturu v okolí rezonujících jader a umožňují tak získat informace na atomární úrovni. Dosahované výsledky mají jednak praktický charakter, jednak umožňují pochopit hlubší souvislosti mezi vnitřní stavbou studovaných látek a jejich makroskopickými vlastnostmi. Vedle strukturních informací je možno získat také informace o dynamickém chování, např. o vnitřních pohybech částí molekul nebo o difuzi atomů a molekul v prostředí.

V souběžném teoretickém výzkumu jsou prováděny **teoretické výpočty elektronové struktury** sledovaných látek až s přesností umožňující porovnání teoretických výsledků se spektrálními parametry stanovenými z experimentů NMR.

Vybavení laboratoří umožňuje vedle spektroskopie NMR také **mikrozobrazování** vnitřku objektů pomocí magnetické rezonance (**MRI**), tj. technikou analogickou tomu, na jakých principech probíhá klinické vyšetřování pacientů „magnetickou rezonancí“ v tomografech MRI (strukturní zobrazování vnitřní stavby bez fyzického narušení celku).

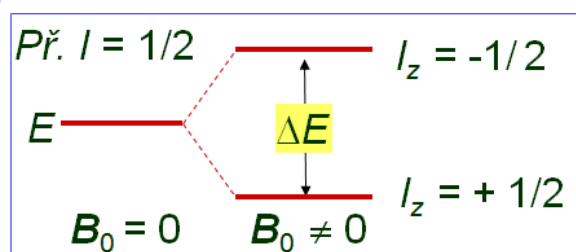
## Podstata jevu jaderné magnetické rezonance (NMR):

Hladina energie magneticky aktivního jádra (tj. majícího nenulový magnetický dipolární moment) je ve statickém magnetickém poli rozštěpena na Zeemanův multiplet. Velikost štěpení je úměrná lokálnímu statickému poli přítomnému na jádře a lze ji zjistit sledováním odezvy na působení střídavého (radiofrekvenčního) magnetického pole.

**Rezonance** nastává, jestliže frekvence tohoto pole odpovídá rozdílu energií mezi hladinami multipletu energií. Rezonanční frekvence, které ve spektru NMR vidíme, tak dávají informace o velikosti lokálních magnetických polí přítomných na atomových jádrech. Ale nejen to ...

- **Atomové jádro**  
gyromagnetická částice  
 $\mu = \gamma \hbar I$   
spinové kvantové číslo  $I$  ...  
malé celočíselné násobky  $\frac{1}{2}$
- **Statické magnetické pole**  
 $B_0 \parallel z$  : energie závisí na orientaci  $\mu$ , tj. na  $I_z$
- **Kvantování  $I_z$**  :  
Zeemanův multiplet
- **Rezonanční přechody**  
indukujeme střídavým (radiofrekvenčním) magnetickým polem

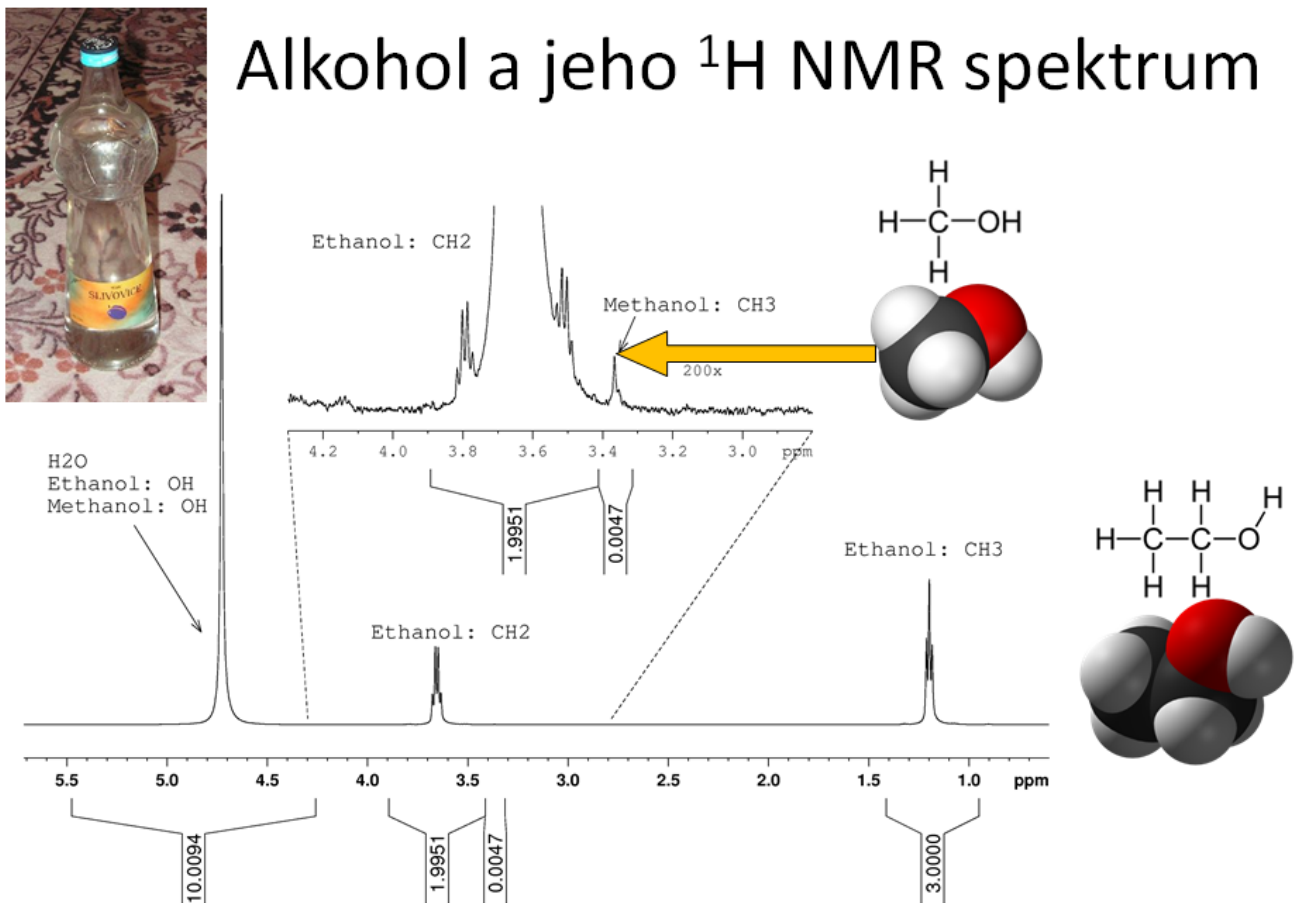
$$E = -\mu \cdot B_0 = -\gamma \hbar I_z B_0$$



$$\Delta E = \gamma \hbar B_0$$

$$\omega_0 = \gamma B_0$$

**Rezonanční (Larmorova) frekvence**



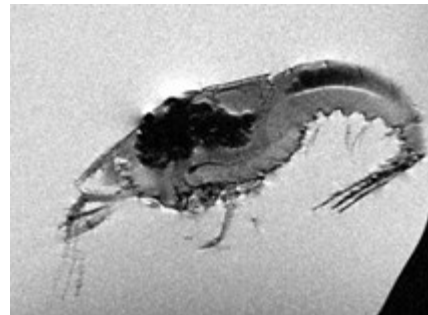
### Princip zobrazovacích metod MRI:

Je třeba zajistit závislost rezonanční frekvence (případně i dalších spektroskopických parametrů) na pozici atomu s rezonujícím jádrem v objektu. Podstatou je použití nehomogenního magnetického pole, jehož závislost na prostorových souřadnicích volíme.

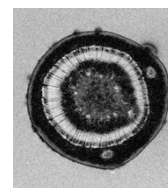
Ukázky MRI řezů objektem (mikroimaging):



Ulita vodního plže



Rak mramorovaný (několikadenní)



Jednoletá větvíčka hrušně - příčně



### Nabídka pro studenty

Nabízíme **různorodá témata** pro projekty, bakalářské, diplomové, doktorské práce pro studenty fyziky (zaměření na fyziku kondenzovaných látek, biofyziku, chemickou fyziku) i učitelství, viz **SIS** nebo **kontaktujte pracovníky oddělení**.

[nmr.mff.cuni.cz](http://nmr.mff.cuni.cz)