

Частоты ν компонент спектральной линии с частотой ν_0 определяются ф-лой:

$$\nu = \frac{\mathcal{E}_i - \mathcal{E}_k}{h} = \nu_0 + \frac{\mu_B H}{h} (g_i m_i - g_k m_k) = \nu_0 + \Delta\nu,$$

где $\mathcal{E}_i, \mathcal{E}_k$ и g_i, g_k — энергии и множители Ланде комбинирующих уровней энергии соответственно. При $\Delta m = m_i - m_k = 0$ получим:

$$\Delta\nu = \frac{\mu_B H}{h} (g_i - g_k) m_i$$

(π -компоненты). При $\Delta m = \pm 1$ —

$$\Delta\nu = \frac{\mu_B H}{h} [\pm g_k \mp m_i (g_i - g_k)]$$

(σ -компоненты). В частном случае $g_i = g_k$ получается простой З. э.

Распределение интенсивности I в картине зеемановского расщепления симметрично относительно ν_0 . Значения интенсивностей I отд. компонент определяются значениями Δm и ΔJ :

- при $\Delta J = 0$ и $\Delta m = 0$ $I = C m^2$;
- при $\Delta J = 0$ и $\Delta m = \pm 1$ $I = \frac{1}{2} C (J \mp m) (J \pm m + 1)$;
- при $\Delta J = 1$ и $\Delta m = 0$ $I = C' (J^2 - m^2)$;
- при $\Delta J = 1$ и $\Delta m = \pm 1$ $I = \frac{1}{2} C' (J \mp m) (J \mp m - 1)$

(C и C' — константы). Интенсивности I не зависят от типа связи моментов в атоме. Сумма интенсивностей компонент, возникающих при переходах с уровня, определяемого значением m , на уровни с $m-1, m, m+1$ не зависит от m (правило сумм интенсивностей для З. э.); сумма интенсивностей всех π -компонент равна сумме интенсивностей всех σ -компонент.

Исследование картины зеемановского расщепления позволяет определять значения J_i и J_k и др. характеристики комбинирующих уровней энергии, что имеет большое значение для интерпретации атомных спектров.

Рассмотренная картина расщепления получается в том слу-

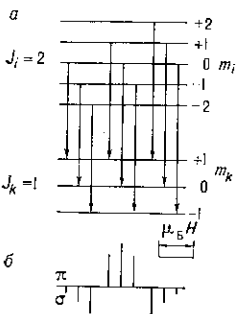


Рис. 3. Расщепление уровней энергии (а) и спектральных линий (б) в сложном эффекте Зеемана при $J_i=2, g_i=7/6$ и $J_k=1, g_k=3/2$. Стрелками указаны квантовые переходы, разрешённые правилами отбора. Длина штриха на рис. б соответствует интенсивности соответствующей компоненты.

чае, когда расщепление под действием внеш. магн. поля мало по сравнению с тонким расщеплением (см. Тонкая структура), т. е. для относительно слабых магн. полей. С возрастанием напряжённости внеш. магн. поля характер расщепления меняется — сложный З. э. приближается по своему виду к простому. В очень сильных полях, для к-рых зеемановское расщепление превосходит тонкое, получается зеемановский триплет, каждая компонента к-рого имеет тонкую структуру — т. н. Пашена — Бака эффект (рис. 4). Дополнит. энергия уровня определится в этом случае суммой взаимодействий спинового и орбитального магн. моментов (μ_S и μ_L) атома с магн. полем и спин-орбитальным взаимодействием:

$$\Delta \mathcal{E}_{SH} = -\mu_{SH} H, \quad \Delta \mathcal{E}_{LH} = -\mu_{LH} H, \quad \Delta \mathcal{E}_{LS} = A m_L m_S$$

(A — константа, характеризующая спин-орбитальное взаимодействие, зависящая от S и L ; μ_{SH} и μ_{LH} — проекции μ_S и μ_L на направление H , m_S и m_L — соответствующие квантовые числа). В результате получаем:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 + \mu_B H (m_L + 2m_S) + A m_L m_S.$$

Для получения расщепления спектральных линий нужно учесть правила отбора для квантовых пере-

ходов между комбинирующими уровнями: $\Delta m_S = 0$ и $\Delta m = 0, \pm 1$.

Наряду с переходами между зеемановскими подуровнями, принадлежащими разл. уровням энергии (З. э. на спектральных линиях), можно наблюдать магн. квантовые переходы между зеемановскими подуровнями одного и того же уровня. Такие переходы про-

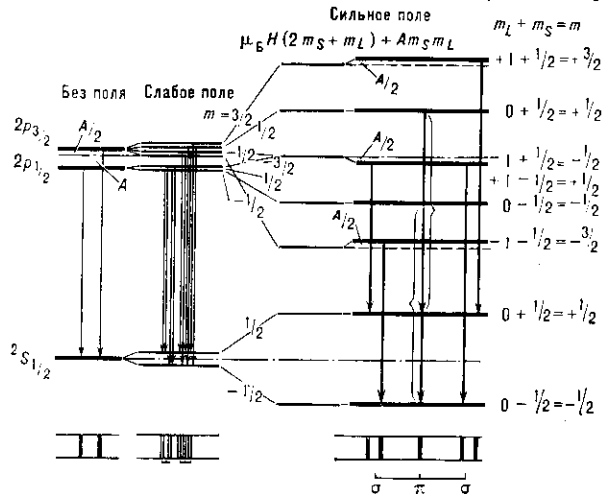


Рис. 4. Изменение картины расщепления уровней энергии и спектральной линии (внизу) в зависимости от напряжённости магнитного поля.

исходит под действием излучения частоты $\nu = (\Delta \mathcal{E}_{m+1} - \Delta \mathcal{E}_m)/h$, к-рая для обычных магн. полей лежит в СВЧ-диапазоне, что приводит к избират. поглощению радиоволн, наблюдаемому в парамагн. веществах в пост. магн. поле (см. Электронный парамагнитный резонанс, Магнитный резонанс).

З. э. для молекулярных спектров имеет меньшее значение, т. к. расщепление электронных переходов молекул производится гл. обр. по вращат. структуре спектров. Кроме того, наблюдение З. э. в полосатых спектрах представляет большие экспериментальные трудности из-за сложности расщепления и близости вращательных линий друг к другу. З. э. в молекулах исследуется методами радиоспектроскопии. В этом случае обычно исследуют молекулы в осн. электронном состоянии, в к-ром большинство молекул не обладает ни орбитальным, ни спиновым моментами; небольшой магн. момент молекулы в этом состоянии может быть обусловлен её вращением и магн. моментами ядер. В этих случаях З. э. наблюдается в радиочастотном вращательном спектре. З. э. наблюдается и в спектрах кристаллов, когда они имеют выраженную дискретную структуру. Для кристаллов особенное значение имеет наблюдение обратного З. э. — в спектрах поглощения.

З. э. применяется не только в спектроскопии, но и в устройствах квантовой электроники, в частности для измерения напряжённостей слабых магн. полей в лабораторных условиях и в космосе (см. Квантовый магнетометр).

Лит.: Ландсберг Г. С., Оптика, 5 изд., М., 1976, гл. 31; Ельяшев И. М. А., Атомная и молекулярная спектроскопия, М., 1962; Фриш С. Э., Оптические спектры атомов, М. — Л., 1963.

М. А. Ельясевич.
ЗЕМЛЯ — третья по порядку от Солнца планета Солнечной системы. Ср. расстояние от Солнца 149,6 млн. км (1 а. е.), эксцентриситет орбиты $e=0,0167$, ср. скорость движения по орбите 29,785 км/с, период обращения по орбите 365,24 ср. солнечных суток. Наклон земной оси к плоскости эклиптики $66^\circ 33' 22''$, период вращения вокруг оси 23 ч 56 мин 4,1 с. Вращение вокруг оси вызывает смену дня и ночи, наклон оси и обращение вокруг Солнца — смену времён года. У пла-