

## АТОМ ВО ВНЕШНИМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

(обзор- исследование)

*Сатторов Сарвар Нугмонович.*

*Студенты чирчикского Государственного Педагогического Университета*

**Абстракт:** в обзоре рассматривается поведение атома во внешнем магнитном поле. Показана независимость энергии атома от проекции полного момента  $J$  на какую-либо координатную ось. Показано, что расщепление спектральных линий является следствием действия внешних магнитных полей. Подробно рассматривается эффект Зеемана и Пашена, применительно к атому помещенному во внешнее магнитное поле.

**Ключевые слова:** магнитное поля, магнитный момент, расщеплен на подуровень, трансатомы.

**ВВЕДЕНИЕ:** Атом в магнитном поле, прецессия орбиты электрона в атоме приводит к появлению дополнительного орбитального тока, направленного противоположно току  $I$

$$\Delta I_{\text{орб}} = e \frac{\omega_l}{2\pi} (1)$$

И соответствующего ему наведенного орбитального магнитного момента  $\Delta P_m$ ,

$$\Delta P_m = -\Delta I_{\text{орб}} S_{\perp} = \frac{eS_{\perp}}{4\pi m} B, (2)$$

**Механизм поведения атомов во внешнем магнитном поле** заключается во взаимодействии магнитных моментов электронов и магнитного момента ядра как с внешним магнитным полем, так и с магнитным полем, создаваемым орбитальным движением электронов в атоме. Также под действием внешних полей происходит

дополнительное расщепление уровней энергии, и как следствие-расщепление спектральных линий (эффект Зеемана). [1]

**Поведение атома во внешнем магнитном поле изучал голландский физик Питер Зееман.** В 1896 году он обнаружил, что при помещении источника света в магнитное поле спектральные линии испытывают расщепление (эффект Зеемана).

Кроме того, идею эксперимента по измерению магнитного момента атома в 1922 году предложил О. Штерн, а выполнил его совместно с В. Герлахом в 1922 году. Теорема Лармора гласит, что действие магнитного поля на электрон состоит в том, что на первоначальное движение частицы накладывается равномерное вращение вокруг направления внешнего магнитного поля. Другим словами, магнитное поле вызывает прецессию орбиты каждого электрона атома с определенной частотой вокруг направления поля. Эффект Зеемана заключается в том, что энергетические уровни и спектральные линии излучения атомов в магнитном поле расщепляются.

**Смысл эффекта** в том, что электроны с противоположным магнитным спином, находящиеся на одной орбитали, будут обладать несколько различающимися энергиями, и каждый энергетический уровень окажется расщеплен на два близких подуровня. Раньше имелась единственная возможная энергия квантового перехода между двумя уровнями, теперь имеется четыре возможных энергии перехода. Расщепление спектральных линий под действием внешнего магнитного поля было впервые обнаружено в 1896 году Зееманом. Количественное объяснение этого явления с позиций классической теории дано Лоренцем. В соответствии с теорией Лоренца при наблюдении излучения атомов перпендикулярно направлению внешнего магнитного поля спектральная линия с частотой  $\nu_0$  должна расщепляться на три компонента с частотами  $\nu_0$ ,  $\nu_0 + \Delta\nu_H$ ,  $\nu_0 - \Delta\nu_H$ ; величину.

$$\Delta\nu_H = \frac{eB}{4\pi m} \quad (3)$$

( $B$  – модуль индукции внешнего магнитного поля) называют нормальным расщеплением. Компоненты расщепления линейно поляризованы: крайние ( $\sigma$  - компоненты) – перпендикулярно к направлению  $\vec{B}$ , средний ( $\pi$  -

Если внешнее магнитное поле сильнее некоторого критического значения, в свойствах атомов происходит полная перестройка электронных конфигураций всех атомных электронов. В таком поле у каждого электрона разрываются связи во всём атоме, не только на внешних, но и на внутренних орбиталях. У всех электронных состояний снимается вырождение. Внешнее магнитное поле с постоянной ориентацией жёстко выстраивает электронные орбитали относительно своего направления в соответствии с их орбитальными магнитными моментами. Орбитальные моменты электронов «вмораживаются» в магнитное поле, атом из «аморфного состояния» преобразуется в упорядоченный, магнитный «кристалл».

Также в сильном магнитном поле атомы превращаются в трансатомы, которые вступают в низкоэнергетические ядерные реакции.[2]

**Эффект Пашена — Бака** состоит в том, что в сильных магнитных полях сложное зеemanовское расщепление переходит в простое. Открыт Фридрихом Пашеном и Эрнстом Баком в 1912 году. Эффект Пашена — Бака наступает, когда напряжённость магнитного поля  $H$  превышает величину, при которой расщепление уровней энергии  $\Delta E = \mu_B H$  (4) (где  $\mu_B$  — магнетон Бора) становится больше, чем расщепление тонкой структуры. При этом магнитное поле разрушает связь между орбитальным ( $\vec{L}$ ) и спиновым ( $\vec{S}$ ) моментами. Когда  $S=0$ , эффекты Пашена — Бака и Зеемана эквивалентны. [3]

**ВЫВОД:** Изучение атомов в внешнем магнитном поле помогает лучше понять их структуру и взаимодействия, а также открывает новые возможности в научных и технологических приложениях.

**Использованные литературы:**

1. cool-readers.ru
2. справочник Нейро
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>