

С 343 6

Б-245

27/11. 65

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P - 1950



В.Г. Барышевский, М.И. Подгорецкий

О "ВИЕНИЯХ" ИЗЛУЧЕНИЯ ЯДЕР,
ВОЗБУЖДАЕМЫХ ПОТОКОМ ЧАСТИЦ
ПЕРЕМЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ
ЛАБОРАТОРИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

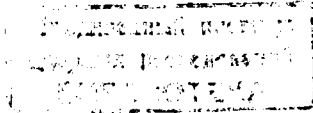
1965

P - 1850

В.Г. Барышевский, М.И. Подгорецкий

О "БИЕНИЯХ" ИЗЛУЧЕНИЯ ЯДЕР,
ВОЗБУЖДАЕМЫХ ПОТОКОМ ЧАСТИЦ
ПЕРЕМЕННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

2981/3 48



Как известно ^{/1/}, при резонансном рассеянии света на атомах, возбужденные уровни которых расщеплены, возникают "биения" с частотой ω_{12} , равной величине расщепления. При этом для наблюдения эффекта необходимо применять импульсное возбуждение, что сильно уменьшает интенсивность рассеянного света.

В работах ^{/2,3/} рассмотрена интересная особенность резонансного рассеяния, возникающая в том случае, если интенсивность падающего света меняется во времени с некоторой частотой Ω ; а именно было показано, что амплитуда "биений" резко возрастает при $\Omega = \omega_{12}$. При этом очень важно отметить, что в резонансе интенсивность рассеянного света достигает таких же значений, как и при постоянном облучении, т.е. становится во много раз больше, чем при импульсном. Последующие работы ^{/4,5/} выяснили, что возрастание "биений" при $\Omega = \omega_{12}$ происходит при любом типе возбуждения атома (Ω - частота изменения возбуждения).

В настоящем сообщении мы хотим обратить внимание на то очевидное обстоятельство, что результаты работ ^{/4,5/} относятся не только к атомам, но и к ядрам, возбуждаемым потоком каких-либо частиц (протонов, нейтронов, γ -квантов). Если поток частиц изменяется с течением времени по закону $J = J_0(1 + \epsilon \cos \Omega t)$, то интенсивность излучения ядер также изменяется с течением времени и содержит резонансный член J' , пропорциональный ^{/5/}

$$J' \sim \epsilon \frac{\gamma_{\pi} \cos(\Omega t + \delta) + (\Omega - \omega_{21}) \sin(\Omega t + \delta)}{(\omega_{21} - \Omega)^2 + \gamma^2}.$$

В отличие от значения, указанного в ^{/5/}, $\gamma = \gamma_{\pi} + \gamma_p$, т.е. содержит не только ширину возбужденных уровней, но и уширение вследствие релаксации спинов возбужденных состояний ядер $\gamma_p = \frac{1}{T_p}$, где T_p - время спиновой релаксации. Заметим, что вследствие этого максимальное значение интенсивности в резонансе умножается на дополнительный множитель $\frac{\gamma_{\pi}}{\gamma} < 1$.

Если на ядра падает поток γ -квантов, то непосредственное возбуждение на узкий уровень затруднительно. Поэтому в начале ядро можно перевести на какой-нибудь широкий уровень, с которого оно спонтанно переходит на расщепленный во внешнем поле узкий уровень и затем - в основное состояние.

Заметим, что в исходном возбужденном состоянии ядро оказывается поляризованным. Поэтому для наблюдения эффекта, в отличие от метода $\gamma - \gamma$ совпадений, достаточно использовать один счетчик, регистрирующий излучение, возникающее при пере-

ходе с расщепленного уровня, что приводит к резкому увеличению эффективности. Если расщепление вызывается магнитным полем, перпендикулярным плоскости, в которой лежат импульсы падающего γ -кванта и последнего γ -кванта \vec{k} и \vec{k}' , то угловое распределение k' относительно \vec{k} в момент t после возбуждения имеет вид /6/

$$W(\theta - \omega_m t) = \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{n_{\text{макс } 0}} A_{2n} P_{2n} [\cos(\theta - \omega_m t)] \right\} e^{-\lambda_{2n} t} e^{-\lambda t},$$

где θ - угол между \vec{k} и \vec{k}' , $\omega_m = \frac{\mu_I H}{I \hbar_0}$, μ_I - магнитный момент расщепленного уровня, I - его спин, A_{2n} - те же параметры, что и в отсутствие внешнего поля, $\frac{1}{\lambda_{2n}}$ - время спиновой релаксации, λ - ширина расщепленного уровня.

Если интенсивность падающего излучения изменяется по закону $J_0(1 + \epsilon \cos \Omega t)$, то W , усредненное по времени жизни расщепленного уровня,

$$W(\theta - \omega_m t) = \lambda \int_0^{\infty} \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{n_{\text{макс } 0}} A_{2n} P_{2n} [\cos(\theta - \omega_m \tau)] \right\} e^{-\lambda_{2n} \tau} e^{-\lambda \tau} (1 + \epsilon \cos \Omega(t - \tau)) d\tau.$$

Анализ этого выражения показывает, что резонансное усиление "биений" происходит при $\Omega = 2\pi\omega_m$ /7/. Если в результате реакции возникает только поляризационный тензор второго порядка, то

$$W(\theta - \omega_m t) = 1 + \frac{\lambda}{4(\lambda + \lambda_2)} A_2^0 + \frac{3}{4} \lambda A_2^0 \frac{\gamma \cos 2\theta + 2 \omega_m \sin 2\theta}{\gamma^2 + (2\omega_m)^2} +$$

$$+ \epsilon \lambda \frac{\lambda \cos \Omega t + \Omega \sin \Omega t}{\lambda^2 + \Omega^2} + \frac{\epsilon}{4} \lambda A_2^0 \frac{\gamma \cos \Omega t + \Omega \sin \Omega t}{\gamma^2 + \Omega^2} +$$

$$+ \frac{3}{4} \epsilon \lambda A_2^0 \left\{ \frac{\gamma \cos(\Omega t - 2\theta) + (2\omega_m - \Omega) \sin(\Omega t - 2\theta)}{(2\omega_m - \Omega)^2 + \gamma^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{\gamma \cos(\Omega t + 2\theta) + (2\omega_m + \Omega) \sin(\Omega t + 2\theta)}{(2\omega_m + \Omega)^2 + \gamma^2} \right\},$$

где $\gamma = \lambda + \lambda_2$.

В качестве примера рассмотрим возбуждение Gd^{161} γ -квантами с основного уровня $(\frac{5}{2}^-)$ на уровень $(\frac{3}{2}^+)$ с энергией 74,5 кэВ. Последующий каскадный переход идет через уровень $(\frac{5}{2}^+)$ с энергией 25,7 кэВ и параметр $A_2^0 = 0,03$. Это значение в пять раз меньше того, которое имеет место в методе γ - γ совпадений. Заметим, что существенное уменьшение асимметрии вследствие нескольких последовательных перехо-

дов между уровнями с моментами $3(\gamma_1)6(\gamma_2)4(\gamma_3)2(\gamma_4)0$ ду γ_1 и γ_4 , γ_2 и γ_4 , γ_3 и γ_4 - одинаковы.

корреляции меж-

Авторы благодарят В.Л. Любошица за обсуждения.

Л и т е р а т у р а

1. М.И. Подгоренский, О.А. Хрусталева, УФН, **81**, 217 (1963).
2. Е.Б. Александров. Оптика и спектроскопия. **14**, 438 (1963).
3. О.В. Константинов, В.И. Перель. ЖЭТФ, **45**, 279 (1963).
4. Е.Б. Александров. Оптика и спектроскопия. **10**, 377 (1964).
5. Е.Б. Александров, В.П. Козлов. Оптика и спектроскопия. **10**, 533 (1964).
6. R.M. Steffen, W. Zobel. Phys. Rev., **103**, 126 (1956).
7. М.И. Дьяконов. ЖЭТФ, **47**, 2213 (1964).

Рукопись поступила в издательский отдел
15 января 1965 г.