

Для типичных параметров плазмы  $k^* \approx 10$ , так что радиационные потери на  $\Pi$  на несколько порядков превышают потери — джонсовскую величину для  $\omega \ll \omega_H$ . Но поскольку  $\tau$ , являя в объёмную нагулять, способность  $\int_0^{\omega} n(\omega) d\omega$  вносит осп. частота  $\omega_0$  и её близ-

жайшие обертоны (фактически сильно затухают), радиационные потери на  $\Pi$  все ещё значительно меньше «потенциально возможных», объёмных  $\Pi$ .  
 При отсуствии  $\Pi$ ТР, достаточно типичном для  $\Pi$ , закон Кирхгофа неприменим и картина запираемая  $\Pi$ , условливается. Характерной «длиной» запирания  $l_{\Pi}$ , сравнение  $k$ -рой с размерами системы  $a$  определяет, будут ли её  $\Pi$  объёмы-ми ( $l_{\Pi} \gg a$ ) или поверхность-ными ( $l_{\Pi} \leq a$ ), выделяется  $\sim [(\beta+1)/\beta] v \times^{-1}(\omega_0)$ ; где  $v \approx l_{\Pi}^2$ ,  $\approx 1$  и  $2$  соответствует, вентно для монохроматичной, дондировского и дондировского профилей линия. Видно, что при

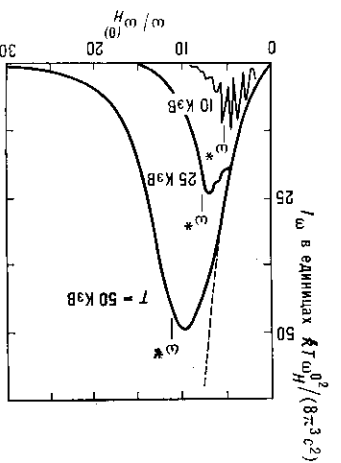


Рис. 4. Спектр микро- трона излучения термоэлектронной плазмы. Пунктир — планковская (ради — джонсовская) интенсивность излучения черного тела.

$\beta \ll 1$  система, оптически толстая в центре линии  $[\kappa(\omega_0)a \gg 1]$ , может нагулять как оптически тонкая,  $T$ . с. из всего объема.  
 И. п. и длинноты плазмы. Наблюдение спектров И. п. в разл. диапазонах  $\lambda$  или  $\nu$  или энергии  $\epsilon = \hbar\omega$  с разл. спектральным разрешением  $\Delta\lambda/\lambda$  (или  $\Delta\epsilon/\epsilon$ ) позволяет получить разнообразную информацию о физ. процессах внутри плазмы (см. *Длинноты плазмы*).  
 На рис. 5 представлен спектр рентг. излучения периферийной области термоядерной плазмы токамака  $T=10$  ( $T_e=0.4$  кэВ,  $N_e=1.5 \cdot 10^{13}$  см $^{-3}$ ) с примесью аргона ( $Z=18$ ). Непрерывный спектр образован  $\Pi$  и  $\Phi$  электронами на протогах и нонах аргона. Угол

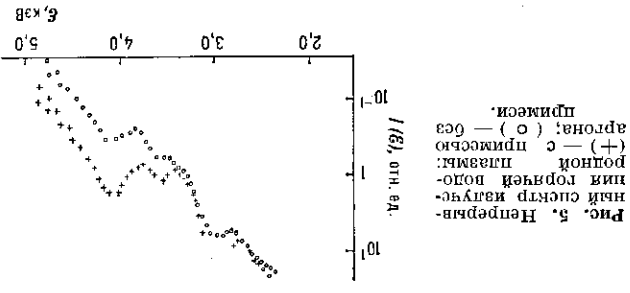


Рис. 5. Непрерывный спектр излучения горячей плазмы аргона: (o) — без примеси, (+) — с примесью.

на рис. 5 ясно видны два пика. Первый (при  $\epsilon \approx 4$  кэВ) является скачком  $\Phi$ , соответствующим комбинации электронов на уровне  $n=1$  водородоподобного аргона; второй пик (при  $\epsilon \approx 3$  кэВ) —  $K\alpha$ -линия ионизованного аргона. Линия этого типа образует естественную структуру, образующуюся в результате  $2p-1s$ -переходов в нонах разл. кратности ионизации при разл. механизмах образования вакансий («дырки») в  $1s$ -оболочке. На рис. 6 показана структура линии мюеза, снятая в нач. (a) и конечной (б) стадиях согрева-

польно-разрешенному переходу в лгг-подобном лоне  $Fe XXV$ , др. линии ( $x, y, z$  и т. д.) — либо запрещенных или переходом, либо переходом в более сложных конках ( $Fe XXIV, Fe XXIII$  и т. д.). В конце вспышки полная интенсивность  $w$ -линии уменьшается (примерно в 6 раз)

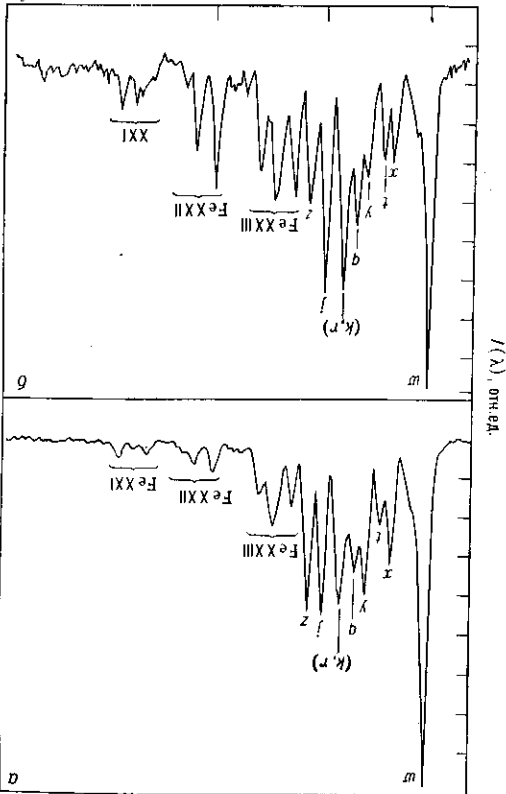


Рис. 6. Структура рентгеновской  $K$ -линии мюеза вблизи осевого перехода  $2p-1s$  в лоне  $Fe XXV$  в начальной (a) и конечной (б) стадиях согреваемой вспышки. Масштаб величин  $I(\lambda)$  на рис. а и б различается примерно в 6 раз.

и возрастает доля нонах низкой кратности ионизации. Наблюдения таких спектров в астрофиз. и лабораторной плазме позволяют определить темп-ры  $T_e$  и  $T_i$  и расширение нонах по кратности ионизации.  
 Наличие в плазме коллективных колебаний скажем, поперечных  $\Pi$ , в  $n$ -рых, напр., могут появляться многочисленные максимумы и минимумы интенсивности на частотах, кратных  $\omega_{pe}$ .  
 Лит.: Зельдович Я. Д., Райзер Ю. П., Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений, 2 изд., М., 1966; Грин И. С. Спектроскопия плазмы, пер. с англ., М., 1969; Вексфелд Дж., Радационные процессы в плазме, пер. с англ., М., 1971; Ванштейн Л. А., Соболев И. И., Юков Р. А., Возбуждение атомов и уширение спектральных линий, М., 1979; Вайберман Л. М., Воробьев В. С., Яковлев И. Т., Кинетика неравновесной низотемпературной плазмы, М., 1982; Вопросы теории плазмы, под ред. М. А. Леонтовича и В. Б. Радоминова, в. 12—13, М., 1982—84; Терякис В. И., Кошман Я. И., Лисина В. С., Многоарядные ионы и излучение плазмы, в сб.: Химия плазмы, под ред. В. М. Смирнова, в. 10, М., 1983, В. И. Коган, В. С. Лисина.  
 ИЗЛУЧЕНИЕ РАВНОВЕСНОЕ — др. матн. наушение, находящееся в термодинам. равновесии при определенной темп-ре  $T$  с веществом, испускающим и поглощающим это излучение. И. р. часто наз. излучением абсолютно черного тела (в др. н. и з. л. у ч е н и е м). С микрокоши. точки зрения равновесие для излучения осуществляется в результате компенсации прямых и обратных элементарных процессов каждого рога, согласно закону равновесия принципу, и является полным (см. *Тепловое излучение*). И. р. изот-