

СТРОЕНИЕ АТОМОВ И ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН МЕНДЕЛЕЕВА

В основу систематики элементов Д.И. Менделеев положил атомный вес. Авторы данной статьи при создании более точного варианта таблицы Менделеева произвели систематизацию элементов на основе моделей их атомов.

Ключевые слова: ионизационный потенциал, энергия терма, эффект движения, параметры орбиты, эффективное зарядовое тело, стационарное состояние.

Основой современной атомной физики является квантовая механика. Квантовые закономерности строения атомов были открыты Н. Бором, создавшим теорию, которая хорошо описывала строение атома водорода и закономерности в его спектрах. Дальнейшее развитие теория Бора получила в работах Зоммерфельда. Эти ученые строго обосновали резерфордовскую планетарную модель атома, однако вследствие трудностей, возникших при объяснении тонкой структуры спектров и строения сложных атомов, их теория была отвергнута.

Наша теория является логическим продолжением теории Бора-Зоммерфельда. При ее создании использовался обширный экспериментальный материал, связанный с определением значений ионизационных потенциалов и энергий термов оптических и рентгеновских лучей.

В справочной литературе значения ионизационных потенциалов и энергий термов приводятся с очень высокой точностью, достигающей восьми-, десятизначных цифр. Эти данные надежны, так как получены в результате обобщения экспериментального материала, которым располагает все человечество. Результаты теоретических исследований с помощью методик, разработанных на основе нашей теории, хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Новая теория создана на основе ньютоновских представлений о пространстве и времени. Одним из важнейших ее достоинств является возможность наглядно представить строение атомов и получить ряд новых интерпретаций процессов, происходящих в атомах. Нами получены точные формулы, описывающие движение взаимодействующих тел. Так называемые релятивистские эффекты, наблюдаемые при движении взаимодействующих тел со скоростями, близкими к скорости света, мы учитываем с помощью формул эффекта движения.

Нами разработана методика расчета параметров орбит сложных атомов по известным значениям ионизационных потенциалов и выведены формулы, позволяющие теоретически рассчитывать значения ионизационных потенциалов у многоэлектронных атомов. Таким образом, можно теоретически рассчитать любой сложный атом, что свидетельствует о неограниченных возможностях классической физики.

Согласно современной теории размещением электронов в атоме по энергетическим уровням управляет принцип Паули, с помощью которого объясняется и тонкая структура спектров. В этом принципе одна из главных ролей отводится спину электрона. Как мы показали ранее, у электрона спина нет и, следовательно, становится под сомне-

ние правильность выводов, сделанных на основе принципа Паули.

После открытия Ньютоном закона всемирного тяготения появилась возможность решать задачи о движении взаимодействующих тел. Вначале такие задачи решались только в астрономии. В 1913 году Бор успешно описал движение электрона в атоме водорода.

В планетарных системах тела движутся под действием центральных сил. Задача о движении тела в центральном силовом поле не для всех случаев решена в элементарных функциях. Например, в настоящее время нет решений, явно выражающих зависимость координат движущегося тела от времени. Существующие формулы сложны и неудобны при практическом использовании. Они не учитывают эффект движения, обусловленный конечностью скорости распространения взаимодействия. Ниже будет показано, как получены точные формулы, учитывающие этот эффект. В основу выводов были положены законы сохранения энергии и момента количества движения. Формулы выведены новым оригинальным способом с использованием новых понятий — интеграла энергии системы двух взаимодействующих тел и эффекта движения. Новые формулы значительно проще формул, применяемых в настоящее время при расчетах, и при этом позволяют более точно рассчитывать параметры орбит небесных тел и электронов в атомах.

Два взаимодействующих тела заставляют друг друга двигаться по орбитам. Если масса центрального тела очень велика, и его движением можно пренебречь, то для единичной массы малого тела можно записать законы сохранения энергии и момента количества движения в следующем виде:

$$E = \frac{V^2}{2} - \frac{\mu}{r}; \quad L = V_t r,$$

где V — орбитальная скорость; r — радиус — вектор; V_t — тангенциальная скорость.

При гравитационном взаимодействии

$$\mu = fM,$$

где f — гравитационная постоянная; M — масса центрального тела.

Для тела, движущегося по эллиптической орбите, будут выполняться следующие равенства:

$$\frac{V_n^2}{2} - \frac{\mu}{r_n} = -E; \quad \frac{V_a^2}{2} - \frac{\mu}{r_a} = -E; \quad V_n r_n = r_a V_a,$$

где V_n и V_a - скорости тела в перигентре и апоцентре; r_n и r_a - перигентральный и апоцентральный радиусы.

* — автор, с которым следует вести переписку.

Решая данную систему уравнений, находим

$$E = \frac{\mu}{r_n + r_a} = \frac{\mu}{l},$$

где l - длина большой оси эллипса.

Уравнения орбит можно получить из соотношения

$$\frac{dr}{rd\varphi} = \frac{V_r}{V_t};$$

для эллиптической -

$$\varphi = \arccos \frac{2r_n r_a - lr}{r(r_a - r_n)} \text{ или } r = \frac{2r_n r_a}{(r_a - r_n) \cos \varphi + l};$$

для круговой -

$$r = \text{const};$$

для параболической -

$$\varphi = 2 \arctg \sqrt{\frac{r}{r_n} - 1} \text{ или } r = \frac{r_n}{\cos^2 \varphi / 2};$$

для гиперболической -

$$\varphi = \arccos \frac{2r_n(l + r_n) - lr}{r(l + 2r_n)} \text{ или } r = \frac{2r_n(l + r_n)}{(l + 2r_n) \cos \varphi + l},$$

где φ - истинная аномалия.

Взаимодействие распространяется с конечной скоростью, равной скорости света. Это обусловлено наличием эфира, который заполняет все мировое пространство. Законы Ньютона и Кулона точно выполняются только для тел, неподвижных относительно эфира. Конечность скорости распространения взаимодействия не оказывает влияния на эффективность взаимодействия неподвижных тел. Для движущихся тел эффективность взаимодействия зависит от соотношения между скоростью света и скоростью движения тел.

Формулы эффекта движения аналогичны формулам эффекта Доплера в оптике и акустике. Для случая, когда оба взаимодействующих тела движутся, формула эффекта движения имеет вид:

$$X' = X \sqrt{\frac{C^2 + V'^2 + 2CV' \cos \alpha}{C^2 + U'^2 - 2CU' \cos \beta}},$$

где X — величина, зависящая от скорости движения; C — скорость света; V и U — скорости движения взаимодействующих тел; α и β — углы между направлениями движений источника и приемника волн и линией соединяющей точку, в которой волна излучилась, с точкой, которой она встретилась с приемником.

Буквами со штрихами и без штрихов обозначены величины, полученные соответственно с учетом и без учета эффекта движения. В атоме движением ядра можно пренебречь и тогда применительно к величинам, характеризующим движение по круговой орбите, можно записать

$$a' = \frac{a\sqrt{C^2 + V'^2}}{C}; \quad b' = \frac{bC'}{\sqrt{C^2 + V'^2}}, \quad (1)$$

где a и b — величины, значения которых соответственно увеличиваются или уменьшаются вследствие эффекта движения.

Скорость электрона в атоме также зависит от эффекта движения. Для нее можно записать

$$V' = \frac{V\sqrt{C^2 + V'^2}}{C}. \quad (2)$$

Преобразовав эту формулу к виду:

$$V' = \frac{VC'}{\sqrt{C^2 + V'^2}} \quad (3)$$

убеждаемся, что

$$\frac{\sqrt{C^2 + V'^2}}{C} = \frac{C}{\sqrt{C^2 - V'^2}}. \quad (4)$$

При расчетах приходится использовать величины как с учетом, так и без учета эффекта движения. С помощью формул (2) и (3) можно легко переходить от одних величин к другим, если известно только одно значение скорости: или V , или V' . С учетом равенства (4) формулы (1) можно представить в следующем виде:

$$a' = \frac{a\sqrt{C^2 + V'^2}}{C} = \frac{aC}{\sqrt{C^2 - V'^2}};$$

$$b' = \frac{bC}{\sqrt{C^2 + V'^2}} = \frac{b\sqrt{C^2 - V'^2}}{C}.$$

Менделеев положил в основу систематики элементов их атомный вес. Более четко и наглядно периодичность свойств элементов можно объяснить, если принять во внимание строение атомов. При этом нужно четко представлять и строение мировой среды, в которой находятся атомы, и строение области Вселенной, доступной нашему наблюдению.

По современным представлениям более 98% массы космического вещества сосредоточено в звездах, а остальная часть рассеяна в межзвездном пространстве [4]. Такое заключение является ошибочным. В действительности основная масса космического вещества заключена в эфире и лишь малая его часть находится в звездах. Звезды в эфире находятся во взвешенном состоянии. При экспериментальном определении плотности звезд, плотность эфира автоматически исключается. Средняя плотность звезд и плотность эфира лишь немного отличаются от плотности воды. Плотность звезд вместе с заключенным в них эфиром будет немного больше 2 г/см³.

В настоящее время большинство ученых считают, что мировая среда реально существует, но называют ее физическим вакуумом. Ученые Крымской лазерной обсерватории ГАО НАН Украины Иг-

натенко Ю.В., Игнатенко И.Ю.Тряпицын В.А. сделали сенсационное открытие — обнаружили движение Земли относительно эфира [1].

При лазерной локации спутников Земли необходимо учитывать скоростную аберрацию. Ранее скоростную аберрацию рассчитывали по формуле [2]

$$\varphi = \frac{2V_n}{C},$$

где V_n — проекция относительной скорости спутника и локатора на нормаль к радиус-вектору локатор — спутник; C — скорость света.

По этой формуле величина аберрационной поправки не превышает 10 угловых секунд. В действительности значение аберрационного отклонения может превышать 50 угловых секунд.

Для упрощения задачи рассмотрим случаи, когда орбиты спутников круговые, а плоскости их орбит совпадают с плоскостью орбиты Земли, вращающейся вокруг Солнца. Атмосфера земли, как и атмосферы других планет, увлекают эфир [3]. Солнце и другие звезды неподвижны относительно эфира, а планеты вместе со своими атмосферами движутся сквозь эфир. Лазерный луч, отраженный от спутника, мог бы пройти по оси телескопа только в том случае, если бы и Земля и спутник были неподвижны относительно эфира.

Вследствие движения спутника отраженный луч отклонился от оптической оси телескопа на угол φ . Максимальные значения угол φ примет в момент прохождения спутника над обсерваторией

$$\varphi_{\max} = \frac{2V_c}{C},$$

где V_c скорость спутника, C — скорость света.

Формула, учитывающая движение Земли относительно эфира имеет вид:

$$\varphi = \frac{2V_3}{C} \pm \frac{2V_c}{C} = 40,9854'' \pm \frac{2V_c}{C},$$

где $V_3 = 29.7848 \cdot 10^3$ м/с - скорость движения Земли по орбите.

Аберрационная поправка будет иметь минимальное значение, если спутник и Земля движутся в одном направлении и максимальное значение при их движении в противоположных направлениях. В таблице 1 приведены результаты расчетов поправок для спутников, движущихся на разных высотах h .

Таблица 1

| Высота h , км | φ_{\min} , угл.сек. | φ_{\max} , угл.сек. |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 450 | 30,4718 | 51,4990 |
| 1500 | 31,1974 | 50,7734 |
| 6000 | 33,1767 | 48,7941 |
| 20000 | 35,6363 | 46,3345 |

Скорость движения спутников по орбитам были определены по формуле [3]

$$V_c = \sqrt{\frac{\mu}{r_3 + h}},$$

где r_3 - радиус Земли, $\mu = fM$, f — гравитационная постоянная, M — масса Земли.

В начале XX века на основе экспериментов по определению отношения зарядов частиц к их массам был сделан неверный вывод, согласно которому движение тел вызывает увеличение их масс. Такой вывод противоречит закону сохранения материи. Масса не может возникнуть из ничего. Вследствие движения изменяются не массы тел, а эффективность взаимодействия между ними.

В настоящее время кинетическая энергия частиц, ускоряемых в ускорителях определяется по формуле

$$E_k = \frac{mC^2}{\sqrt{1 - V^2/C^2}} - mC^2, \quad (5)$$

При выводе этой формулы были допущены ошибки. Так сила, с которой электрическое поле в ускорителе действует на частицу, была принята равной

$$F = \frac{d}{dt}(mV) = \frac{d}{dt} \left(\frac{mV}{\sqrt{1 - V^2/C^2}} \right), \quad (6)$$

где t — время.

Согласно этому выражению, по мере увеличения скорости частицы, сила, действующая на нее, непрерывно растет и при приближении скорости частицы к скорости света, стремится к бесконечности. Однако это противоречит общепризнанному факту конечности скорости распространения взаимодействия, в соответствии с которым сила, действующая на частицу в ускорителе, наоборот должна стремиться к нулю. Отсюда следует сделать вывод, что уравнения (5) и (6) неверны и при расчете ускорителей их применять нельзя.

Для частицы, движущейся в ускорителе, правильную формулу кинетической энергии можно вывести следующим образом: по мере увеличения скорости частицы сила, с которой действует электрическое поле на частицу, уменьшается и будет равна

$$F = \frac{d}{dt} (mV\sqrt{1 - V^2/C^2}) = \frac{m \frac{dV}{dt}}{\sqrt{1 - V^2/C^2}}.$$

Учитывая эффект движения, найдем выражение для кинетической энергии частицы в ускорителе

$$E_k = \int_0^x F dx = \int_0^v FV' dt = \int_0^v \frac{mV\sqrt{1 - V^2/C^2}}{\sqrt{1 - V^2/C^2}} dV = \frac{mV^2}{2}, \quad (7)$$

где x — отрезок пути, пройденный ускоряемой частицей.

При стремлении скорости частицы к скорости света, кинетическая энергия частицы будет стремиться к величине $mC^2/2$, а не к бесконечности, как это следует из формулы (5).

При создании мощных ускорителей заряженных частиц, вследствие применения неверной теории создалась достаточно своеобразная ситуация. Стоимость таких ускорителей настолько велика, а эффект увеличения энергии частиц настолько незначителен, что никакого разумного обоснования строительства таких ускорителей нет. Так, ускоритель в Серпухове может разогнать протоны до скорости 0,999950С, а ускоритель в Батавии (штат Иллинойс, США) сообщает протонам скорость, равную 0,999998 С [5].

Если пользоваться формулами теории относительности, то Серпуховский ускоритель сообщает протонам энергию, равную 76 ГэВ, а Батавский — 500ГэВ. Согласно формуле (7), в Серпуховском ускорителе протоны приобретают энергию 469,089 МэВ, а в Батавском — 469,134 МэВ. Таким образом, затраты на изготовление и обслуживание Бактавского ускорителя по сравнению с Серпуховским неизмеримо больше, а дополнительная энергия, которую приобретают протоны, составляет всего 45 кэВ.

Уравнение (6) точно описывает зависимость силы от скорости, действующей на электрон в атоме. При этом нужно иметь ввиду, что не масса электрона растёт с увеличением его скорости, а сама скорость является величиной, зависящей от эффекта движения.

Как показано в работе [3]

$$V' = \frac{V}{\sqrt{1 - V^2/C^2}}.$$

С учетом этого кинетическая энергия в атоме будет равна

$$E_k = \frac{mV^2C^2}{2(C^2 - V^2)} = \frac{mV'^2}{2} \quad (8)$$

Большую роль в познании окружающего нас мира играет теория. В 1928 г. Дирак ввел теорию относительности в квантовую механику и получил релятивистское квантово-механическое уравнение для электрона. Этот год считается годом рождения теории элементарных частиц. При решении релятивистского уравнения Дирака для полной энергии электрона с импульсом Р получается следующее выражение:

$$E = E_k + E_0 = \pm \sqrt{p^2C^2 + m_0^2C^4}. \quad (9)$$

где $E = m_0C^2 / \sqrt{1 - V^2/C^2}$ — полная энергия; $E_0 = m_0C^2$ - энергия покоя.

Дирак показал, что и положительный и отрицательный корни уравнения одинаково правильны. Положительное значение энергии относится к электрону, а отрицательное — к позитрону. Предсказанная Дираком частица — позитрон была открыта Андерсоном в 1932 г.

Главную роль при открытии этой частицы сыграла теория. Формула (9), на основе которой было сделано заключение о существовании позитрона, является другой формой записи релятивистской формулы (5) для кинетической энергии час-

тицы. Так как формула (5) неверна, то уходит в небытие и сама идея существования позитрона и других античастиц.

Результаты расчетов по формулам авторов с высокой точностью совпадают с экспериментальными данными. В таблице 2 приведены значения фундаментальных физических констант, полученных экспериментально и вычисленных по нижеприведенным формулам:

$$E_H = \frac{e'^2C^2 \cdot 10^{-7}}{2r'_H\beta_H}; \quad V'_H = \sqrt{\frac{2E_H}{m\beta_H}}; \quad \alpha'_\infty = \frac{V'_H\beta_H}{C};$$

$$R'_\infty = \frac{V'_H\beta_H}{4\pi r'_H C}; \quad h = 2\pi V'_H r'_H m\beta_H; \quad T_H = \frac{2\pi r'_H}{V'_H}.$$

Таблица 2

Физические константы

| Константа | Расчет | Эксперимент |
|--|-------------|-------------|
| Ионизационный потенциал E'_H , эВ | 13,59829218 | 13,5985 |
| Скорость электрона $V'_H \cdot 10^{-6}$, м/с | 2,186500601 | - |
| Постоянная тонкой структуры $1/\alpha'_\infty$, м ⁻¹ | 137,0359895 | 137,0359895 |
| Постоянная Ридберга $R'_\infty \cdot 10^{-7}$, м ⁻¹ | 1,097373153 | 1,097373153 |
| Период обращения электрона $T'_H \cdot 10^{-16}$, с | 1,820657574 | - |
| Постоянная планка $h \cdot 10^{34}$, Дж·с | 6,626075438 | 6,6260755 |

В качестве исходных данных взяты значения четырех констант [7]: скорость света $c = 2,99792458 \cdot 10^8$ м/с; элементарный заряд $e' = 1,60217733 \cdot 10^{-19}$ Кл; Масса электрона $m = 9,10938968 \cdot 10^{-31}$ кг; боровский радиус $r'_H = 5,29177249 \cdot 10^{-11}$ м. Для атома водорода $\beta_H = 1,000544617$.

Параметры орбит сложных атомов можно выразить через параметры боровской орбиты [6].

Если электрон движется по круговой орбите,

$$r' = \frac{r_H k^2}{z'}; \quad V' = \frac{V_H \beta_H z'}{k\beta}, \quad (10)$$

а если по эллиптической —

$$r'_n = \frac{r_H k^2 (1 - \xi)}{z'}; \quad V'_n = \frac{V_H \beta_H z' (1 + \xi)}{n\beta};$$

$$r'_a = \frac{r_H k^2 (1 + \xi)}{z'}; \quad V'_a = \frac{V_H \beta_H z' (1 - \xi)}{n\beta},$$

где z' — эффективное зарядовое число,

$\xi = \sqrt{1 - \frac{n^2}{k^2}}$ — эксцентриситет.

Полная энергия системы электрон-атом:

$$E' = \frac{E_H \beta_H z'^2}{k^2 \beta}. \quad (11)$$

Период обращения электрона и ядра вокруг центра масс:

$$T' = \frac{T_H k^3 \beta}{\beta_H z'^2}. \quad (12)$$

С помощью формул (1) и (2) определены $r_H = 0,529191323 \cdot 10^{-10}$ м; $V_H = 2,186442460 \cdot 10^6$ м/с; $E_H = 21,78571660 \cdot 10^{-19}$ Дж; $e = 1,602156024 \cdot 10^{-19}$ Кл; $T_H = 1,520657574 \cdot 10^{-16}$ с. Таким образом, зная эффективное зарядовое число, можно вычислить все величины, характеризующие движение электрона по орбите в атоме.

Атомы имеют планетарное строение. При переходе электрона из одного стационарного состояния в другое происходит поглощение или излучение волн. При этом в многоэлектронных атомах изменяется полная энергия не только у того электрона, который совершил переход с одной орбиты на другую, но и у всех остальных электронов. Длины оптических и рентгеновских волн, излучаемых сложными атомами, можно вычислить по формуле [6]

$$\frac{1}{\lambda''} = \frac{R_\infty}{\beta} \left(\frac{z_1'^2}{k_1^2} + \frac{z_2'^2}{k_2^2} + \dots + \frac{z_i'^2}{k_i^2} - \frac{z_{1b}^2}{k_{1b}^2} - \frac{z_{2b}^2}{k_{2b}^2} - \dots - \frac{z_{ib}^2}{k_{ib}^2} \right), \quad (13)$$

где $z_1', z_2', \dots, z_i', k_1, k_2, \dots, k_i$ — зарядовые числа и стационарные состояния электронов у невозбужденного атома; $z_{1b}, z_{2b}, \dots, z_{ib}, k_{1b}, k_{2b}, \dots, k_{ib}$ — соответствующие величины у возбужденного атома. Нумерация электронов идет в направлении от ядра к периферии атома. Постоянная Ридберга $R_\infty = 1,097314784 \cdot 10^7$ м⁻¹ имеет одну и ту же величину у всех атомов.

В таблице 3 приведены значения термов атома водорода, взятые из справочника [8] и вычисленные по формуле (13). Расхождения между расчетными и справочными данными наблюдаются после пятой или шестой значащей цифры. Это объясняется тем, что последние цифры значений термов получены не экспериментально, а рассчитаны по принятой в настоящее время методике. Разности же термов, характеризующих тонкую структуру спектров, согласно существующей и новой теориям, совпадают точно.

Параметры орбит многоэлектронных атомов можно рассчитать, используя значения ионизационных потенциалов. Расчет ведется в такой последовательности. Вначале по значениям ионизационных потенциалов [9] находятся приближительные значения эффективных зарядовых чисел. Затем определяются кратности периодов обращения электронов по формулам:

$$x_{i,1} = \frac{k_i^3 \cdot z_1'^2}{k_1^3 \cdot z_i'^2}; \quad x_{i,2} = \frac{k_i^3 \cdot z_2'^2}{k_2^3 \cdot z_i'^2}; \quad \dots; \quad x_{i,(i-1)} = \frac{k_i^3 \cdot z_{i-1}'^2}{k_{i-1}^3 \cdot z_i'^2}.$$

Выразив с помощью этих формул зарядовые числа всех электронов через зарядовое число наружного электрона и подставив новые выражения для зарядовых чисел в формулу (6), получим уравнение с одним неизвестным

Таблица 3

Энергии спектральных термов атома водорода

| Терм возбужденного состояния | Энергия терм, см ⁻¹ ; Разность термов, см ⁻¹ | |
|------------------------------|---|-------------------|
| | По формуле (13) | Справочные данные |
| $2p(^2P_{1/2}^0)$ | 82258,916 | 82258,921 |
| | 0,365 | 0,365 |
| $2p(^2P_{3/2}^0)$ | 82259,281 | 82259,286 |
| $3p(^2P_{1/2}^0)$ | 97491,617 | 97492,213 |
| | 0,108 | 0,108 |
| $3p(^2P_{3/2}^0)$ | 97491,725 | 97492,321 |
| | 0,036 | 0,036 |
| $3d(^2D_{5/2})$ | 97491,761 | 97492,357 |

$$E = \frac{R_\infty}{\beta} \left(\frac{x_{i,1} \cdot k_1 \cdot z_i'^2}{k_i^3} + \frac{x_{i,2} \cdot k_2 \cdot z_i'^2}{k_i^3} + \dots + \frac{x_{i,(i-1)} \cdot k_{i-1} \cdot z_i'^2}{k_i^3} + \frac{z_i'^2}{k_i^2} - \frac{z_{1b}^2}{k_{1b}^2} - \frac{z_{2b}^2}{k_{2b}^2} - \dots - \frac{z_{(i-1)b}^2}{k_{(i-1)b}^2} \right) \quad (14)$$

Теперь можно определить точные значения z_2', z_3', \dots, z_i' , решая последовательно задачи для ионов данного атома, имеющих соответственно 2, 3, ..., i электронов.

Как показано выше, зная значение z' для электрона, можно определить все параметры его орбиты. В опубликованных работах приведены расчетные значения параметров орбит электронов у всех возможных ионов первых двенадцати элементов таблицы Менделеева. В данной статье приведен пример расчета атома гелия.

В невозбужденном атоме гелия оба электрона находятся в первом стационарном состоянии и движутся по круговым орбитам. Период обращения наружного электрона в два раза больше периода обращения внутреннего электрона. Чтобы удалить электрон из невозбужденного атома гелия, нужно затратить энергию $E = 198310,76$ Сл⁻¹ = $39,3933902 \cdot 10^{-19}$ Дж [8]. Для этого случая уравнение (14) примет вид:

$$E = \frac{R_\infty}{\beta} (2z_2'^2 + z_2'^2 - z_{1b}^2).$$

Вычислив с помощью этого уравнения значения $z_2' = 1,3914422$, из соотношения $T_2/T_1 = z_1'^2/z_2'^2 = 2$, найдем $z_1' = 1,9677965$. Теперь по формулам (10), (11) и (12) можно вычислить параметры орбит обоих электронов, находящихся в первом стационарном состоянии.

В таб. 4 приведены вычисленные аналогичным образом зарядовые числа электронов в атоме гелия для случаев, когда наружный электрон находится в одном из трех стационарных состояний.

Таблица 4

Орбиты электронов в атоме гелия

| Стац. состояние второго электрона, К | Тип орбиты и ее номер | Зарядовое число | | $x_{2,1} = \frac{T_2}{T_1}$ |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------------------------|
| | | z_1 | z_2 | |
| 1 | круговая | 1,9677965 | 1,3914422 | 2 |
| 2 | 1-я круговая | 1,9971808 | 1,2043454 | 22 |
| | 2-я круговая | 1,9991896 | 1,0882210 | 27 |
| | 3-я круговая | 2,0001251 | 1,0328602 | 30 |
| | 4-я эллиптич. | 2,0001274 | 1,0328613 | 30 |
| | 5-я круговая | 1,9996570 | 0,9998285 | 32 |
| 3 | 1-я круговая | 1,9996874 | 1,1204559 | 86 |
| | 2-я круговая | 1,9999251 | 1,0551392 | 97 |
| | 3-я круговая | 1,9998483 | 1,0289134 | 102 |
| | 4-я эллиптич. | 1,9998489 | 1,0289138 | 102 |
| | 5-я круговая | 1,9997306 | 1,0092539 | 106 |
| | 6-я эллиптич. | 1,9997382 | 1,0092577 | 106 |
| | 7-я круговая | 2,0000089 | 1,0000045 | 108 |

Как видно из таблицы 4, наружный электрон атома гелия в первом стационарном состоянии может иметь только одну круговую орбиту, во втором — 4 круговых и одну эллиптическую, а в третьем — 5 круговых и две эллиптические. Первая орбита электрона во втором стационарном состоянии очень устойчива. Переход электрона с этой орбиты на орбиту в первом стационарном состоянии возможен только при соударении атомов [10]. Гелий обычно состоит из двух типов атомов. В одних атомах наружный электрон движется по орбите первого стационарного состояния, а в других по первой орбите второго стационарного состояния. Первые атомы являются атомами парагелия, а вторые атомами ортогелия.

Для ионов с одинаковым числом электронов, но разными зарядами ядер выполняется равенство:

$$E_{n+1} \cdot \beta_{n+1} = 2E_n \beta_n + \frac{2E_H \beta_H}{k^2} - E_{n-1} \beta_{n-1}, \quad (15)$$

где E_n - ионизационный потенциал атома водорода, E_{n+1} , E_n и E_{n-1} — ионизационные потенциалы ионов трех рядом расположенных элементов, n — порядковый номер элемента, k — номер стационарного состояния наружных элементов в ионах. По этой формуле вычислены ионизационные потенциалы и значения k у 24 элементов [6].

В таблице 5 приведены расчетные и справочные значения ионизационных потенциалов у атомов фтора, неона и натрия.

Как видим, расчетные значения ионизационных потенциалов хорошо согласуются со справочными. Формула (15) не позволяет учитывать эффект движения. Ею можно пользоваться только в тех случаях, когда электроны в атомах движутся с малыми скоростями.

Таблица 5

Потенциалы ионизации атомов

| № эле к- трона | Фтор | | Неон | | Натрий | |
|----------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | Энергия ионизации E, эв | | Энергия ионизации E, эв | | Энергия ионизации E, эв | |
| | Расчет. | Данные [15] | Расчет. | Данные [15] | Расчет. | Данные [15] |
| 1 | 1102,0 | 1101,8 | 1360,5 | 1360,2 | 1646,2 | 1646,4 |
| 2 | 953,43 | 953,5 | 1195,0 | 1195,4 | 1463,7 | 1464,7 |
| 3 | 185,14 | 185,14 | 239,0 | 239,1 | 299,86 | 299,7 |
| 4 | 157,06 | 157,11 | 207,05 | 207,2 | 263,83 | 264,2 |
| 5 | 114,21 | 114,21 | 157,91 | 157,91 | 208,41 | 208,44 |
| 6 | 87,141 | 87,23 | 126,15 | 126,4 | 172,36 | 172,38 |
| 7 | 62,710 | 62,646 | 97,118 | 97,16 | 138,33 | 138,6 |
| 8 | 34,971 | 34,98 | 63,456 | 63,5 | 98,916 | 98,88 |
| 9 | 17,423 | 17,418 | 40,964 | 41,07 | 71,639 | 71,8 |
| 10 | - | - | 21,565 | 21,559 | 47,287 | 47,29 |
| 11 | - | - | - | - | 5,1391 | 5,138 |

Точные расчеты с учетом эффекта движения можно произвести следующим образом. По формуле [3]

$$V_{n+1} = \frac{1}{\beta_{n+1}} \sqrt{2V_n^2 \beta_n^2 + \frac{2V_H^2 \beta_H^2}{k^2} - V_{n-1}^2 \beta_{n-1}^2}. \quad (16)$$

находим орбитальные скорости электронов без учета эффекта движения, а по формуле (8) значения ионизационных потенциалов с учетом эффекта движения. В формуле (16) V_{n-1} , V_n и V_{n+1} - орбитальные скорости электронов у трех соседних ионов. Все три иона имеют одинаковое число электронов. V_H — это орбитальная скорость электрона на боровской орбите в атоме водорода.

В работе [3] приведены вычисленные значения, ионизационных потенциалов для первых 36 элементов таблицы Менделеева. Таким образом, можно теоретически рассчитать любой атом. В таблице 6 приведен уточненный вариант периодической системы химических элементов. В первом периоде содержится два элемента: водород и гелий. Один электрон атома водорода и два электрона атома гелия находятся в первом стационарном состоянии. Электроны восьми элементов второго периода и восьми элементов третьего периода находятся во втором стационарном состоянии. Соответствующие электроны у элементов четвертого и пятого периода находятся в третьем стационарном состоянии, а у элементов шестого и седьмого периода в четвертом стационарном состоянии.

Согласно формуле $N = 2k^2$, где k — номер стационарного состояния, первый период содержит 2 элемента, второй и третий периоды содержат по 8 элементов, четвертый и пятый периоды по 18

Периодическая система химических элементов

| Стационарное состояние к | Период | Номер элемента в периоде | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|--------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | | |
| 1 | I | 1 H | 2 He | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | II | 3 Li | 4 Be | 5 B | 6 C | 7 N | 8 O | 9 F | 10 Ne | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | III | 11 Na | 12 Mg | 13 Al | 14 Si | 15 P | 16 S | 17 Cl | 18 Ar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | IV | 19 K | 20 Ca | 21 Sc | 22 Ti | 23 V | 24 Cr | 25 Mn | 26 Fe | 27 Co | 28 Ni | 29 Cu | 30 Zn | 31 Ga | 32 Ge | 33 As | 34 Se | 35 Br | 36 Kr | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | V | 37 Rb | 38 Sr | 39 Y | 40 Zr | 41 Nb | 42 Mo | 43 Tc | 44 Ru | 45 Rh | 46 Pd | 47 Ag | 48 Cd | 49 In | 50 Sn | 51 Sb | 52 Te | 53 I | 54 Xe | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | VI | 55 Cs | 56 Ba | 57 La | 58 Ce | 59 Pr | 60 Nd | 61 Pm | 62 Sm | 63 Eu | 64 Gd | 65 Tb | 66 Dy | 67 Ho | 68 Er | 69 Tm | 70 Yb | 71 Lu | 72 Hf | 73 Ta | 74 W | 75 Re | 76 Os | 77 Ir | 78 Pt | 79 Au | 80 Hg | 81 Tl | 82 Pb | 83 Bi | 84 Po | 85 At | 86 Rn | | |
| | VII | 87 Fr | 88 Ra | 89 Ac | 90 Th | 91 Pa | 92 U | 93 Np | 94 Pu | 95 Am | 96 Cm | 97 Bk | 98 Cf | 99 Es | 100 Fm | 101 Md | 102 No | 103 Lr | 104 Ku | 105 Ns | 106 - | 107 - | 108 - | 109 - | 110 - | 111 - | 112 - | 113 - | 114 - | 115 - | 116 - | 117 - | 118 - | | |

элементов, а шестой и седьмой — по 32 элемента. Всего в земных условиях должны находиться 118 элементов.

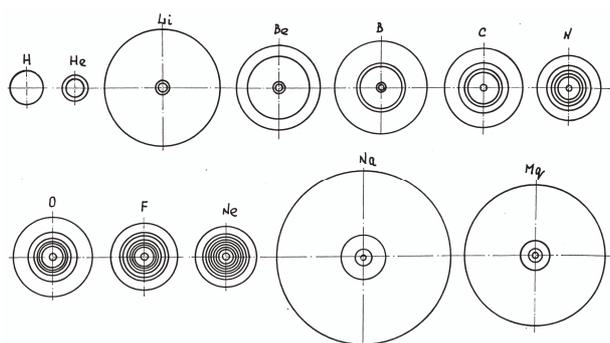


Рис. 1

На рис. 1 показано, как идет заполнение электронных слоев в атомах. Орбиты изображены в масштабе. В первом слое у всех атомов содержатся два электрона. В атоме водорода в этом слое имеется только один электрон. При переходе от атома к атому размеры слоя уменьшаются, но количество электронов не изменяется. Второй слой содержит восемь электронов. Заполнение этого слоя начинается в атоме лития и заканчивается в атоме неона. Заполнение третьего слоя начинается в атоме натрия и заканчивается в атоме аргона.

Литература

1. Игнатенко, Ю. В. Исследование скоростной аберрации при лазерной локации ИСЗ / Ю. В. Игнатенко, В. Н. Тряпицин, И. Ю. Игнатенко // Проблемы управления и информатики. — 2004. — № 2. — С. 103 — 106.
2. Пановский, В. Филипс М. Классическая электродинамика / В. Пановский, М. Филипс. — Физматгиз, 1963. — 259
3. Сухоруков, Г. И. Реальный физический мир без парадоксов : моногр. / Г. И. Сухоруков [и др.]. — Братск : БрГТУ, 2001. — 229 с.
4. Попов, П. И. Астрономия / П. И. Попов, Р. В. Куницкий, Воронцов — Вельяминов. — М. : Просвещение, 1976. — 250 с.
5. Мэрион, Дж. Б. Физика и физический мир / Дж. Б. Мэрион. — М.: Наука, 1975. — 210 с.
6. Сухоруков, Г. И. Реальный физический мир без парадоксов : моногр / Г. И. Сухоруков [и др.]. — Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. — 160 с.
7. Власов, А. Д. Единицы физических величин в науке и технике : справ. / А. Д. Власов, Б. П. Мурин. — М. : Энергоатомиздат, 1990. — 274 с.
8. Радциг, А. А. Справочник по атомной и молекулярной физике / А. А. Радциг, В. М. Смирнов. — М. : Атомиздат, 1980. — 250 с.
9. Таблицы физических величин : справ. / под ред. И. К. Кикоина. — М. : Атомиздат, 1976. — 200 с.
10. Гольдин, Л. П. Введение в атомную физику / Л. П. Гольдин, Г. И. Новиков. — М. : Наука, 1969. — 250 с.