

Н. И. ИОНОВ

### ИОНИЗАЦИЯ МОЛЕКУЛ KJ, NaJ И CsCl ЭЛЕКТРОНАМИ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 20 XI 1947)

В настоящей работе описаны результаты опытов по ионизации пучка молекул щелочногалогидных солей электронами.

Прибор, примененный для этой цели, представлял масс-спектрометр обычного типа с фокусировкой на  $180^\circ$ . Он состоял из источника и приемника ионов, соединенных изогнутой до полуокружности стеклянной трубкой, внутри которой проходили в поперечном магнитном поле от источника к приемнику исследуемые ионы. Внутренняя поверхность трубки была закрыта спиралью из немагнитной нихромовой ленты.

Пучок молекул получался нагреванием исследуемой соли в кварцевой печи  $P$  (рис. 1) и, ограниченный двумя щелями 1 и 2, проходил через ионизационную камеру  $A$  и манометр  $M$ . Размеры щелей 1—5 были выбраны так, что молекулы соли не могли попадать на внутренние стенки ионизационной камеры и манометра.

Пучок электронов, эмитируемых вольфрамовой нитью, проходил в направлении магнитного поля перпендикулярно плоскости чертежа (обозначен пунктиром в середине щели 6) через две щели в стенках ионизационной камеры  $A$  (нижняя из них, 6, показана на рисунке, верхняя находящаяся у катода, имела размеры  $0,5 \times 4$  мм) и улавливался после камеры в фардеев приемник (за щелью 6), находившийся под потенциалом  $+50$  V относительно камеры.

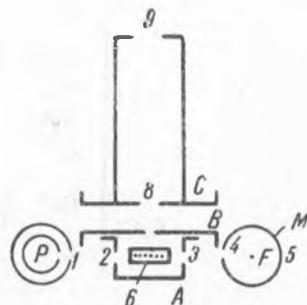


Рис. 1. Схематический чертеж источника ионов

Энергии электронов от 0 до 150 V создавались ускоряющей разностью потенциалов, приложенной между катодом и ионизационной камерой. Величина электронного тока в фардеев приемник в процессе опытов была обычно порядка 100  $\mu$ A.

В ионизационной камере, в месте пересечения молекулярного и электронного пучков, происходила ионизация молекул соли электронами; образующиеся при этом ионы вытягивались через щель 7 (затянутую сеткой из тонких вольфрамовых проволок) полем от 0 до 1 V/cm, приложенным между электродом  $B$  и камерой  $A$ , затем ускорялись до 1350 V полем между электродами  $B$  и  $C$  и после прохождения щелей 8 и 9 анализировались магнитным полем.

Ионный ток, поступающий в приемник масс-спектрометра, измерялся ламповым электрометром с чувствительностью порядка  $10^{-14}$  A/mm. Разрешающая сила масс-спектрометра составляла около 1%.

Манометр для относительных измерений плотности молекулярного пучка состоял из вольфрамовой нити  $F$  (рис. 1), нагреваемой в ходе опытов до постоянной температуры в  $2300\text{--}2400^\circ\text{K}$ , и окружающего нить цилиндрического коллектора  $M$  с щелями 4 и 5. Молекулярный пучок после прохождения ионизационной камеры  $A$ , попадая на нить  $F$ , ионизовался, и положительные ионы щелочного металла подем в  $150\text{ V}$  собирались на коллектор  $M$ .

Величина тока положительных ионов между нитью  $F$  и коллектором  $M$  служила мерой плотности молекулярного пучка.

В ходе опытов постоянство и относительная величина плотности молекулярного пучка поддерживались и измерялись с точностью до  $1\%$ .

В табл. 1 приведены результаты опытов по ионизации трех из исследованных нами щелочногалогидных солей, а именно  $\text{KJ}$ ,  $\text{NaJ}$  и  $\text{CsCl}$ . Помимо положительных ионов, указанных в столбце 2 табл. 1, в спектре присутствовали довольно интенсивные линии продуктов ионизации молекул  $\text{H}_2\text{O}$ , величина которых возрастала с ростом температуры печки и падала со временем при постоянной температуре печки.

Таблица 1

Соль	Наблюдаемые ионы	Ионизационные потенциалы в V	Вероятные процессы	Относительные величины токов в %
1	2	3	4	5
KJ	$\text{K}_2\text{J}^+$	$7,1 \pm 0,2$	$\text{K}_2\text{J}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{J}^+ + \text{J}$	1,2
	$\text{KJ}^+$	$8,3 \pm 0,2$	$\text{KJ} \rightarrow \text{KJ}^+$	22,5
	$\text{K}^+$	$8,1 \pm 0,2$	$\text{KJ} \rightarrow \text{K}^+ + \text{J}$	58,8
	$\text{J}^+$	$14,4 \pm 0,3$	$\text{KJ} \rightarrow \text{K} + \text{J}^+$	17,5
NaJ	$\text{Na}_2\text{J}^+$	$8,9 \pm 0,5$	$\text{Na}_2\text{J}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{J}^+ + \text{J}$	21,1
	$\text{NaJ}^+$	$8,8 \pm 0,3$	$\text{NaJ} \rightarrow \text{NaJ}^+$	31,4
	$\text{Na}^+$	$9,6 \pm 0,3$	$\text{NaJ} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{J}$	37,2
	$\text{J}^+$	$15,1 \pm 0,4$	$\text{NaJ} \rightarrow \text{Na} + \text{J}^+$	10,3
CsCl	$\text{Cs}^+$	$\left\{ \begin{array}{l} 12,0 \pm 0,2 \\ 20,7 \pm 0,2 \end{array} \right.$	$\text{CsCl} \rightarrow \text{Cs}^+ + \text{Cl}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} 90,2$
			$\text{CsCl} \rightarrow \text{Cs}^+ + \text{Cl}^+$	
	$\text{Cl}^+$	$20,8 \pm 0,5$	$\text{CsCl} \rightarrow \text{Cs} + \text{Cl}^+$	9,8

Ионизация молекул  $\text{H}_2\text{O}$  исследовалась многими авторами, и потенциал появления ионов  $\text{H}_2\text{O}^+$  в согласии между ними определен равным  $13,0\text{V}$ . Мы поэтому воспользовались линией  $\text{H}_2\text{O}^+$  для градуировки прибора. В столбце 3 табл. 1 приведены потенциалы ионизации солей, исправленные по потенциалу появления ионов  $\text{H}_2\text{O}^+$ .

В столбце 4 табл. 1 приведены вероятные процессы, приводящие к образованию наблюдаемых в опыте положительных ионов; в столбце 5 помещены относительные величины интенсивностей отдельных массовых линий, измеренные при энергии электронов, равной  $60\text{ V}$ .

Как показала зависимость интенсивности массовых линий от изменения плотности молекулярного пучка в большем интервале изменения плотностей, все положительные ионы, наблюдаемые при ионизации молекул солей, приведенных в табл. 1, образуются путем элементарных актов, и влияние вторичных процессов в наших опытах не проявлялось.

Следовательно, появление ионов  $\text{K}_2\text{J}^+$  и  $\text{Na}_2\text{J}^+$  (а также  $\text{K}_2\text{Cl}^+$ ,  $\text{Na}_2\text{Cl}^+$  и  $\text{Li}_2\text{Cl}^+$ , данные по ионизации которых не приведены в таблице)

можно понять только, если допустить, что галоидные соли калия, натрия и лития испаряются не только в виде молекул типа  $\text{MX}$ , но и частично в более сложном виде,  $\text{M}_2\text{X}_2$  или  $\text{M}_2\text{X}$ , причем вероятность испарения соли в виде ассоциированных молекул возрастает в ряду щелочных металлов от калия к литию.

Зависимость величины тока положительных ионов от энергии электронов в интервале от 0 до 120 V во всех случаях оказалась обычного вида с максимумами от 40 до 100 V для различных сортов ионов.

В спектре отрицательных ионов всех исследованных нами солей обнаружены отрицательные ионы атомов галоидов с селективным максимумом вблизи нулевых энергий ионизирующих электронов.

Полные результаты опытов и выводы мы надеемся описать в более подробной статье.

В заключение выражаю искреннюю благодарность В. М. Дукельскому за постоянный интерес к работе и ценные советы при ее выполнении.

Ленинградский физико-технический институт  
Академии Наук СССР

Поступило  
20 XI 1947