



Зависимости плотности ядерных расщеплений  $N_{ав}$  и протонов  $N_p$  (с энергией  $> 25$  Мэв), рассчитанной на один первичный протон, от расстояния  $x$  от точки наблюдения до оси пучка.

Энергия первичного пучка 660 Мэв; мишень из алюминия толщиной 150 г/см<sup>2</sup> (○ — звезды; × — протоны) и 75 г/см<sup>2</sup> (● — звезды; + — протоны).

Этих частиц и наблюдаемым потоком быстрых протонов. В табл. 2 приведены результаты этих расчетов.

Поток быстрых нейтронов Таблица 2  
( $E > 50$  Мэв),  $10^{-5}$  см<sup>-2</sup>·протон<sup>-1</sup>

Среднее расстояние от оси пучка, см	Толщина мишени, г/см <sup>2</sup>	
	75	150
2	156±40	21,2±5,3
5	44±12	10,3±2,8
16	11,0±3,1	4,4±1,5
29	2,0±0,6	3,8±1,3
42	2,1±0,5	1,3±0,3
55	1,3±0,4	0,9±0,3

(№ 169/4195. Поступила в Редакцию 13/III 1967 г. Полный текст 0,3 а.л., 1 рис., 6 табл., библиография 2 названия.)

наблюдениям звезд от нейтральных частиц, а также как разность между величиной потока звездообразую-

## Вакуумные условия и свойства плазмы с горячими ионами

Г. Ф. БОГДАНОВ

УДК 533.9

Проведен анализ уравнений баланса горячих ионов и молекул газа в магнитной ловушке с учетом перезарядки горячих ионов на молекулах газа, вторичных ионах и атомах, образующихся при ионизации газа плазмой, а также десорбции газа под действием горячих ионов и нейтралов перезарядки, ионизации газа ионами и откачки его внешними средствами. Получено критическое условие, связывающее отношение времени жизни ионов  $\tau$  к времени их жизни до перезарядки  $\tau_{п}$  с параметрами вакуумной системы ловушки, интенсивностью источников  $I$  и энергией ионов  $E$ :

$$\frac{\tau}{\tau_{п}} = f\left(\frac{k}{\alpha}, q, E, I\right),$$

где  $k = Q/I$ ;  $Q$  — поток газа, пропорциональный интенсивности источников ионов;  $\alpha$  — коэффициент захвата ионов в области удержания;  $q$  — коэффициент десорбции под действием ионов и нейтралов перезарядки, уходящих из области удержания.

Плотность плазмы ограничена интенсивностью источников ионов и процессами, отличающимися от перезарядки ( $\tau < \tau_{п}$ ), только если  $f < 1$ . Это довольно жесткое условие, так как при энергии ионов в диапазоне 10—100 кэв допустимое значение  $\left(\frac{k}{\alpha} + q\right)$  изменяется примерно от 0,4 до 2, если остаточным газом является чистый водород, и существенно меньше для более тяжелых примесей. По-видимому, это условие может быть выполнено только в ловушках с отражающими газ поверхностями или при использовании экранировки

горячей плазмы слоем плазмы с горячими электронами и холодными ионами.

Если же  $f > 1$ , то при сравнительно небольших значениях  $I$  вероятность перезарядки становится пропорциональной интенсивности источников,  $\tau$  приближается к  $\tau_{п}$ , а плотность ионов перестает зависеть от  $I$  и не может превышать значения  $(n)_{\max}$ , зависящего только от параметров вакуумной системы и энергии ионов.

В этом случае скорость распада плазмы после выключения механизма ее создания не может быть использована для оценки влияния неустойчивостей на время жизни плазмы, если не проведены прямые измерения потерь ионов, связанных с этими неустойчивостями.

Из уравнений баланса вторичных ионов и электронов, образующихся при ионизации молекул, следует, что ионизация газа должна оказывать сильное влияние на развитие электростатических неустойчивостей, если

$$\frac{n_1}{n} \leq n_0 \sigma_{п} \frac{v}{\gamma},$$

где  $n_1$  — начальное возмущение локального заряда плазмы;  $n$  — плотность плазмы;  $n_0$  — плотность газа;  $\sigma_{п}$  — сечение ионизации;  $v$  — скорость иона;  $\gamma$  — теоретический инкремент развития данного типа неустойчивости. Из этого условия следует, что чем больше плотность плазмы, тем меньше плотность газа требуется для стабилизации (или изменения типа неустойчивости) при данном начальном возмущении  $n_1$ .

Проведенный анализ и данные, полученные на установках с горячими электронами, для которых вакуумные условия менее критичны, дают основания для более оптимистического взгляда на результаты исследований плазмы за прошедшие годы; наиболее мрачные прогнозы относительно будущего сравнительно простых магнитных ловушек нуждаются в более строгом экспериментальном доказательстве.

(№ 170/4230. Статья поступила в Редакцию 8/IV 1967 г., аннотация — 20/V 1967 г. Полный текст 1 а.л., библиография 19 названий.)

## Порядок

### депонирования статей

Депонирование статей осуществляется или по просьбе авторов, или по решению редакционной коллегии журнала.

В журнале печатаются подробные аннотации статей, а полные тексты хранятся в редакции в течение 5 лет и высылаются читателям по их требованию наложенным платежом. Объем аннотации не должен превышать 2 стр. машинописного текста, а объем деponируемого текста — 18 стр. По желанию авторов в аннотацию можно включать рисунок, таблицу, основные формулы и т. п.

Срок опубликования аннотации не более 4 месяцев со дня поступления статьи в редакцию (если депонирование осуществляется по просьбе авторов) или со дня получения согласия авторов на депонирование (если оно осуществляется по решению редакционной коллегии).

Депонированные статьи являются научными публикациями и учитываются при защите диссертаций.

Статьи, представленные для депонирования, должны быть окончательно отработаны авторами и годны для фотографического воспроизведения: текст следует печатать на машинке с жирной черной лентой, формулы вписывать тушью или черными чернилами, рисунки выполнять на ватманской бумаге или кальке и снабжать подписями.

Цена одного экземпляра деponируемого текста 40 коп. При оформлении заказа на тексты деponированных статей необходимо указывать регистрационный номер статьи, который помещен в конце аннотации.

Заказы направлять в редакцию журнала по адресу: Москва, Центр, ул. Кирова, 18.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ