

ИЗМЕРЕНИЕ СЕЧЕНИЙ ИОННО-АТОМНЫХ СТОЛКНОВЕНИЙ ПРИ НИЗКИХ  
ЭНЕРГИЯХ МЕТОДОМ ДОГОНЯЮЩИХ ПУЧКОВ

В.А.Беляев, Б.Г.Брежнев, Е.М.Ерастов

Измерение сечений ионно-атомных столкновений при энергиях ниже  $\sim 100$  эв общепринятыми методами весьма сложно, главным образом потому, что в этой области энергий значительно затрудняется задача проведения ионного пучка через установку и сильно возрастает влияние рассеяния пучка ионов мишенью на результаты измерений. Возможно, однако, экспериментальное решение, свободное от этих трудностей. Для этого обе сталкивающиеся частицы должны иметь достаточно большие энергии в лабораторной системе отсчета. Для получения же низкой энергии взаимодействия необходима лишь малая разность скоростей частиц в момент столкновения. Подобные условия могут быть получены при пересечении монохроматичных пучков частиц под малым углом ("догоняющие пучки"). Так как при этом абсолютная разность энергий сталкивающихся частиц всегда превышает энергию взаимодействия (причем тем значительнее, чем эта энергия меньше), то это дает возможность производить измерения для весьма низких энергий. Так, в частном случае, при угле столкновения, равном нулю, абсолютная разность энергий сталкивающихся частиц  $\Delta T = |T_1 - T_2|$  превышает энергию взаимодействия  $T = \left| \sqrt{T_1} - \sqrt{T_2} \right|^2$  в  $\Delta T/T \approx 2\sqrt{T_1}/\sqrt{T}$  раз при  $T \ll T_1 \approx$

$\approx T_2$ . Для  $T = 1$  эв и  $T_1 = 1$  кэв получим  $\Delta T \approx 60$  эв. Идея, аналогичная описанной, была недавно высказана в [1].

В случае изучения столкновений атомов и ионов одного и того же вещества можно работать с одним монокинетичным смешанным атомно-ионным пучком. При проведении такого пучка через область с измененным потенциалом может быть получен необходимый сдвиг по энергиям  $\Delta T$ .

Нами построена установка, в основу которой положен описанный принцип, и проведены предварительные измерения. В качестве изучаемого процесса была выбрана резонансная перезарядка протонов на атомах водорода. Для создания протонного пучка использовался ионный источник осциллирующего типа. Смешанный атомно-ионный пучок получался частичной перезарядкой пучка протонов, имевших в наших экспериментах энергию  $T_1 = (1150 \pm 9)$  эв, на газовой мишени перед входом в камеру столкновений. Камера столкновений была изолирована и на нее подавался потенциал, тормозящий протоны до энергии  $T_2$ . Тем самым, во-первых, создавался необходимый для получения определенной энергии взаимодействия сдвиг по энергиям между протонами и атомами в пучке и, во-вторых, строго фиксировалась длина взаимодействия, так как по выходу из камеры столкновений непрореагировавшие протоны вновь приобретали энергию  $T_1$ . Те же протоны, которые образовались из атомов в результате перезарядки в камере столкновений (и имели поэтому в камере столкновений энергию  $T_1$ ), приобретали при выходе из камеры столкновений дополнительную энергию, что дало возможность выделить их в дальнейшем из общего потока частиц и зарегистрировать. По величине тока этих вновь образовавшихся протонов (при известных характеристиках взаимодействовавших пучков и размерах камеры столкновений) было вычислено сечение процесса.

Ионы с энергией  $T_1$  могли образовываться в камере столкновений не только в результате перезарядки атомов на протонах (эффект), но и в результате других процессов, из которых доминирующую роль играла обдирка атомов на остаточном газе (фон). Для того чтобы величина фона не превышала эффекта, давление остаточного газа в камере

столкновений в наших условиях должно было быть не хуже  $\sim 3 \cdot 10^{-10}$  мм рт.ст.

Полученное нами в предварительных экспериментах значение сечения резонансной перезарядки протонов на атомах водорода  $\sigma_{10} = (5,45 \pm 1,35) \cdot 10^{-15}$  см<sup>2</sup> при энергии  $T = (31,8 \pm 3,6)$  эв находится в удовлетворительном согласии с единственными экспериментальными результатами для данного взаимодействия в этой области энергии [2].

Проведенные предварительные эксперименты показали, что трудности, возникающие при применении данного метода к изучению ионно-атомных столкновений, преодолимы. Метод догоняющих пучков дает возможность изучать столкновения типа ион-ион и ион-атом для различных паров и газов (как атомарных, так и молекулярных), что делает его весьма перспективным для изучения процессов ионно-атомных столкновений при низких энергиях вплоть до долей электронвольта.

В заключение авторы считают своим долгом выразить благодарность Л.А.Арцимовичу, М.К.Романовскому и А.М.Андрианову за предоставленную возможность выполнить настоящую работу и постоянный интерес к ней. Авторы благодарят Н.В.Федоренко, В.В.Афросимова и Р.Н.Ильина за обсуждение метода.

Поступило в редакцию

25 февраля 1966 г.

#### Литература

- [1] S.M.Trujillo, R.H.Neynaber, Lawrence L. Marino, E.W.Rothe. IV International Conference on the Physics of Electronic and Atomic Collisions. Quebec, 1965.
- [2] W.L.Fite, A.C.H.Smith, R.F.Stebbing. Proc. Roy. Soc., A268, 527, 1962.