



АТОМНАЯ ФИЗИКА

Авторы: В. И. Балыкин, М. А. Ельяшевич

АТОМНАЯ ФИЗИКА, раздел физики, в котором изучают строение и свойства атомов и элементарные процессы, связанные с ними. *Атом* – система электрически заряженных частиц, поэтому его строение и свойства определяются в осн. электромагнитными взаимодействиями между частицами, действующими на расстояниях порядка 10^{-8} см с энергией порядка 1 эВ.

Первые представления о существовании атомов как мельчайших неделимых и неизменных частицах вещества высказаны в 5–3 вв. до н. э. в Древней Греции (*Демокрит*, *Эпикур* и др.). В 17–18 вв., в период становления точного естествознания, атомистич. представления развивали И. *Кеплер*, П. *Гассенди*, Р. *Декарт*, Р. *Бойль*, И. *Ньютон*, М. В. *Ломоносов* и др. Однако лишь в кон. 18 – нач. 19 вв. эксперим. исследования привели к созданию первых атомистич. теорий. На основе количественных химич. законов и законов идеальных газов в нач. 19 в. стала развиваться химич. атомистика (Дж. *Дальтон*, А. *Авогадро*, Й. *Берцелиус*), а к сер. 19 в. были разграничены понятия атома и молекулы (С. *Канницаро*). В 1869 Д. И. *Менделеев* открыл периодич. закон и создал периодич. систему химич. элементов, носящую его имя. Атомистич. представления легли в основу молекулярной физики, в частности кинетич. теории газов (сер. 19 в.), и статистич. физики (Р. *Клаузиус*, Дж. К. *Максвелл*, Л. *Больцман*, Дж. У. *Гиббс*). Одновременно развивалось учение о внутреннем атомном строении кристаллов и их симметрии (Р. *Гаюи*, О. *Браве*, Е. С. *Фёдоров*, нем. кристаллограф А. Шёнфлис).

Построению совр. А. ф. в нач. 20 в. предшествовали открытия электрона (1897, Дж. Дж. *Томсон*) и радиоактивности (1895, А. *Беккерель*), которые опровергли мнение о неделимости атома. Важнейшим событием в А. ф. явилось открытие Э. *Резерфордом* в 1911 атомного ядра, обладающего малыми по сравнению с атомом

размерами и сосредоточившего в себе осн. массу и положительный заряд атома. Резерфорд предложил т. н. планетарную модель атома: вокруг положительно заряженного массивного ядра двигаются по орбитам лёгкие отрицательно заряженные электроны. Однако в соответствии с законами классич. электродинамики такой атом был бы неустойчивым, т. к. электроны при этом непрерывно излучали бы электромагнитную энергию и за доли секунды упали на ядро. В 1913 Н. [Бор](#) создал теорию устойчивого атома, положив в её основу эмпирически введённые им квантовые постулаты ([Бора постулаты](#)): 1) атом может существовать только в дискретных стационарных состояниях, характеризующихся определёнными внутр. энергиями, причём, находясь в этих состояниях (на определённом уровне энергии), атом устойчив и не испускает электромагнитную энергию; 2) переходы между стационарными состояниями происходят скачкообразно (т. е. его энергия меняется не непрерывно, а скачкообразно); при таком переходе ([квантовом переходе](#)) атом поглощает или испускает определённую порцию электромагнитной энергии – квант энергии

$$E = h\nu_{ik}, \text{ где}$$

h – постоянная Планка, а

ν_{ik} – т. н. частота квантового перехода, определяемая энергиями стационарных состояний

i и

k , между которыми совершается переход.

Теория атома Н. Бора позволила объяснить не только устойчивость атома, но и линейчатость [атомных спектров](#), наблюдавшиеся закономерности оптических и рентгеновских спектров, а также периодич. закон Менделеева. Для определения возможных дискретных значений энергии атома водорода Бор предположил, что при очень малых ν квантовые и классич. результаты должны совпадать (т. н. [соответствия принцип](#)), и применил для описания движения электрона и вычисления его энергии классич. законы электродинамики. Однако теория Бора оказалась неприменимой к атому гелия и более сложным атомам.

В 1923 Л. де [Бройль](#) выдвинул гипотезу [корпускулярно-волнового дуализма](#): всем

частицам материи присущи свойства как частицы, так и волновые свойства, каждой частице материи можно поставить в соответствие определённую длину волны. Идея де Бройля позволила объяснить существование стационарных состояний атома: возможны лишь такие из них, при которых длина волны электрона укладывается на его орбите целое число раз. Т. о., электрон в определённом состоянии аналогичен стоячей волне с длиной

λ , определяющей его энергию

$$E = hc/\lambda \text{ (где)}$$

c – скорость света) и импульс

$p = h/\lambda$. Развитие идеи де Бройля привело к созданию квантовой механики

(В. [Гейзенберг](#), М. [Борн](#), Э. [Шрёдингер](#)), на основе которой была создана последовательная теория атома. В соответствии с этой теорией каждое стационарное состояние атома описывается волновой функцией, которая является решением [Шрёдингера уравнения](#). Представления о движении электронов по определённым орбитам оказалось неправильным, т. к. невозможно одновременно точно указать координаты нахождения электрона в данной точке пространства и значение его импульса ([неопределённостей соотношение](#), введённое В. Гейзенбергом в 1927). Можно лишь говорить о распределении электронной плотности или вероятности нахождения электрона в данный момент времени в данной точке пространства, что и определяет его волновая функция.

В 1925 в теорию была введена (Дж. [Уленбек](#) и С. [Гаудсмит](#)) новая физич. величина – [спин](#) электрона – его собственный механич. момент, с которым связан собственный магнитный момент электрона. Оказалось, что спином обладают и др. атомные частицы, и атом в целом. Учёт спина позволил объяснить расщепление уровней энергии и спектральных линий атома в электрич. и магнитных полях ([Зеемана эффект](#) и [Штарка эффект](#)), уяснить порядок расположения электронов в атомах разл. химич. элементов (см. [Паули принцип](#), [Числа заполнения](#)).

Квантовая механика объяснила образование ковалентной химич. связи (1927, В. [Гайтлер](#), Ф. Лондон), связь атомов в кристаллах, влияние на них внутрикристаллич. поля (1929, Х. [Бете](#)), межатомные взаимодействия и т. д.

В 1930-х гг. выяснилось, что в атомном ядре между входящими в него частицами действует не электромагнитное взаимодействие, а новый тип взаимодействия – [сильное взаимодействие](#). Физика атомного ядра выделилась в самостоятельную область – ядерную физику. В 1940–50-х гг. сформировались физика элементарных частиц и физика плазмы. Совр. А. ф. включает теорию и экспериментальные методы исследования атомных спектров в оптическом, рентгеновском и радиодиапазонах. Она позволяет получать точные значения энергий стационарных состояний, моментов количества движения и др. характеристик атомов, изучает механизмы их возбуждения, столкновительные и внутр. процессы. Эти данные необходимы для создания разл. типов лазеров, для физики плазмы, решения астрофизических и космологических задач, для изучения электрических, магнитных и др. свойств вещества. Уширение и сдвиг спектральных линий позволяет судить о локальных полях в конденсированных средах, вызвавших эти изменения, о температуре и плотности среды, измерять высокие давления и т. п. Распределение электронной плотности в конденсированных средах, которое определяют, напр., методами [рентгеновского структурного анализа](#), позволяет устанавливать характер межатомных связей.

Для определения точных значений атомных характеристик необходимо устранить влияние на атом окружающей среды и «остановить» его, т. к. движение атомов искажает их спектры (напр., вызывает доплеровское [уширение спектральных линий](#)). Развитие методов изучения «холодных» (остановленных) атомов позволяет получать атомные спектры с шириной спектральных линий, близкой к естественной. Важным достижением науки явилось получение реального изображения отдельных атомов с помощью сканирующего [туннельного микроскопа](#) и атомно-силового микроскопа.

Литература

Лит. см. при ст. Атом.