

Методи вимірювання магнітної сприйнятливості

1. Силові методи
2. Індукційні методи
3. Вимірювання сприйнятливості розчинів

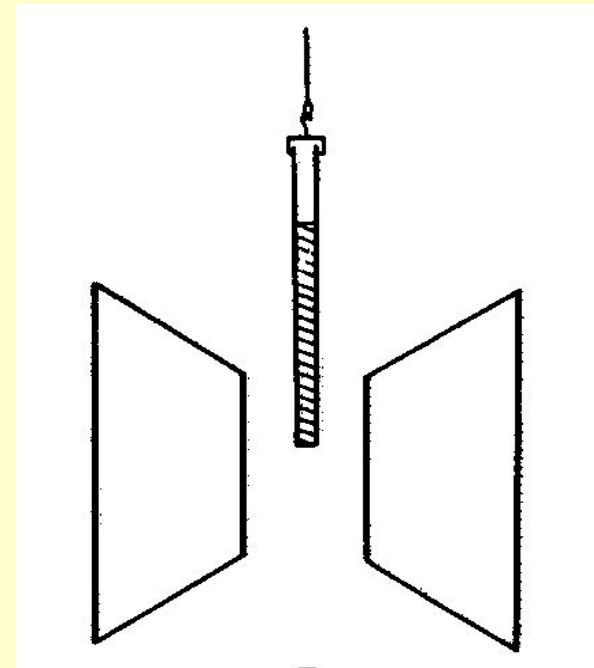
Метод Гюї:

- Однорідне магнітне поле
- Зразок поміщується у довгу ампулу, один кінець якої знаходиться у нульовому полі, а другий у ненульовому
- Вимірювання сили, що зміщує зразок у напрямку ненульового поля (для парамагнітного зразка)

Сила залежить від:

- (i) напруженості поля
- (ii) сприйнятливості зразка
- (iii) маси зразка
- (iiii) площі

$$\Delta mg = \frac{1}{2}(\chi - \chi_0)S(H_{\max}^2 - H_{\min}^2)$$



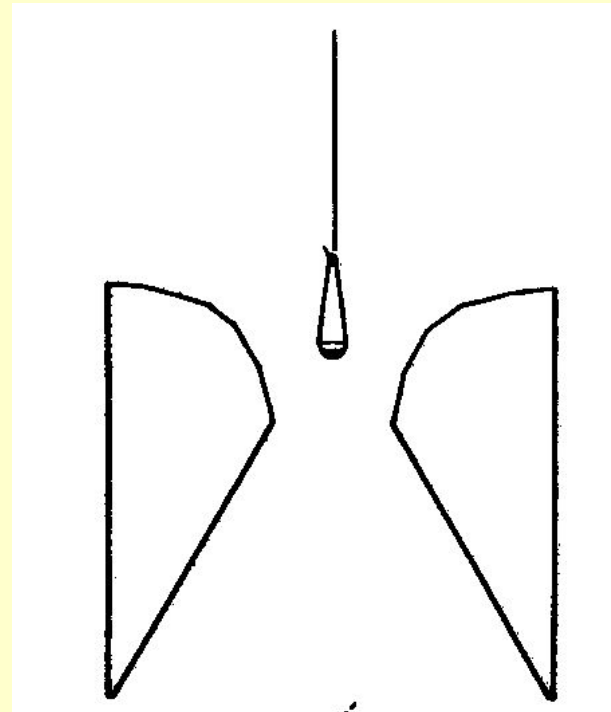
Метод Фарадея:

- Неоднорідне магнітне поле
- Вимірювання сили, що зміщує зразок у напрямку більш сильного поля (для парамагнітного зразка)
- Зразок поміщується в область ізодинамічності
- Поліусні наконечники

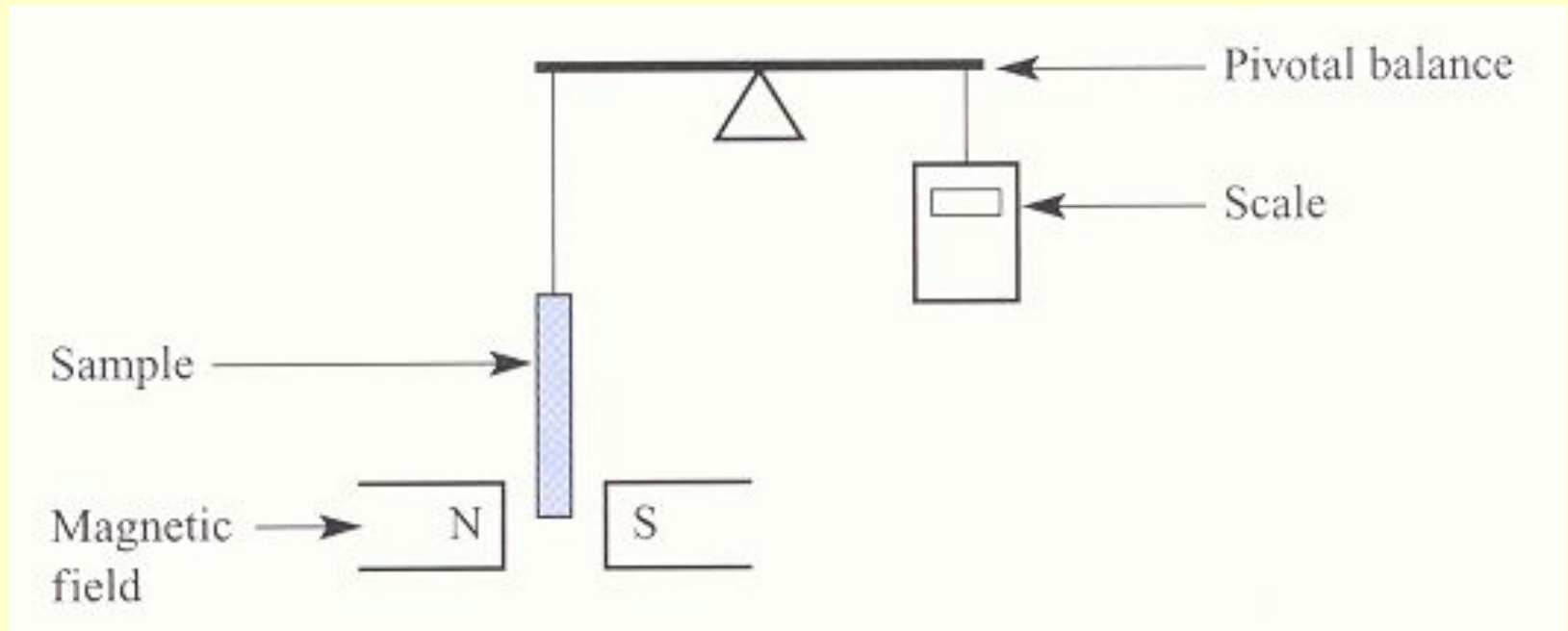
Сила залежить від:

- (i) градієнта поля
- (ii) сприйнятливості зразка
- (iii) маси зразка

$$F = \chi m H_0 \frac{dH}{dz}$$

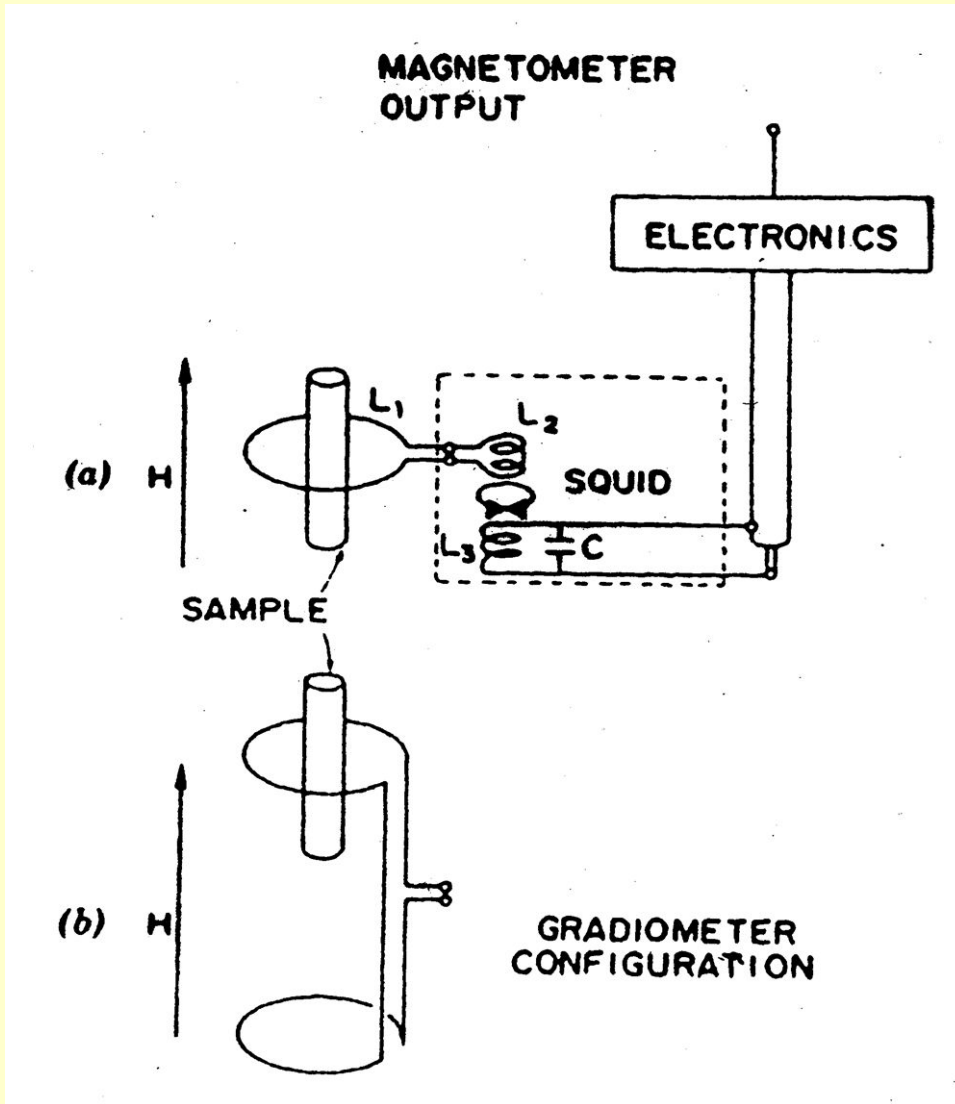


Торсійні терези



SQUID

$$M = k \cdot \Delta\Phi$$



Зразок поміщують у однорідне аксіальне поле

Зміщення зразку призводить до зміни у густині магнітного потоку, яка вимірюється:

$$M = k \cdot \Delta\Phi$$

Техніка експерименту

Зразок: полікристали, монокристал (Фарадей),
полікристали, монокристал, розчини (SQUID)

Кількість спінів ($S = \frac{1}{2}$) на моль:

(а) для твердих зразків: $5 \cdot 10^{-6}$ - $5 \cdot 10^{-7}$ (Фарадей), $5 \cdot 10^{-8}$ (SQUID).

Наприклад, $M = 500 \Rightarrow$ маса зразка = 2 мг.

(б) для розчинів: $5 \cdot 10^{-8}$ (SQUID)

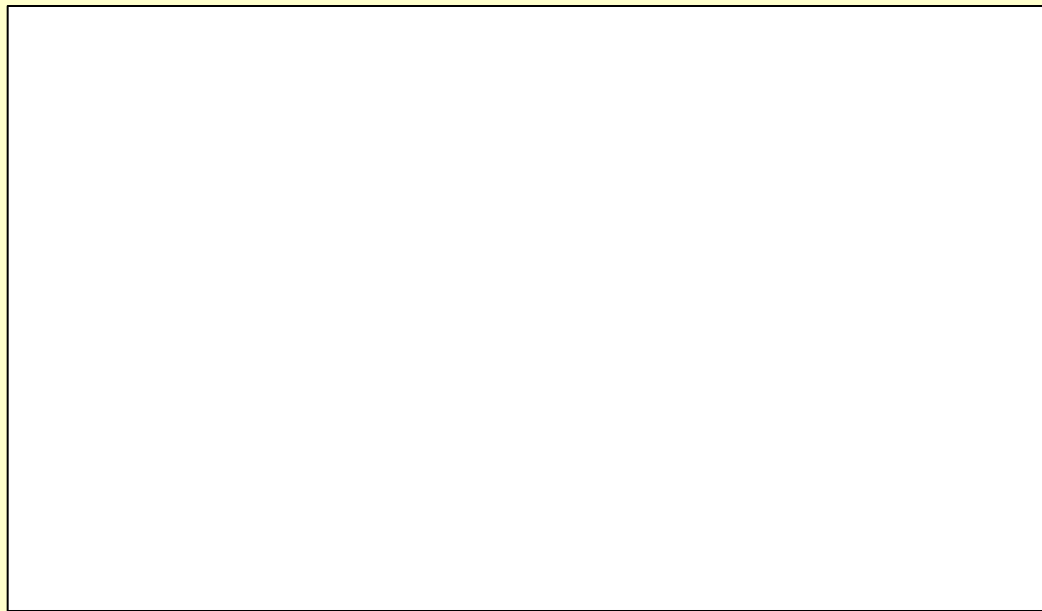
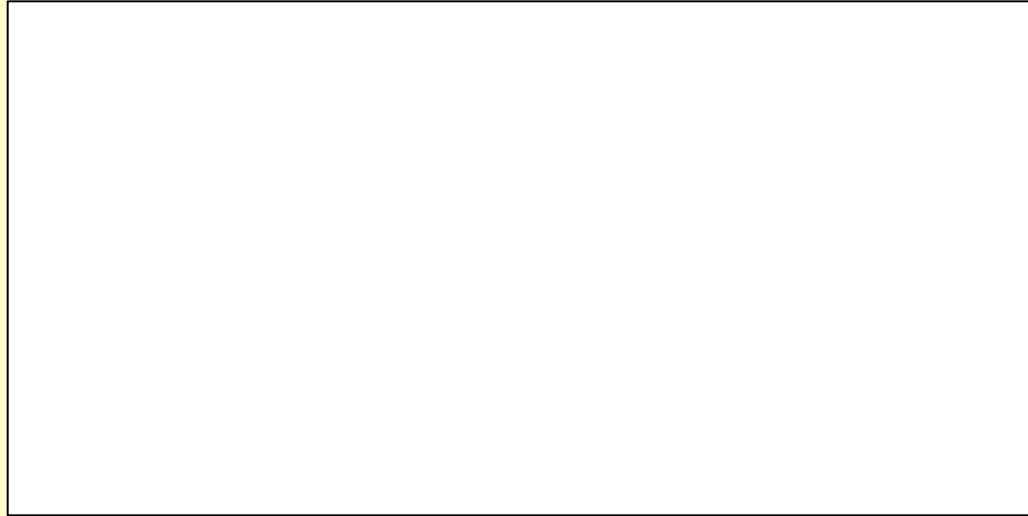
Наприклад, $c = 0.3 \cdot 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow V = 0,2 \text{ мл}$.

Температурний діапазон: як правило, 2 – 300 К (SQUID)

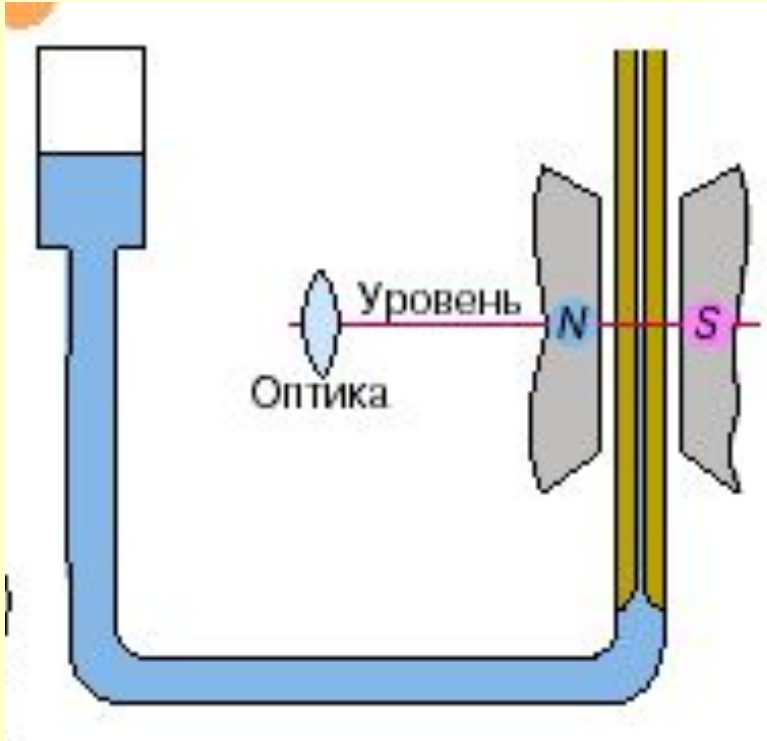
Магнітні поля: 0,8 – 1 Т (Фарадей), до 8 Т (SQUID)

Калібровка: визначення константи приладу

Калібровка магнетометрів



Метод Квінке



$$\Delta h = \frac{H_0^2(\chi - \chi_0)}{2g}$$

Вимірюється зміна висоти стовпчика рідини в капілярі під дією магнітного поля

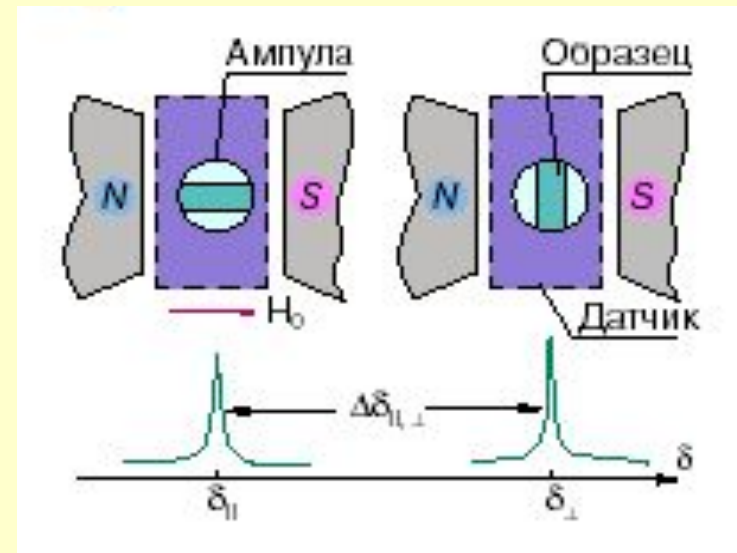
Віскозиметричний метод

$$\frac{t_0 - t_H}{t_H} = k\chi$$

Об'ємні магнітні сприйнятливості деяких розчинників

Растворитель	$\chi_v, \times 10^6$
Вода	-0,7179
Тетрагідрофуран	-0,6389
Толуол	-0,6137
Бензол	-0,6070
Изопропанол	-0,6031
н-Октан	-0,5966
Нитробензол	-0,5950
Етанол	-0,5777
Диметилформамид	-0,5682
Метанол	-0,5227
Ацетонитрил	-0,5220
Ацетон	-0,4600

Вимірювання сприйнятливості розчинів за допомогою ЯМР



ЯМР в плоских ампулах

$$\delta_I - \delta_{II} = A\chi + B$$

Метод Еванса

$$\Delta H / H = (2\pi/3)\Delta K$$

ΔK - зміна об'ємної сприйнятливості

$$\chi = \frac{3\Delta f}{2\pi f m} + \chi_0 + \frac{\chi_0(d_0 - d_s)}{m}$$

χ – масова сприйнятливість розчинника

Δf – різниця частот резонансів

f – частота резонансу

m – маса речовини в 1 мл розчину

d_0 – густина розчинника

d_s – густина розчину

- Formeln: Grammsuszeptibilität $\chi_g = C \cdot l \cdot (R-R_0) / (m \cdot 10^9)$ in cm^3/g

Molare Suszeptibilität $\chi_M = \chi_g \cdot M$ in cm^3/mol

Effektives magnetisches Moment $\mu_{\text{eff}} = 2.828 (\chi_M \cdot T)^{0.5}$ in μ_B

Spin-Only-Werte $\mu_{\text{SO}} = (n(n+2))^{0.5}$ in μ_B

C = Kalibrierungskonstante der Waage

M = Molmasse der Probe in g/mol

T = Temperatur in K

n = Anzahl der ungepaarten Elektronen

- Beispiel: $\text{Cu}(\text{SO}_4)_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ M = 249.7 g/mol, T = 293 K

$$\chi_g = 6.00 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g} \quad \chi_M = 1.50 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{mol}$$

$$\mu_{\text{eff}} = 1.87 \mu_B$$

Dies entspricht dem zu erwartenden Wert für ein ungepaartes Elektron.

Der Spin-Only-Wert μ_{SO} mit n = 1 wäre $\mu_{\text{SO}} = 1.73 \mu_B$