

Опыты Франка и Герца

Первый и третий постулаты Бора были экспериментально подтверждены в опытах Франка и Герца, поставленных в 1913 г. В этих опытах изучалось прохождение через газы пучка электронов, ускоренных в электрическом поле. Первые опыты были проведены с прохождением электронов через пары ртути. Схема опытов изображена на рис. 28.5. В стеклянный сосуд, в котором находились пары ртути при давлении около 13,3 Па, помещались накаливаемый катод K , испускающий электроны, анод A , соединенный

с гальванометром G , и сетчатый электрод S . Между катодом и сеткой создавалось электрическое поле, ускоряющее электроны до энергии $e\varphi_1$ где φ_1 - разность потенциалов между катодом и сеткой, e - заряд электрона. Между сеткой и анодом создавалось слабое замедляющее поле с разностью потенциалов φ_a не более 0,5 В.

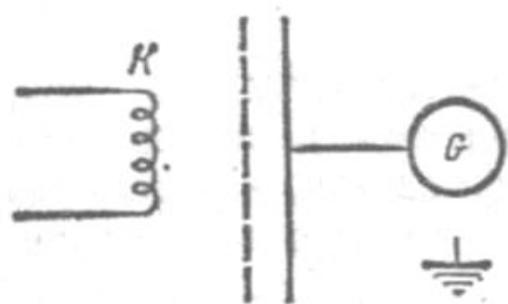


Рис. 28.5

При прохождении электронов через пары ртути происходят соударения электронов с атомами ртути. Столкновения электронов с атомами могут быть двух типов. Первый тип столкновений — *упругие соударения*, в результате которых скорости и энергии электронов не изменяются, а лишь происходят изменения направлений скоростей электронов. Второй тип столкновений — *неупругие соударения*, при которых электроны теряют свою энергию и передают ее атомам ртути.

Упругие соударения электронов с атомами ртути не могут воспрепятствовать электронам попадать на анод. Ускоряющее электрическое поле между K и S по мере возрастания разности потенциалов φ_1 должно вызывать возрастание анодного тока в трубке, и упругие столкновения не могут нарушить этой закономерности. Неупругие столкновения могут явиться причиной практически полного отсутствия анодного тока. В самом деле, если электроны при неупругом столкновении с атомами ртути потеряют свою энергию настолько, что они не смогут преодолеть слабого

задерживающего поля между сеткой S и анодом A , анодный ток должен практически упасть до нуля.

По первому постулату Бора, атом ртути не может принять от электрона любую порцию энергии. Атом может воспринять лишь такую энергию, которой будет достаточно для перехода атома в одно из возбужденных энергетических состояний. Ближайшим к основному, невозбужденному состоянию атома ртути является возбужденное состояние, отстоящее от основного по шкале энергий на 4,86 эВ. До тех пор, пока электроны, ускоряемые полем, не приобретут энергию $e\varphi_1 = 4,86$ эВ, они испытывают только упругие столкновения с атомами, не теряют своей энергии, достигают анода и анодный ток возрастает. Как только энергия электрона достигнет значения 4,86 эВ, может произойти неупругое соударение электрона с атомом ртути, в результате которого

электрон полностью отдаст свою энергию атому. Вся энергия электрона пойдет на переход атома ртути из нормального энергетического состояния в возбужденное. Очевидно, что такой электрон не сможет преодолеть слабого задерживающего поля между S и A и не попадет на анод.

Таким образом, при разности потенциалов между катодом и сеткой, равной $4,86$ В, должно происходить резкое падение анодного тока. При разности потенциалов $2 \cdot 4,86$, $3 \cdot 4,86$ В и т. д., когда электроны могут испытать два, три и т. д. неупругих соударения с атомами ртути и потерять при этом полностью свою энергию, должно происходить то же самое. Характерная зависимость анодного тока от разности потенциалов между катодом и сеткой в

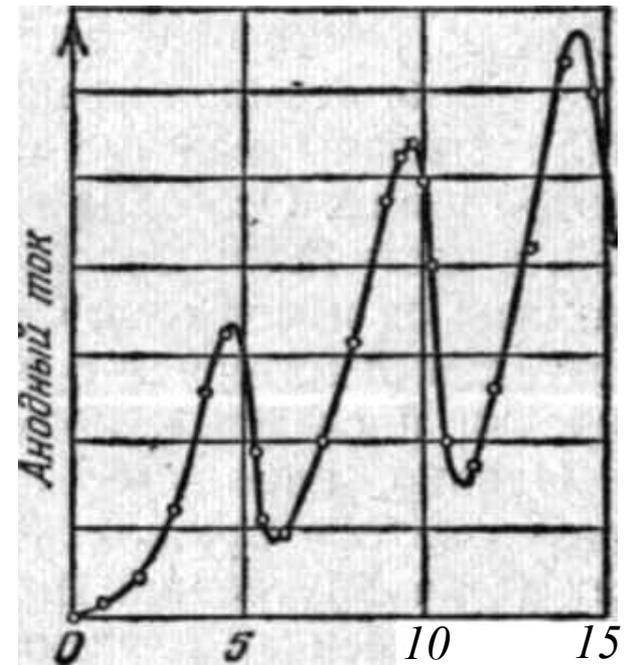


Рис. 28.5

опытах Франка —Герца приведена на рис. 28.6. При $\varphi_1 = 4,86$ В, 9,72 В и 14,58 В происходит резкое падение анодного тока, подтверждающее справедливость первого постулата Бора.

В опытах Франка и Герца получил экспериментальное подтверждение третий постулат Бора (правило частот). Ртутные пары, находящиеся в трубке, с которой производились опыты, оказались источниками ультрафиолетового свечения с длиной волны 253,7 нм. Излучение ртутных паров связано с тем, что атомы ртути, возбужденные электронным ударом, находятся на возбужденном энергетическом уровне весьма непродолжительное время, порядка 10^{-8} с, и затем возвращаются на основной энергетический уровень. Согласно третьему постулату Бора, в момент перехода атома в нормальное состояние излучается квант энергии в виде фотона с энергией $\Delta E = h\nu$. По известной величине $\Delta E = 4,86$ эВ = $4,86 \cdot e$ Дж, где $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл — заряд электрона, можно вычислить длину волны испускаемого света:

$$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{hc}{\Delta E} = 2537 \cdot 10^{-10} \text{ м} = 253,7 \text{ нм.}$$

Этот результат полностью согласуется с экспериментом: ртутные пары излучали главным образом именно эту длину волны.

Помимо теоретического истолкования линейчатых спектров водородоподобных систем, теория Бора позволила объяснить физическую природу так называемых характеристических рентгеновских лучей и ряд других явлений, изложение которых выходит за нашего курса. Теория Бора сыграла огромную роль в создании атомной физики. В период ее развития (1913—1925 гг.) были сделаны важные открытия, часть из которых рассмотрена в лекциях. Особенно велика роль теории Бора в развитии атомной, а частично и молекулярной спектроскопии — учения о спектрах атомов и молекул. С помощью теории Бора огромный экспериментальный материал о спектрах атомов и молекул был систематизирован и сведен к полуэмпирическим закономерностям.

Однако, наряду со значительными успехами, в теории Бора сразу же обнаружились существенные недостатки. Основным из них была внутренняя противоречивость теории Бора. Она являлась соединением классической физики с квантовыми постулатами, противоречащими этой физике. Наиболее серьезной неудачей теории Бора явилась абсолютная невозможность с ее помощью создать теорию атома гелия и вообще любых систем, содержащих ядро и более одного электрона. Дальнейшее развитие физики показало, что теория Бора, правильно объяснившая одни факты и неспособная истолковать ряд других, представляла собой определенный переходный этап на пути создания последовательной теории атомных и ядерных явлений. Такой последовательной теорией явилась квантовая механика, некоторые основы которой мы уже рассмотрели в предыдущих лекциях, а также рассмотрим в дальнейшем.

