О теореме вириала и ее физическом смысле

В.Ганкин

Известная нам физика и химия основана на законах и правилах, называемых разнообразно то принципами, то постулатами или исходными сущностями. Наиболее яркими примерами аксиом в физике являются законы механики и принцип эквивалентности Ньютона, постулаты Бора и принцип неопределенности Гейзенберга, ОТО и СТО Эйнштейна, Теория большого взрыва и т.д. и т.п.

В химии такой подход демонстируют правила Льюиса, Периодический закон, теория резонанса и т д. Общим для данного способа движения научной мысли является отсутствие причинно - следственных связей, описываемых в приведенных выше названиях. В настоящее время формирование таких правил, законов и теорий считается подавляющей массой научных сотрудников, а также людей далеких от науки, конечной целью (достижением) физики и химии.

Согласно истории науки такая ситуация существует со времени ее становления.

Наряду с подавляющим числом людей, считающих эти достижения конечным результатом науки, во все времена существовали также люди, глубинно интересующиеся наукой и пытающиеся найти причинно - следственные связи между явлениями. Для нас только поиск причин и следствий является истинно научным подходом, и фортуна нам благоволила. В предыдущих работах нам удалось выяснить причинно - следственные связи в целом ряде физических и химических явлений (подробнее см. сайты **itchem.ru**, **fphysics.com**).

В настоящее время корректность теоремы вириала не вызывает сомнения ни в печатных публикациях, ни в интернете. Как в физике, так и в химии, как в классической науке, так и в квантовой, эта теорема считается доказанной. Соответственно, она широко используется, например, при описании атома водорода.

В своей книге (Как образуется химическая связь и протекают химические реакции, стр. 29) мы писали:

«Электроны притягиваются к ядру за счет электростатических сил взаимодействия. Однако электроны не падают на ядро, поскольку вращаются вокруг него с определенной скоростью, т.е. имеют определенную кинетическую энергию. В простейшем виде доказательство теоремы вириала состоит в следующем: *электрон находится на определенном расстоянии от ядра так как обе силы - центростремительная $F_{цс}$ и центробежная $F_{цб}$ - уравновешивают друг друга на этом расстоянии*, т.е.

$$F_{цс} = F_{цб}». \qquad (1)$$

Или, если подставить формулы для этих сил, получится

$$\frac{m_e V^2}{R_H} = \frac{1}{4 \pi \varepsilon_0} \frac{q^2}{R_H^2} \qquad (2)$$

где m_e ,V и R_H -центробежная сила, масса электрона, скорость движения электрона по орбите и радиус орбиты атома водорода, а ε_0 и q - электрическая постоянная, заряд электрона и протона, соответственно.

В этом выражении левой части стоит классическая ньютоновская масса, а в правой только электрические величины. Такое равенство носит мистический характер, так как не связано с физическим механизмом. Поэтому и теорема вириала не имела физического объяснения, т.е. приведенное равенство не является доказательством физической корректности теоремы вириала.

В современных учебниках центробежная сила считается вообще фиктивной силой. Так например в Курсе физики Т.И. Трофимовой, выдержившей уже в 2001 г. семь изданий на стр. 43 написано:

"Возникает вопрос о «реальности» или «фиктивности» сил инерции. В ньютоновской механике, согласно которой сила есть результат взаимодействия тел, на силы инерции можно смотреть как на «фиктивные», «исчезающие» в инерциальных системах отсчета. " Зависимость центробежных сил от системы отсчета увеличивает мистический характер центробежных сил.

В более ранних работах мы показали, что инерционные свойства тела определяются зарядом, а не массой, и что незаряженных тел нет. Поэтому мы сделали второй расчет, в котором используется электромагнитная инерционная масса.

Сила центробежная расчитывалась по уравнению

$F_{цб} = m_e v^2/r_H = 9{,}1*10^{-31} *(2{,}2*10^6)^2/0{,}53*10^{-10} = 1{,}83*10^{-7}$ Н.

Центростремительная (в случае атома водорода - Кулоновская сила) описывается уравнением:

$$F_{кул} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qq}{R^2} \qquad (3)$$

Отметим, что определить радиус атома водорода можно из экспериментального значения первого потенциала ионизации (ППИ) [см. Как образуется химическая связь и протекают химические реакции, стр. 32]. Потенциальная энергия электрона в атоме водорода

$$E_e = 2ППИ \qquad (4)$$

Используем эту величину в формуле для радиуса

$$R=\frac{Ze}{2E4\pi\,\varepsilon_0}=\frac{(1,602\cdot 10^{-19})^2(9,48\cdot 10^4)}{4\,\pi\cdot 8,85\cdot 10^{-12}\cdot 435^{-23}\cdot 10^3}=5,29\cdot 10^{-11}=0,529Å \qquad (5)$$

Здесь $Z= 1{,}6*10^{-19}$ -заряд ядра, в атоме водорода, а $E_e= 435 \cdot 10^{-23}$ кДж/моль.

Подставляем следующие численные значения в эту формулу $1/4\pi\varepsilon_0=8.99*10^9$ Н*м^2/с^2- электрическая постоянная, $0.16*10^{-18}$ Кл- заряд электрона и протона, $0.529*10^{-10}$м - радиус атома водорода и получаем, что сила Кулона (центростремительная сила) в атоме водорода равна $0.82*10^{-7}$Н.

$F_к = 8.99*10^9* (0.16*10^{-18})^2/(0.529*10^{-10})^2 = 0.82*10^{-7}$Н

Кроме того, мы рассчитали численное значение ускорений под действием Кулоновских сил и значение центробежного ускорения.

Расчет, сделанный нами (в первом приближении предполагалось, что ядро атома неподвижно), дал следующие значения: ускорение, приобретаемое под действием силы Кулона

$$a_{кул.}=\frac{1}{4\pi\,\varepsilon_0}\cdot\frac{q\,q}{m\cdot R_H^2} \qquad (6)$$

$$a_{кул.}=8,99\cdot 10^9\cdot 1,76\cdot 10^{-11}\,\frac{1,60\cdot 10^{-19}}{(5,29\cdot 10^{-11})^2}\approx 0,904*10^{23}м/с^2$$

Центробежное ускорение, вычисленное по формуле $a_{цб}= v^2/R_H$, равно

$$a_{цб.}= (2,18\cdot 10^6)^2 \approx 0,899\cdot 10^{23}$$

$$5{,}29\cdot 10^{-11}$$

При расчетах мы не использовали значение массы электрона, но взяли другую, уже более 100 лет измеренную, величину q/m= -1.76×10^{-11} Кл/кг. Значения для постоянных характеристик электрона взяты chttp://2mb.ru/fizika/konstanty/elektron/ и Википедии. В различных источниках приводятся разные значения для скорости электрона, либо 2.22×10^{6}м/с http://naukaland.ru/discuss/783-chemu-ravna-skorost-elektrona-skolko-oborotov.html либо 2.22×10^{6}м/с http://www.medelk.kharkov.ua/chemia2/chemia37.htm или $2{,}18\times10^{6}$м/с http://nasedkin.ru/Root_Russian/Arithmetic/Arithmetic-02.html, именно этим обусловлено неточное равенство расчетных значений ускорений.

Давайте подробнее рассмотрим, какой физический смысл несет масса в одном и другом случае.

С точки зрения физического смысла первый расчет воспринимается как магический постулат, физический смысл (причинно - следственные связи) которого не ясен.

До открытия атомно - молекулярного строения материи и законов электромагнитных явлений (в первую очередь, законов Фарадея) физические причины, раскрывающие такие совпадения, и не могли быть определены. Действительно, до этих открытий нельзя было даже в виде гипотезы предложить существования причинно - следственной связи между Ньютоновской массой и силами Кулона, не говоря уже ничего о численном совпадении.

С другой стороны, уже после открытия ядерно - атомно - молекулярного строения материи и законов электромагнитных явлений использование приведенного выше первого расчета и сохранение Ньютоновского физического смысла параметра ***m*** можно объяснить только инерцией мышления и верой в авторитеты (прежде всего в непререкаемый авторитет Ньютона)**.**

В отличие от первого, второй расчет является прекрасной демонстрацией возможности и необходимости исключения механической Ньютоновской массы из исходных сущностей, как это было сделано с теплородом и флогистоном по ходу развития химии и физики. Второй расчет имеет физический механизм. Согласно цитируемуму выше учебнику Трофимовой (стр. 177) при движении заряда с ускорением возникает ЭДС, ε_i электромагнитной индукции в контуре численно равна и противоположна по знаку скорости изменения магнитного потока сквозь поверхность, ограниченную этим контуром. Этот закон является *универсальным:* э. д. с. ε_i не зависит от способа изменения магнитного потока.

Под действием Кулоновских сил электрон приобретает линейное ускорение. Равенство центробежного и центростремительного ускорений является демонстрацией того, что законы электродинамики не зависят от вида ускорения. Т.е. оно не зависит ни от знака ускорения (положительное оно, или отрицательное) ни от типа движения (поступательно-линейное или центростремительно-криволинейное), ни от того, какая именно сила привела к ускоренному движению.

После прекращения воздействия силы, вызывающей ускоренное движение тела, постепенно прекращается и действие силы, вызванной ЭДС, и тело продолжает двигаться с достигнутой скоростью.

В предыдущих работах, выясняя причины инерциальных свойств электрона, мы пришли к заключению, что инерциальные свойства материи обусловлены зарядом и, следовательно, инерциальная масса имеет электромагнитное происхождение. С другой стороны, в последующих работах (прежде всего в статье «Масса» и данной работе) мы склоняемся к выводу, что **m** это параметр, скорее всего, зависящий и от строения заряда. Для электронов он в 1837 меньше, чем для нуклонов.

Такое существенное различие в инерциальных свойствах электронов и нуклонов позволяет говорить, что инерциальные свойства вещества обусловлены в основном нуклонами.

Приведенное в статье «Принцип эквивалентности» уравнение, рассчитывающее атомный вес элемента,

$$M=1{,}00732*Z+1{,}0087*N,$$

где Z-количество протонов, N-количество нейтронов.

Это уравнение является арифметическим доказательством того, что инерциальная масса нуклонов численно определяет атомный вес элемента и, соответственно, его вес по второму закону Ньютона и следовательно, постулируемой ньютоновской инертной массы не существует.

Уравнение в статье «Масса» для расчета инерциальной массы

$$m = qH_2R/v = qH_1H_2R/E$$

является доказательством того, что инерциальная масса определяется зарядом частиц, видом (строением) этих частиц, что незаряженных частиц материи не существует и, что инерционная масса атома пропорциональна заряду ядра.

Исключение ньютоновской массы, из фундаментальных физических сущностей идентично изменению формулировки Периодического закона после открытия Г.Мозли. До открытия Мозли Периодический закон формулировался Д. Менделеевым следующим образом: свойства химических элементов не произвольны, а находятся в периодической зависимости от атомной массы. После открытия Мозли Периодический закон формулировался следующим образом: заряд ядра является важнейшим свойством элемента, определяющим его химические свойства.

Теперь мы можем говорить, что *инерциальные свойства вещества обусловлены зарядом*!

Важным результатом этой работы стали

1. дополнительное доказательство, что Ньютоновской массы не существует и, соответственно, не существует гравитационного притяжения в представлении Ньютона. Объединение ньютоновской гравитации с электродинамическими взаимодействиями было одной из нерешаемых задач при создании единой теории поля.
2. очередной вклад в обоснование электродинамической природы массы.
3. развернутая демонстрация (в дополнение к предыдущим нашим работам), что центробежные силы - это не фиктивные силы, а электро - магнитные силы, вызванные ЭДС, появляющейся при движении зарядов с ускорением.

Хотя считается, что теорема вириала доказана, и Солнечная система описывается теоремой вириала, однако, до сих пор известная задача 300-летней давности об устойчивости этой системы не имеет однозначного аналитического решения. Ньютон считал, что устойчивость Солнечной системы в конечном счёте обеспечивается сверхестественными силами. Неустойчивость модели атома водорода Бора-Резерфорда явилась одной из основных причин, что привели Бора к признанию квантово - механического описания атома и признанию идей Гейзенберга и Шредингера. Существовавшие до сей поры доказательства, в отличие от нашего, не давали физического объяснения этим явлениям.

В чем основное отличие этой статьи от предыдущих.

В большинстве статей наших книг и размещенных на сайтах fphysics.com и itchem.ru (кроме статей "Масса","Принцип Эквивалентности", "Расчет ковалентного радиуса атома водорода") дают *феноменологическое* объяснение инерциальной массы, основыванное на законах электродинамики (главным образом, на законах Фарадея).

Для того, чтобы убедиться в корректности этого объяснения, нам в свое время, надо было понять и поверить (преодолеть инерцию мышления)

1) в корректности нашего объяснения электропроводности (см. «Общая химия XXI век», гл. Феноменологическое объяснение электропроводности);

2) что законы Фарадея, открытые им в экспериментах на проводниках и магнитах, распространяются и на конвекционные токи;

3) что движущийся одиночный заряд является конвекционным током;

4) что одиночный заряд, двигающийся с ускорением, есть переменный ток, и что этот переменный ток обладает самоиндукцией, как и всякий другой ток (см. Как образуется химическая связь и протекают химические реакции, стр. 244).

И даже после преодоления инерции мышления во всех перечисленных вопросах мы имели только феноменологическое качественное объяснение, т.к. коэффициент самоиндукции конвекционного тока не мог быть рассчитан количественно.

В данной статье доказывается что заряд, двигающийся с ускорением, вызывает появление ЭДС, действующей на заряд силой равной по величине силе, вызвавшей движение заряда с ускорением и противоположной ей по направлению. Это и есть центробежная сила, действующая на заряд.

Равенство по величине центростремительной силы, вызвавшей движение заряда с ускорением, центробежной силе доказывает, что силой, вызвавшей движение заряда с ускорением, является сила Лоренца. Обобщенная сила Лоренца описывает движение зарядов в электрических и магнитных полях (Кулоновская сила +магнитная составляющая силы Лоренца). В случае атомов и молекул эти поля создаются заряженными частицами (ядрами и электронами), а магнитные взаимнодвижущимися этими же частицами.

В рамках электродинамики было доказано, что заряд, двигающийся с ускорением, вызывает появление электродвижущей силы (далее ЭДС), воздействующей на этот заряд.

Величина электродвижущей силы не зависит от вида силы, вызвавшей движение заряда с ускорением. Этой силой может быть и Ньютоновская сила гравитации (притяжение масс), и сила Лоренца. Ускорение также может быть любым (центростремительным и линейным).

Для магнитной составляющей силы Лоренца характерно, что направление ее действия подчиняется правилу Ленца.

Из этого правила мы можем сделать обобщение, согласно которому действие ЭДС на заряд направлено на сохранение величины ускорения (и центробежного и центростремительного) заряда, вызвавшего появление ЭДС. Величина ускорения заряда определяет орбиту заряда в атоме, а также орбиты в молекулярных и планетарных случаях.

Силой Лоренца можно объясняснить устойчивость орбит электронов в атомах и закрыть дискуссию о фиктивности центробежной силы. Экспериментальным подтверждением этого вывода является устойчивость орбиты электрона в атоме.

Сила Лоренца - центростремительная сила. Она является единственной причиной ускоренного движения заряда. Согласно электродинамике вызванная ЭДС действует на заряд

1. с силой равной по величине силе, вызвавшей движение заряда с ускорением
2. в направлении противоположном этой силе.

Более того, можно сказать, что устойчивость этих систем доказывает, что в них действует сила Лоренца. Соответственно, в этих системах взаимодействуют электрические и магнитные поля, как микрочастиц, так и космических объектов.

21-10-2011