

электрона, движущегося по орбите,

$$W = \frac{mv^2}{2} - \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

и уравнения второго закона Ньютона

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2},$$

а также используя идею квантования момента импульса в стационарном состоянии

$$mvr = \frac{h}{2\pi} n,$$

легко получить знаменитую боровскую формулу для энергии электрона в атоме:

$$W_n = -\frac{mz^2 e^4}{4\epsilon_0^2 h^2 n^2}.$$

Эта энергия, как видно, представляет собой квантованную величину (принимает дискретный ряд значений, соответствующих целочисленным  $n = 1, 2, \dots$ ). Сам Бор писал об этом так: «Разным  $n$  соответствуют ряд значений  $W_n$ , соответствующих различным конфигурациям системы, в которых нет излучения, а потому они будут стационарными, пока система не будет возмущена извне».

Интересно, что еще в начале февраля 1913 года по совету одного из коллег Бор сопоставил свой результат с формулой Бальмера — Ридберга для спектра атома водорода (до этого он о ней ничего не знал) и предположил, что так называемые спектральные термы — величины  $R/n^2$  и  $R/m^2$  — пропорциональны энергии электрона в атоме в разных стационарных состояниях. Следующий шаг — предположение о том, что при переходе атома из одного стационарного состояния в другое излучается один квант энергии, откуда и получается знаменитое правило частот (фактически второй постулат Бора)

$$h\nu_{n_1 \rightarrow n_2} = W_{n_1} - W_{n_2},$$

$$\nu = \frac{mz^2 e^4}{4\epsilon_0^2 h^3} \left( \frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right).$$

Совпадение с формулой Бальмера — Ридберга абсолютное, что говорит о хорошем согласии теории с экспериментом. Сохранилось свидетельство известного физика Д.Хевеши о том, что когда об этом блестящем подтверждении теории Бора узнал Эйнштейн, он был потрясен тем фактом, что частота излучения, оказывается, не зависит от частоты вращения электрона в атоме: «Большие глаза Эйн-

штейна стали еще больше, и он сказал мне: «Тогда это одно из величайших открытий».

Сам же Бор в введении к статье «Связывание электрона положительным ядром» пишет о той большой роли, которую играет в его теории постоянная Планка: «Только существование кванта действия  $h$  препятствует слиянию электронов с ядрами в нейтральную частицу практически бесконечно малого размера... Только оно одно дало полное объяснение замечательным зависимостям между физическими и химическими свойствами элементов — зависимостям, выраженным в периодической таблице Менделеева».

### Принцип соответствия

Отрицая классическую электродинамику, Бор тем не менее все время пытается найти связь между новой и старой теориями и в 1912 году формулирует свой знаменитый принцип соответствия. Согласно этому принципу, физическая теория, явившаяся обобщением и развитием некоторой классической теории, в ряде предельных случаев должна давать результаты, совпадающие с классическими.

В боровской теории атома это следует понимать так: при больших квантовых числах  $n$  выводы теории должны соответствовать классическим представлениям. Для атома водорода, например, при больших квантовых числах «расстояния» между соседними энергетическими уровнями оказываются очень малыми (рис.2), т.е. уровни становятся квазинепре-

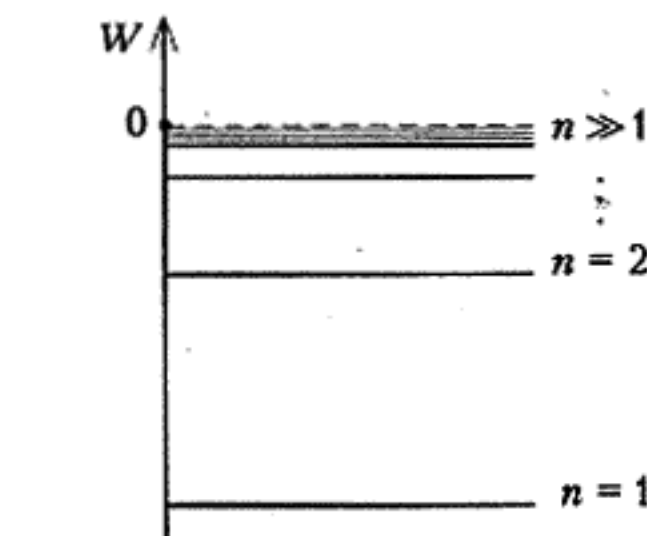


Рис. 2

рывными — это и есть отброшенные классические представления. В работе «О спектре водорода» Бор с помощью этого принципа вычисляет постоянную Ридберга. Попробуйте самостоятельно воспроизвести ход его мыслей.

### Теория и эксперимент

Может ли какой-нибудь эксперимент подтвердить результаты теории? Слово А.Эйнштейну: «Опыт никогда не скажет теории «да», но говорит в лучшем случае «может быть», большей частью — просто «нет». Когда опыт согласуется с теорией, для нее это означает «может быть», когда же противоречит ей, объявляется приговор «нет». Таким образом, суждение о том, сколько и каких экспериментов необходимо, чтобы подтвердить истинность теории, не может быть абсолютно безупречным — чем их больше, тем больше у исследователя степень уверенности, что теория достоверна. Но абсолютной уверенности нет никогда — на определенном этапе разработки проблемы может «подвернуться» факт, экспериментальный результат, противоречащий ей, и, если это не случайность, следует серьезно задуматься: всегда ли верна теория (а иногда и о том, верна ли она вообще).

Несмотря на большое число экспериментов, свидетельствовавших в пользу теории Бора, ряд фактов она объяснить не смогла (например, интенсивность спектральных линий, количественный расчет атома гелия, дублетные линии в спектрах и многое другое). В чем же причина? Очевидно, во внутренней противоречивости теории и в попытках соединить несоединимое — классику и квантовые постулаты, и не только в предельных случаях, а во всей области действия.

В 1926—1927 годах Э.Шрёдингер и В.Гейзенберг, опираясь на теорию Бора и многочисленные экспериментальные и теоретические посылки, заложили фундамент последовательной теории строения атома — квантовой механики. А что же теория Бора? Ряд ее результатов, например правила квантования Бора — Зоммерфельда, стали тем предельным случаем, в котором квантовая механика пересеклась с теорией Бора. Некоторые результаты представляют огромный исторический интерес, а идея дискретности микромира — важнейший отправной пункт дальнейших исследований ученых. Теория Бора, по словам Эйнштейна, была «наивысшей музыкальностью в области мысли». Высокую оценку трудов ученого дал и Резерфорд: «Я рассматриваю труды Бора как величайший триумф человеческой мысли».

В 1922 году Бор получил Нобелевскую премию по физике «За заслуги в изучении строения атома».