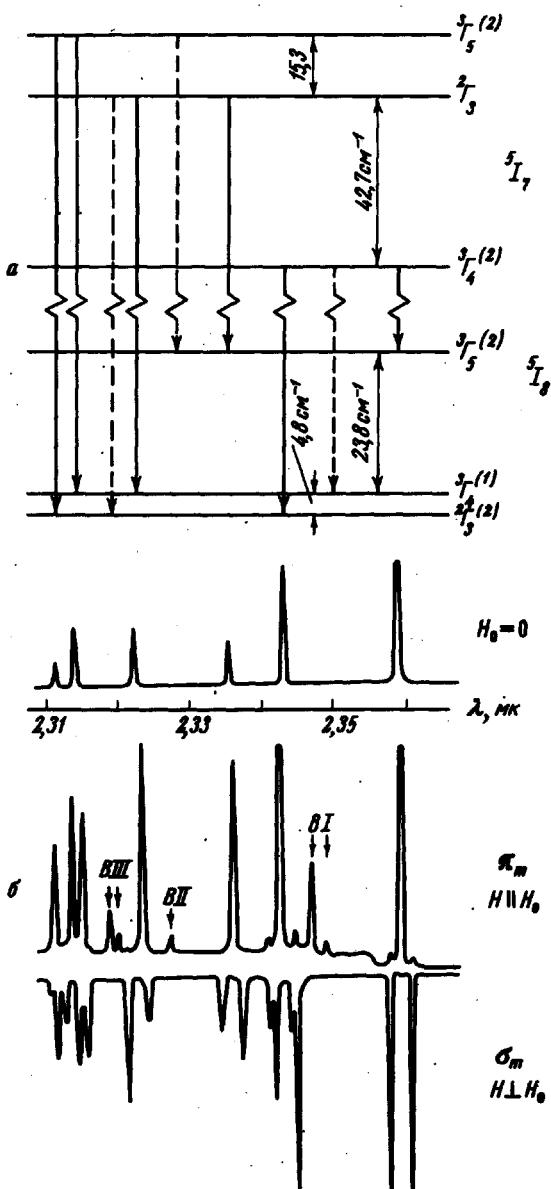


ВОЗГОРАНИЕ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ЗАПРЕЩЕННЫХ И РАЗРЕШЕННЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДОВ В КРИСТАЛЛЕ $\text{CaF}_2 - \text{Dy}^{2+}$

Б.П.Захарчена, И.Б.Русанов, А.Я.Рыскин

В спектре излучения кристалла $\text{CaF}_2 - \text{Dy}^{2+}$ в области 2,3 мк наблюдается группа линий, обусловленная магнитными дипольными переходами между штарковскими подуровнями возбужденного 5I_7 и основного 5I_8 состояний иона Dy^{2+} . Спектроскопические и магнито-оптические исследования $\text{CaF}_2 - \text{Dy}^{2+}$ [1,2] позволили идентифицировать схему штарковских подуровней и отождествить наблюдаемые линии с разрешенными переходами в кристалле симметрии O_h (рисунок). Характерной особенностью штарковской структуры состояний 5I_8 и 5I_7 является близкое расположение ряда компонент. Особенно близко расположены компоненты $^2\Gamma_3^{(2)}$ и $^3\Gamma_4^{(1)}$ состояния 5I_8 ($\Delta = 4,8 \text{ см}^{-1}$) и компоненты $^2\Gamma_3^{(1)}$ и $^3\Gamma_4^{(2)}$ ($\Delta = 15,3 \text{ см}^{-1}$), принадлежащие 5I_7 . Близко расположенные подуровни в магнитном поле взаимодействуют друг с другом, в результате чего наблюдается их сложное расщепление. Сильному взаимодействию способствует тот факт, что g -факторы штарковских подуровней в рассматриваемой системе велики. Взаимодействие уровня $^3\Gamma_4^{(1)}$ с $^2\Gamma_3^{(2)}$ основного состояния в магнитном поле приводит, например, к расщеплению последнего [3].

Исследуя влияние сильного магнитного поля на линии излучения $\text{CaF}_2 - \text{Dy}^{2+}$, мы наблюдали и другой аспект проявления взаимодействия уровней — появление зеемановской картины линии В-III ($\lambda = 2,320 \text{ мк}$), соответствующей запрещенному переходу $^2\Gamma_3(l_7) \rightarrow ^2\Gamma_3^{(2)}(l_8)$. Ли-



а – штарковские подуровни иона Dy^{2+} в поле симметрии O_h и оптические переходы между ними. Пунктиром обозначены переходы, возгорающиеся в поле; б – спектры излучения переходов $^5I_7 \rightarrow ^5I_8$ двухвалентного диспрозия в отсутствие поля и в поле $H_0 = 12 \text{ кз}$ при $H_0 \parallel C_4$

ния появляется при напряженностях поля всего в 4 кз. По мере увеличения поля, интенсивность линии возрастила, и наблюдалось ее дублетное расщепление при геометрии эксперимента, соответствующей обозначениям на рисунке. Таким образом наблюдался эффект Зеемана несуществующей при $H_0 = 0$ линии.

Рассмотрим явление Зеемана перехода $^2\Gamma_3(1_7) \rightarrow ^2\Gamma_3^{(2)}(1_8)$ в случае, когда магнитное поле направлено вдоль одной из осей C_4 кубического кристалла. Зеемановские подуровни состояний редкоземельного иона в этом случае характеризуются неприводимыми представлениями группы C_{4h} [4]. В частности, зеемановские подуровни $^2\Gamma_3(\Gamma'_1, \Gamma'_2)$, $^3\Gamma_4(\Gamma'_1, \Gamma'_3, \Gamma'_4)$ и $^3\Gamma_5(\Gamma'_2, \Gamma'_3, \Gamma'_4)$ характеризуются представлениями, стоящими в скобках.

При $H_0 \parallel C_4$ влияние магнитного поля на уровни энергии иона описывается выражением $V_3 = g\beta J_z H_z$, где g – фактор спектроскопического расщепления свободного иона, β – магнетон Бора, J_z и H_z – проекции полного момента и поля на ось z . В первом приближении теории возмущений собственные состояния зеемановских подуровней $^2\Gamma_3^{(2)}(^31_8)$ и $^2\Gamma_3(^31_7)$ в магнитном поле имеют следующий вид:

$$| ^2\Gamma_3^{(2)}\Gamma'_2 \rangle, | ^2\Gamma_3^{(2)}\Gamma'_1 \rangle + A | ^3\Gamma_4^{(1)}\Gamma'_1 \rangle$$

и

$$| ^2\Gamma_3\Gamma'_1 \rangle, | ^2\Gamma_3\Gamma'_2 \rangle + B | ^3\Gamma_5^{(2)}\Gamma'_2 \rangle,$$

где

$$A = \frac{\langle ^3\Gamma_4^{(1)}\Gamma'_1 | V_3 | ^2\Gamma_3^{(2)}\Gamma'_1 \rangle}{E(^2\Gamma_3^{(2)}) - E(^3\Gamma_4^{(1)})} \quad \text{и} \quad B = \frac{\langle ^3\Gamma_5^{(2)}\Gamma'_2 | V_3 | ^2\Gamma_3\Gamma'_2 \rangle}{E(^2\Gamma_3) - E(^3\Gamma_5^{(2)})}.$$

Очевидно, что коэффициенты A и B определяют степень смешивания состояний в магнитном поле.

Пользуясь правилами отбора в группах O_h и C_{4h} , легко определить возможные магнитные дипольные переходы и их поляризацию. Получается, что зеемановская картина перехода $^2\Gamma_3(^31_7) \rightarrow ^2\Gamma_3^{(2)}(^31_8)$ должна состоять из двух π_m -компонент, относительная интенсивность которых зависит только от коэффициентов A и B . В нашем эксперименте в π_m -поляризации действительно наблюдались две линии разной интенсивности. Разная интенсивность этих зеемановских компонент объясняется тем, что коэффициент B у $^2\Gamma_3(^31_7)$ меньше A за счет того, что уровень $^3\Gamma_5^{(2)}$ отстоит дальше от $^2\Gamma_3$, чем $^3\Gamma_4^{(1)}$ от уровня $^2\Gamma_3^{(2)}(^31_8)$.

Аналогичное явление возгорания запрещенной линии наблюдалось в спектрах CaF_2 и SrF_2 , активированных Sm^{2+} в полях 110 кз [5].

Мы наблюдали также появление в магнитном поле двух линий В-I и В-II ($\lambda = 2,346 \text{ мк}$ и $\lambda = 2,327 \text{ мк}$), интенсивность которых в отсутствие магнитного поля исчезающа малая. Как видно из схемы рисунка, обе

эти линии связаны с переходами, разрешенными по симметрии. Очень маленькая интенсивность их при $H_0 = 0$ является случайным обстоятельством, которое связано с характером электрического поля кристалла CaF_2 , расщепляющего состояния 5I_7 и 5I_8 иона Dy^{2+} .

Возгорание разрешенных по симметрии линий В-I и В-II в магнитном поле, также как и возгорание запрещенной линии В-III, связано с взаимодействием близких штарковских подуровней. Например, возгорание линии В-II связано с взаимодействием в магнитном поле близко расположенных уровней $^2\Gamma_3$ и $^3\Gamma_5^{(2)}$ состояния 5I_7 . При возгорании линий интенсивность зеёмановских компонент близлежащих разрешенных интенсивных линий уменьшается. Происходит перекачка интенсивности.

В заключение заметим, что наблюдавшееся нами возгорание линии В-I было зафиксировано также в [1].

Физико-технический институт
им. А.Ф.Иоффе
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
20 февраля 1968 г.

Литература

- [1] Z.Kiss. Phys. Rev., 137, 1749, 1965; Phys. Rev., 137, 1761, 1965.
- [2] Б.П.Захарчения, А.В.Варфаломеев, И.Б.Русанов. ФТТ, 7, 1428, 1965.
- [3] E.C. Sabisky. J. of Chem. Phys., 41, 892, 1964.
- [4] Б.П.Захарчения, И.Б.Русанов. Опт. и спектр., 19, 335, 1965.
- [5] M.H.Crozier. Phys. Rev. Lett., 13, 395, 1964.