

Вимірювання проєкції спіну на заданий напрямок. Експеримент Штерна- Герлаха.

...“Якщо факти не підтверджуються теорією, їх треба позбутися.”

Виконала:
студентка групи ФзФ-31
Швайка З.Р.
Перевірила:
Кметь І.Ф.

Львів, 2016

Мета.

Схематично описати реальний експеримент, який дає змогу виміряти проекцію спіну частинки на заданий напрямок.

Вступ.

Експеримент Штерна-Герлаха уперше провели 1922 р. Тут промінь атомів срібла пропускали крізь неоднорідне магнітне поле. Як наслідок промінь розчіплявся на два і на екрані спостерігали дві чіткі розділені позначки. Класична фізика не давала пояснення цьому явищу. Тільки квантова механіка пояснила цей експеримент і пов'язала його з наявністю спіну $s = 1/2$ для атома срібла.

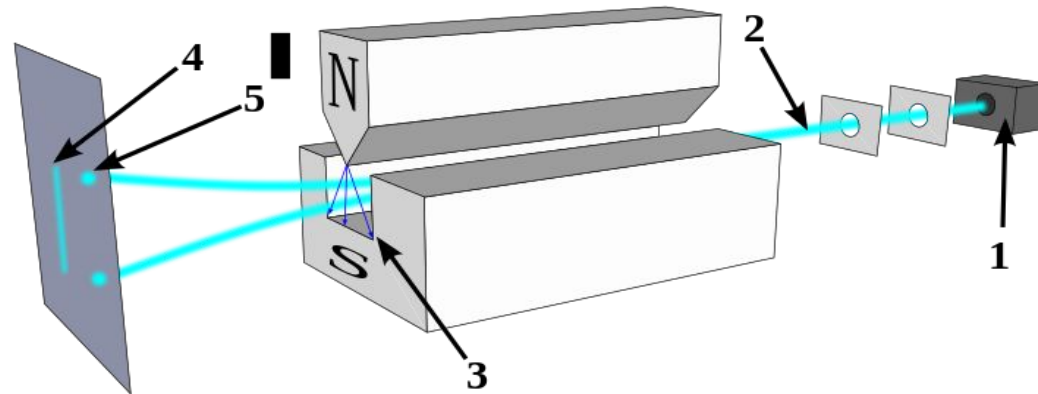


Рис 1. Схема досліду Штерна-Герлаха: проходячи через неоднорідне магнітне поле атоми срібла відхиляються від прямого шляху в залежності від магнітного моменту.

Нехай атоми рухаються вздовж осі x , магнітне поле спрямоване вздовж осі z і є неоднорідне. У лінійному наближенні за неоднорідністю:

- $$B_z(z) = B_0 + B'z,$$

$$B' = \left. \frac{\partial B_z(z)}{\partial z} \right|_{z=0}$$

Енергія взаємодії магнітного моменту μ з магнітним полем \mathbf{B} дорівнює:

$$\hat{V} = -\mu \cdot B$$

Де $\mu = -g * \mu_0 * \frac{s}{\hbar}$, g – фактор Ланде, μ_0 – магнетон Бора.

Для нейтральної частинки зі спіном $s=1/2$ гамільтоніан
напишемо:

$$H = \frac{p^2}{2m} + (b_0 + b'z)\sigma_z$$

Тут ми ввели позначення:

$$b_0 = g * \frac{\mu_0 B_0}{2};$$

$$b' = g * \frac{\mu_0 * B'}{2}.$$

Розглянемо рівняння руху Гайзенберга для
координати частинки z :

$$\frac{dz}{dt} = \frac{p_z}{m}$$

$$\frac{dp_z}{dt} = -b' \sigma_z$$

$$\frac{d\sigma_z}{dt} = 0$$

З рівняння руху Гайзенберга знаходимо:

$$z(t) = -\frac{b't^2}{2m} \sigma_z + \frac{p_{z,0}}{m} t + z_0$$

Де z_0 і $p_{z,0}$ оператори координати та імпульсу в початковий момент $t = 0$.

Величина розщеплення променя, тобто відстань між розщепленими променями дорівнює:

$$\Delta z = b' t^2 = \frac{g\mu_0 t^2}{2} \left. \frac{\partial B_z(z)}{\partial z} \right|_{z=0},$$

Де t – час руху атома у неоднорідному магнітному полі.

Висновок.

Власне, розщеплення променя свідчить про наявність у частинки спіну $s=1/2$. Якщо б частинка володіла класичним магнітним моментом, то ми спостерігали б просто розмиття променя, пов'язане з наявністю у промені частинок з різним нахилом класичного магнітного моменту до магнітного поля i , відповідно, різними силами, що діють на частинки. Отож, нам вдалось записати також формулу, за допомогою якої маємо можливість опису проекції спіну на заданий напрямок.

Дякую!