

# Zprovoznění experimentu jaderná a elektronspinová magnetická rezonance

**T. Přeučil, J. Kubant**

(studenti Gymnázia Jaroslava Seiferta)

**Ing. David Tlustý, Ing. Michal Petráň**

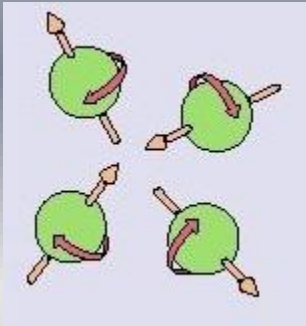
(školitelé)

# Jaderná a elektronspinová magnetická rezonance

- Jedná se o děj kdy v atom začne pohlcovat elektromagnetické záření
- K tomuto pohlcení dojde jen v podmínkách pro každý atom typických.
- Těmito podmínkami se rozumí působení dvou elektromagnetických polí, které jsou na sebe kolmé.
  - **Elektrospinová** se týká spinu elektronů
  - **Jaderná** se týká spinu protonů

# Působení polí na vzorek

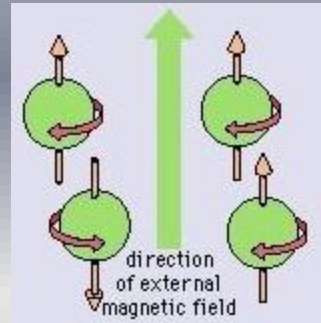
**B = 0**



Náhodná orientace spinů

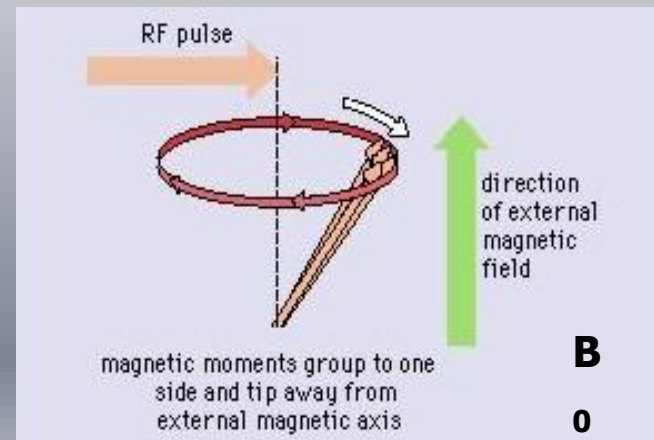
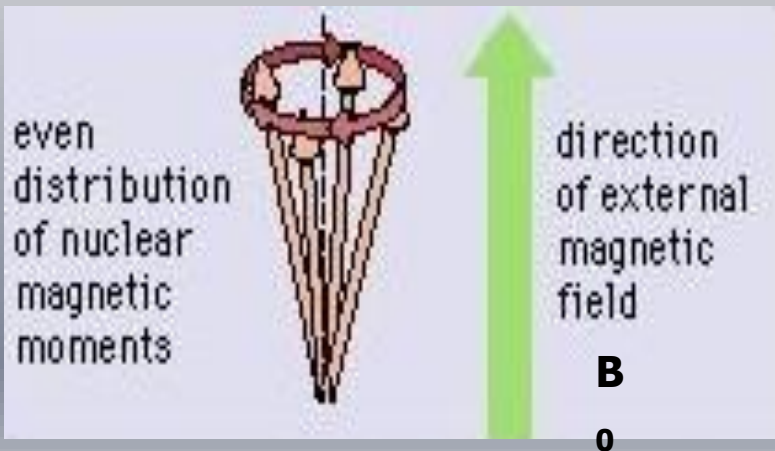
Precese protonů není fázově sladěna

**B > 0**



Spiny se uspořádají

Precese se fázově sladí vnějším polem o Larmorově frekvenci  $f$



# Larmorova frekvence

Energie fotonu elektromagnetické vlny přijaté protonem, či elektronem je  $E = hf = \mu_B B$ . Frekvence  $f$  této vlny se nazývá se **Larmorovou** a je dána vztahem:

$$f = \frac{\mu_B B}{h} = \frac{eB}{2\pi m}$$

Po numerickém dosazení hodnot pro **elektron Larmorova frekvence je**

$$f_e = 28 * 10^9 B \text{ [tesla]}$$

Pro **proton** (např. jádro vodíku) je Larmorova frekvence dána vztahem

$$f_p = 42,7 * 10^6 B$$

Pro **fluor** je

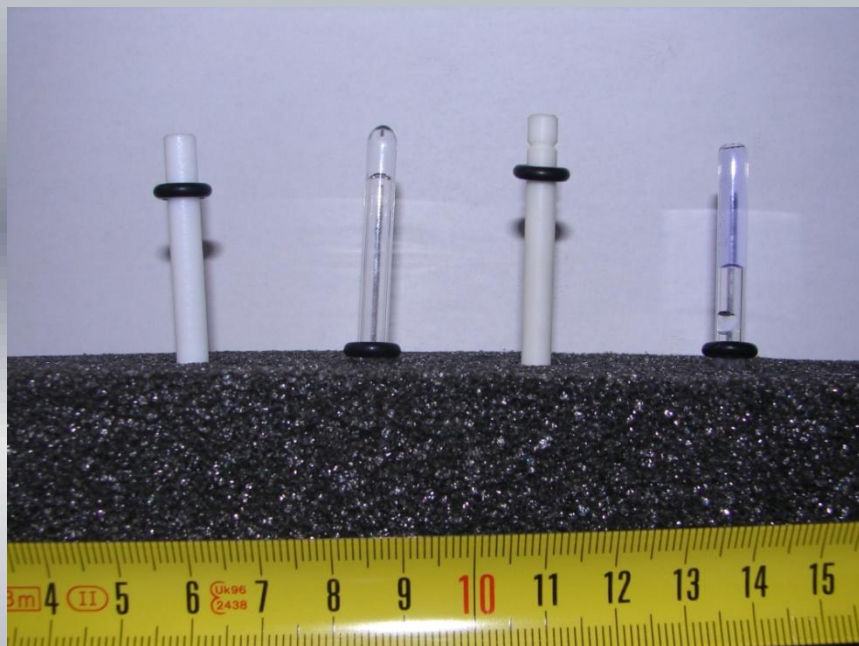
$$f_p = 40,06 * 10^6 B$$

# Jaderná magnetická

# Rezonance



# Měřené vzorky

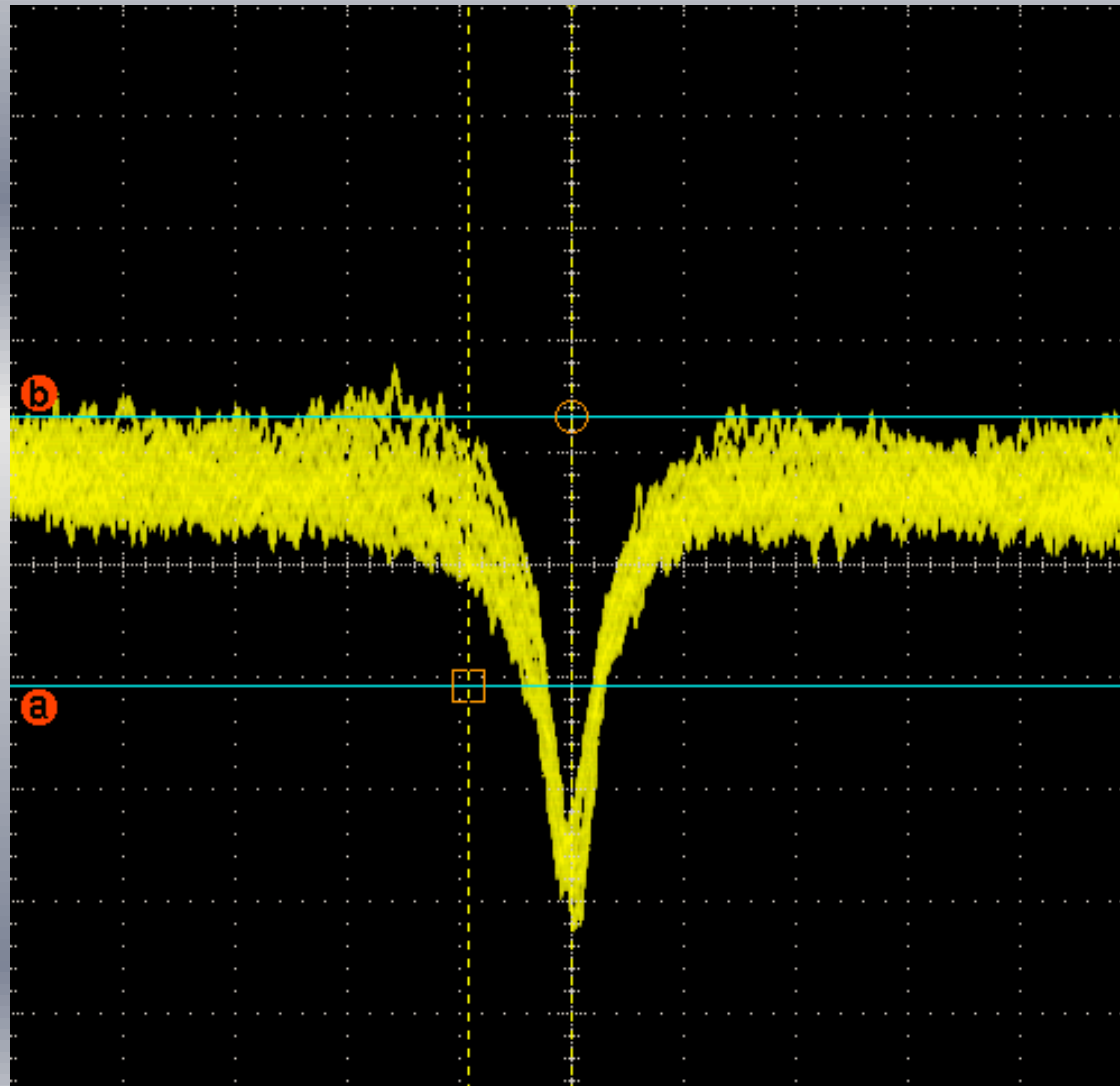


## Použité vzorky:

- krev, ovoce, kalibrační destilovaná voda, polystyren, glycerin, PTFE (teflon)



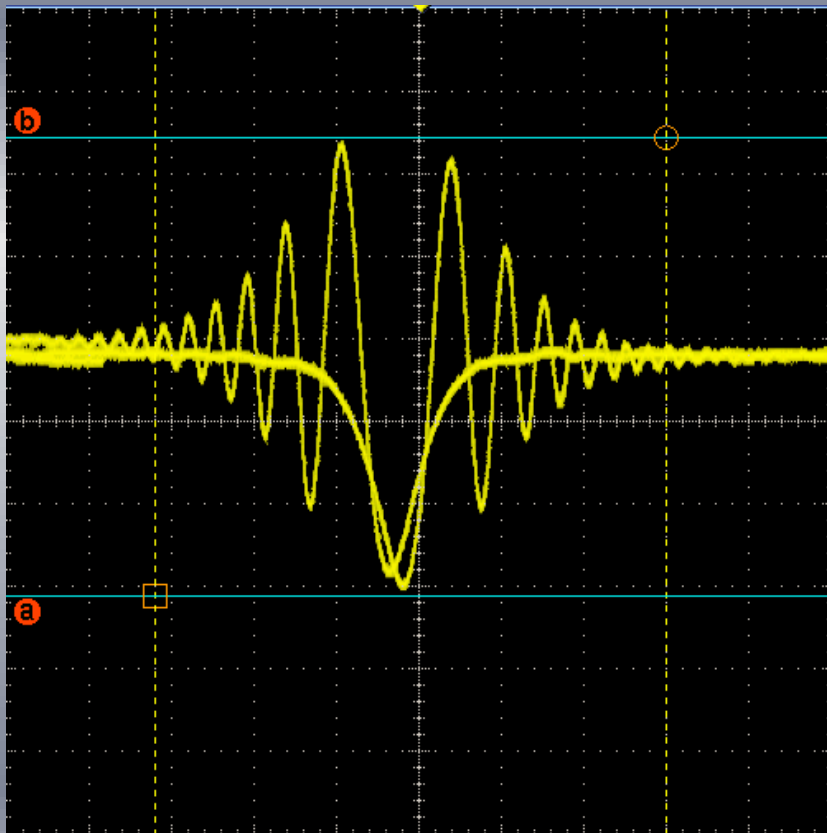
# Jaderná rezonance



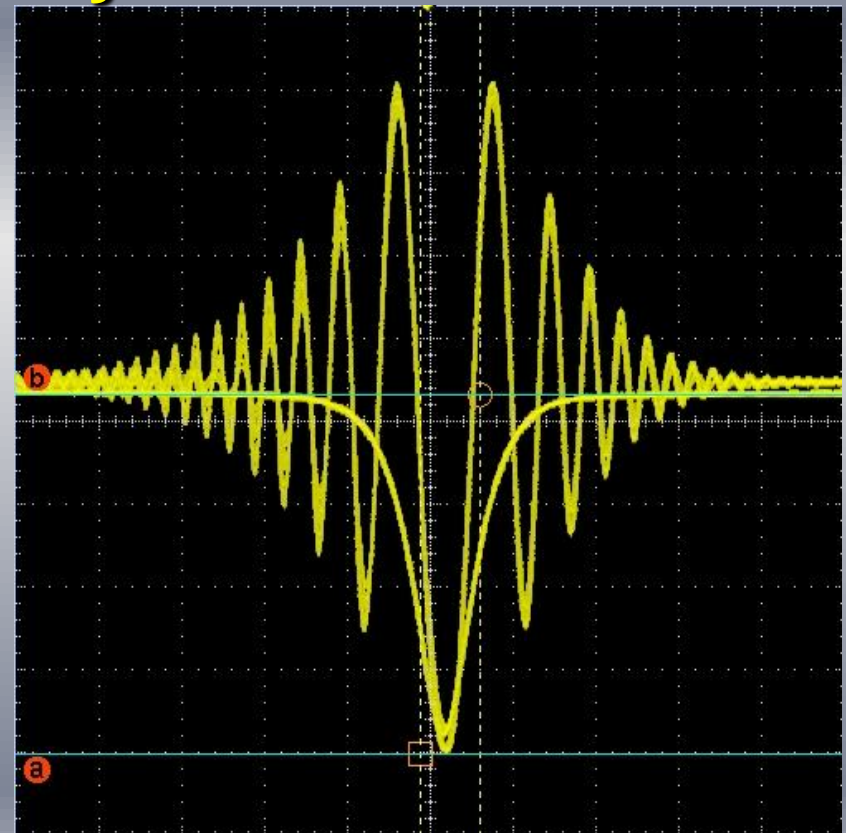
PTFE  
(teflon)

# Rezonance Krve

Krev



Glycerin





# G-faktor

Když dáme volný systém s konstantním gyromagnetickým poměrem, jako je jádro, nebo elektrony, do externího magnetického pole, které není ve stejném směru s jeho magnetickým momentem, bude tento systém vykonávat precesi o frekvenci úměrné vnějšímu poli, to přepsáno v termínech jaderné fyziky:

$$\boldsymbol{\gamma} = \frac{g\boldsymbol{\mu}_N}{\hbar} \implies \mathbf{f} = \frac{g\boldsymbol{\mu}_N\mathbf{B}_0}{\hbar}$$

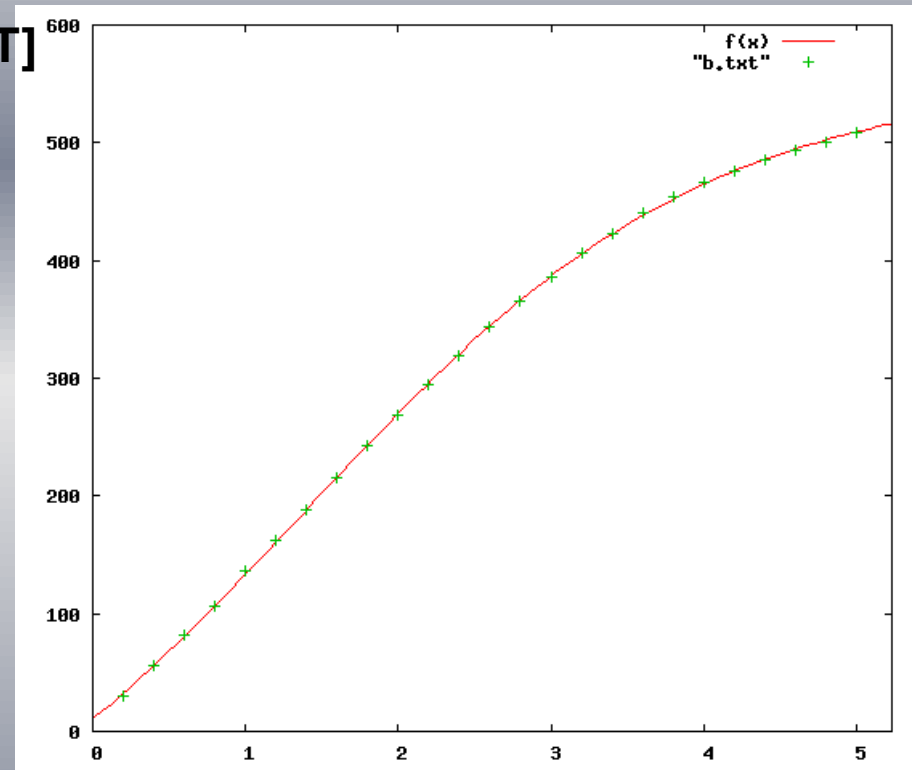
kde  $g$  je  $g$ -faktor zvoleného jádra a  $\mu_N$  je jaderný magneton (konstanta mag. momentu).

# Příprava na měření g faktoru

- Proměřovali jsme po magnetické pole
  - po 0,1 A
  - nejde spočítat protože závisí na mnoha faktorech
- Fitovali jsme fcí sigmoid

$$B = \frac{a}{b + c * \exp(-dI)} + e$$

B [mT]

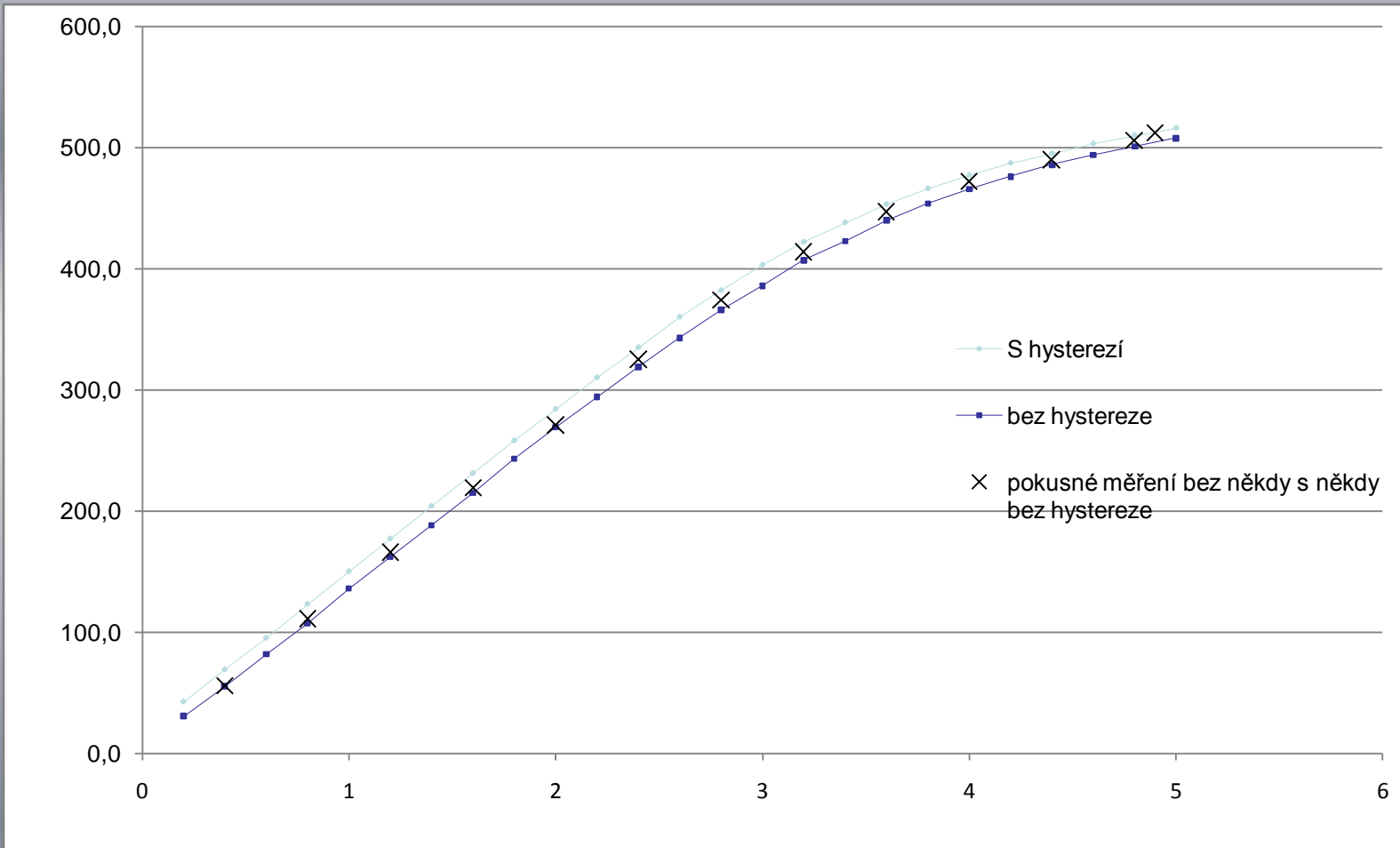


I [A]

# Hystereze

- Začne-li se po dosažení nasycení mag. polem intenzita pole snižovat, magnetizace klesá po jiné křivce (projevuje se magnetická hystereze).
- Klesne-li mag. pole na nulu, magnetizace má nenulovou hodnotu zvanou remanentní magnetizace
- Na odmagnetování tělesa je třeba použít magnetické pole obráceného směru. Mění-li se intenzita magnetického pole v určitém intervalu je změna výsledného mag. pole vyjádřena uzavřenou křivkou.

# Hystereze

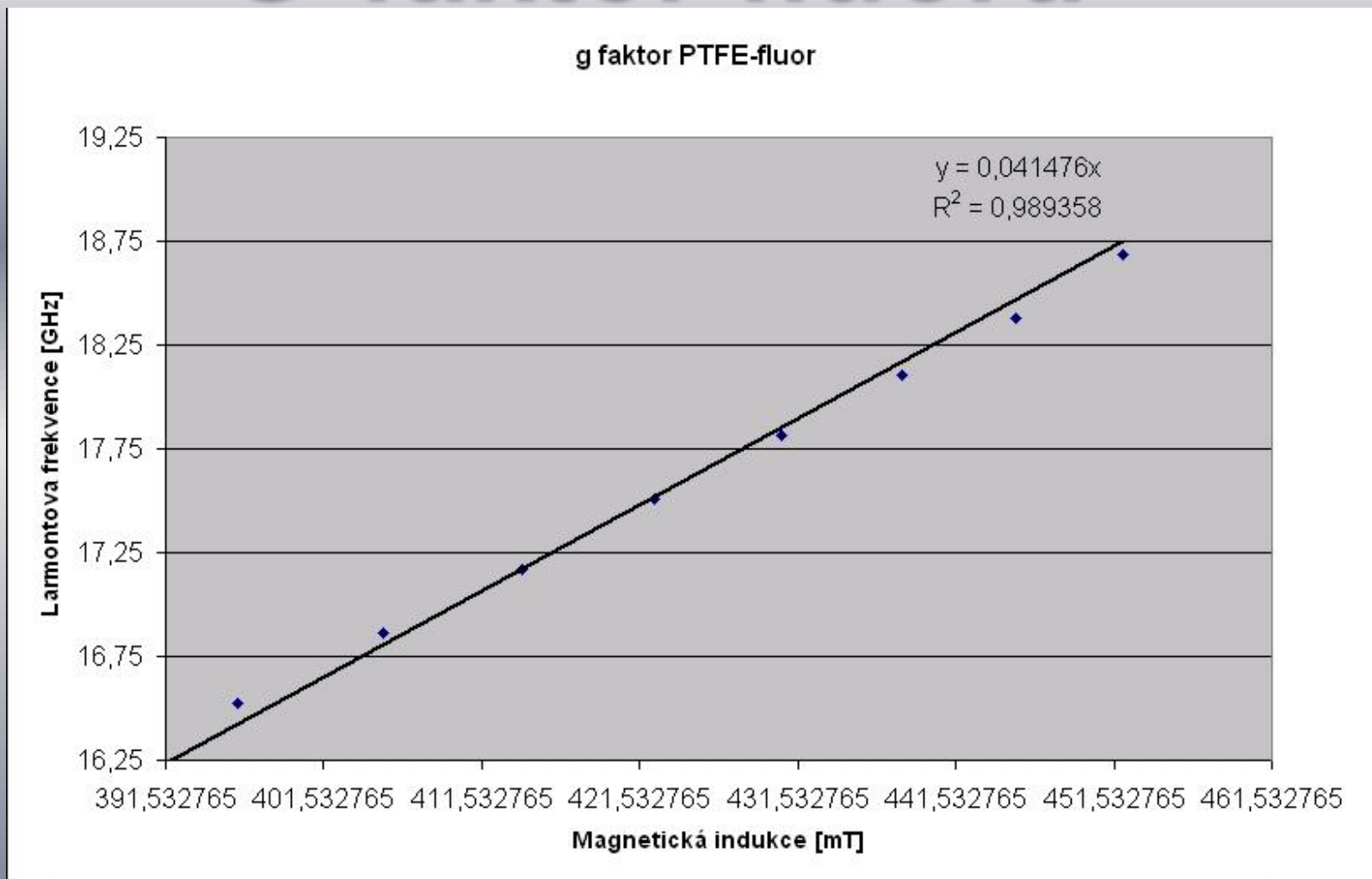


# Měření g-faktoru

- G úměrný poměru mezi magnetickým polem a frekvencí při které dochází k rezonanci (Larmontova frekvence)
- G faktor zůstává konstantní

$$F(B) = g(\mu_N / h)B$$

# G-faktor fluoru

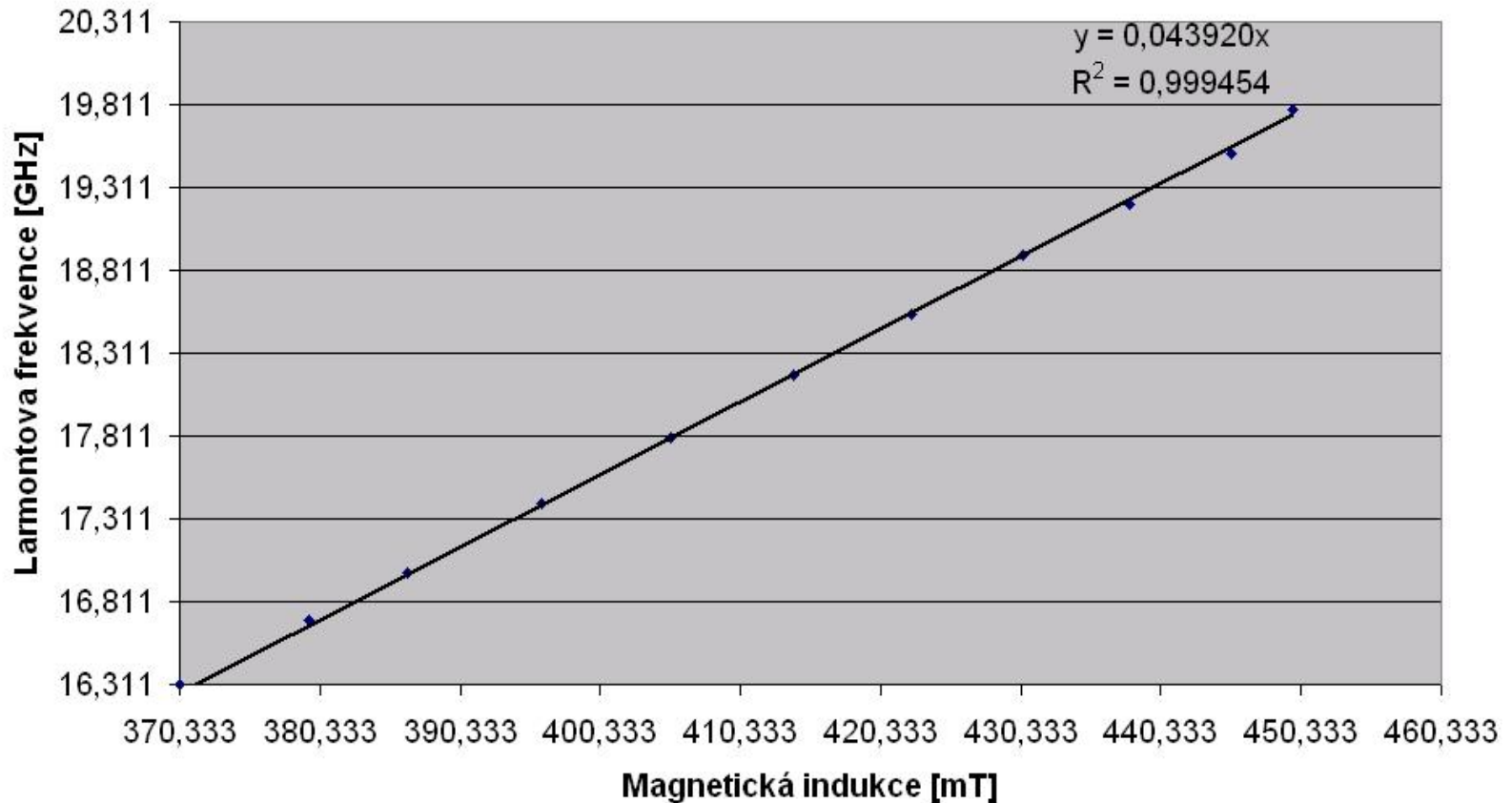


5,44 – naměřená hodnota

5,25 – tabulková hodnota

# G-faktor vodíku

G faktor glycerin



5,76 – naměřená hodnota

5,59 – tabulková hodnota

# Intenzita signálů

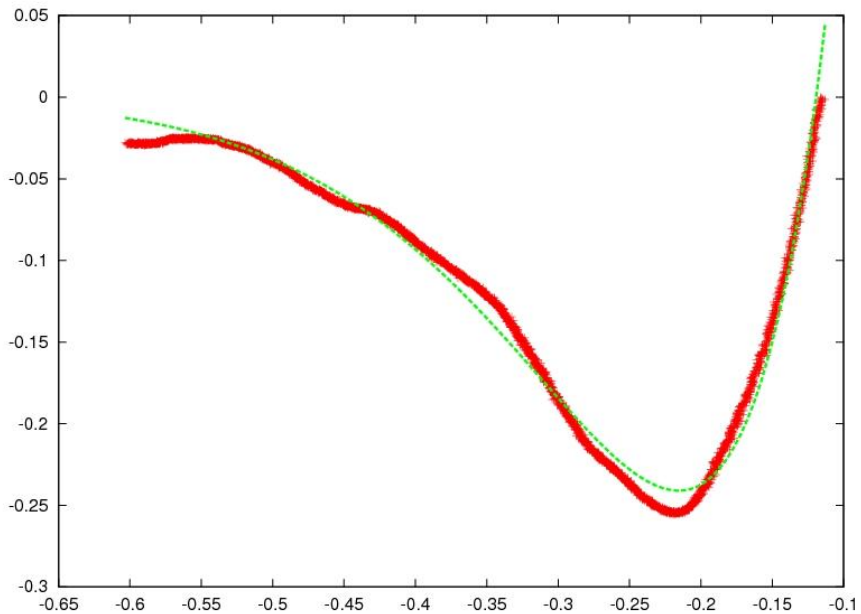


- Protože v jednom spektru jsou společně měřena vždy jádra stejného prvku, ve stejném magnetickém poli a při stejné teplotě, je plocha každého signálu úměrná počtu *chemicky ekvivalentních* jader v molekule. Intenzity nejsou představovány výškou pásů, ale jejich plochou, proto se nazývají integrální intenzity. Můžeme tedy zjistit obsah určitého prvku ve vzorku, pokud známe obsah tohoto prvku v jiném vzorku.
- My jsme znali obsah vodíku ve vodě (vyplývá z molárních hmotností vody a vodíku)
- Byli jsme tedy schopni zjistit obsah vodíku v jakékoli látce, která se vejde do zkumavky

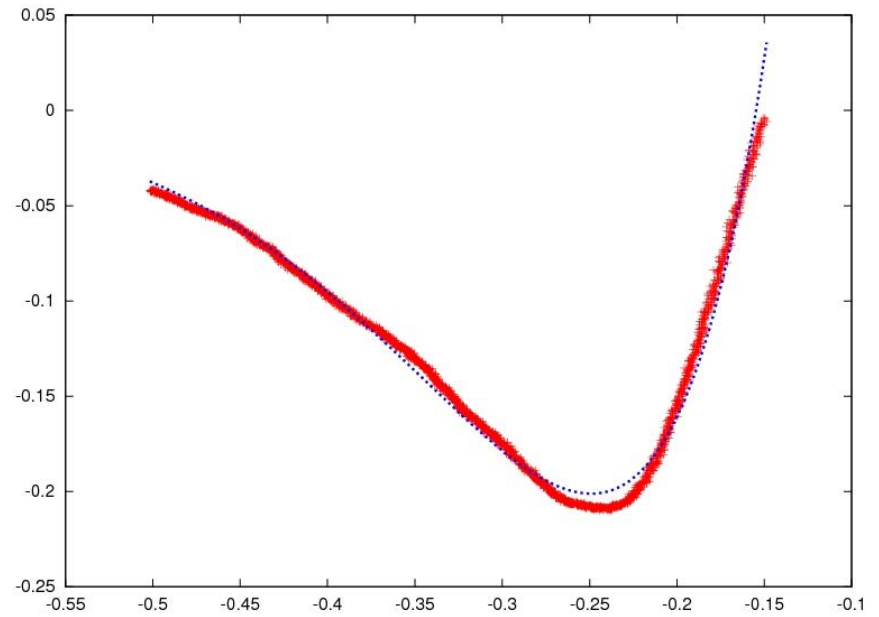


# Nafitování funkce

## Jablko



## Banán



# Obsah vodíku v ovoci

Vzorek	Plocha	Podíl H [%]
Voda	0,017516	11.11%
Banán	0,048454	30.73
Jablko	0,058327	37%



# Elektron-spinová



# Magnetická rezonance

# Plány do budoucna a poděkování

- Prezentovat poster na mezinárodní konferenci
- *Děkujeme Gymnáziu Jaroslava Seiferta, kde projekt vznikl*
- *Za financování děkujeme Evropskému Sociálnímu Fondu a magistrátu hl. m. Prahy*
- *Fakultě Jaderné a Fyzikálně Inženýrské ČVUT za prostory a technické zázemí*