

11. ЭФФЕКТИВНАЯ МАССА И ЭФФЕКТИВНЫЙ ИМПУЛЬС ЧАСТИЦ В ЭФИРЕ

На примере рассмотрения механизма формирования силовых полей за счет рассеяния случайных волн эфира частицами мы уже можем предсказать, что и в динамических свойствах частиц (инерция, импульс) необходимо учитывать окружающие их электромагнитные поля.

Силовое поле, которое формируется вокруг частицы, обладает энергией рассеянных эфирных волн, т.е. способно совершать работу, в чем легко убедиться, поместив в поле другую аналогичную частицу (пробный заряд). При движении частицы в эфире силовое поле, а вместе с ним и его энергия переносятся вместе с частицей, что придает частице некоторые инерционные свойства, поскольку в одной области пространства энергия поля как бы вынимается, а в другой области, куда перелетела частица, это силовое поле воссоздается заново.

Из физики волновых явлений в упругих средах известно, что волны переносят не только энергию (вектор Умова), но также и импульс. Отличный от нуля полный импульс сгустка волн означает, что при этом имеет место и перенос вещества той среды, в которой наблюдаются волны [4]. В случае эфирных волн - это вещество эфира, хотя и звучит несколько необычно.

В упругой волне существуют как области сжатия, так и области разрежения. В области сжатия давление и плотность среды больше ее среднего значения и за счет перемещения волны небольшая часть массы среды перемещается вслед за волной. Область разрежения в волне влияет на уменьшение массы, но в окончательном итоге все же ничтожная часть массы эфира перемещается вслед за волнами, что и формирует импульс волн, а также и импульс частиц - генераторов сферических волн.

Как уже отмечено, в области сжатия за счет некоторого перепада давления dp плотность среды увеличивается на небольшую величину $d\rho$. Для идеальной жидкости, в которой распространение упругой волны является адиабатическим движением, давление и плотность связаны дифференциальным соотношением [4]

$$(\partial p / \partial \rho)_s = c^2, \quad (120)$$

где c - скорость упругих волн; значок s означает, что процесс происходит при постоянной энтропии. Для малых приращений это выглядит так:

$$dp = c^2 d\rho. \quad (121)$$

Увеличение давления в среде связано с увеличением внутренней плотности энергии среды на величину dw_0 и при этом [26]

$$dw_0 = dp. \quad (122)$$

Для конечного объема V , в котором за счет сжатия накапливается дополнительная масса

$$dm = V d\rho, \quad (123)$$

а также дополнительная внутренняя энергия

$$dE = V dw_0, \quad (124)$$

из соотношений (121) - (124) получаем

$$dE = c^2 dm. \quad (125)$$

При ускорении частицы, рассеивающей случайные волны, за счет деформации силового поля возможно появление дополнительной деформации эфира и связанное с этим появление дополнительной энергии dE и массы dm частицы.

Допустим, что на частицу воздействует сила поля F , которая совершает работу dA на участке пути dx , тогда

$$dA = F dx = Fv dt. \quad (126)$$

При этом изменится и полный импульс частицы согласно соотношению

$$F dt = d(mv) = m dv + v dm, \quad (127)$$

где учтено изменение массы частицы в соответствии с формулой (125). Полагая, что работа силы пошла на увеличение энергии электромагнитного поля частицы с учетом ее движения из соотношения (125) имеем

$$dE = dA = c^2 dm. \quad (128)$$

Из уравнений (126) - (128), исключая лишние величины, получаем дифференциальное уравнение для m и v

$$v(m dv + v dm) = c^2 dm. \quad (129)$$

Интегрируя данное уравнение, имеем для массы частицы

$$m = m_0(1 - \beta^2)^{-1/2} = \gamma m_0, \quad (130)$$

где m_0 - электромагнитная инерция неподвижной частицы (масса покоя). Данная формула была впервые получена Лоренцем в 1904 г.

Не исключено, что формула (130) может быть получена из других уравнений электродинамики (возможно из преобразований Лоренца для импульса частицы). В этом случае из приведенных дифференциальных уравнений автоматически выводится соотношение (125) и выражение для полной кинетической энергии частицы

$$E = mc^2, \quad (131)$$

минуя специальную теорию относительности.

Попутно заметим, что формулы (130) и (131) были получены также и при анализе движения точечного дефекта (солитона Френкеля - Конторовой) в кристаллической структуре твердого тела [49]. Характерно, что в этих формулах в роли c фигурирует не скорость света, а скорость звука в кристаллах, что никоим образом не связано с СТО. При этом установлено, что наличие посторонней примеси или другого дефекта в кристаллической решетке влечет за собой появление локальных деформаций решетки, т.е. смещение атомов из положений равновесия, на что всегда должна расходоваться определенная энергия.

Таким образом, мы установили, как рассеянные случайные эфирные волны, т.е. собственное силовое поле частицы, влияет на ее

инерционные свойства при ускорениях. Теперь рассмотрим вопрос о том, каким образом на инерцию частицы могут повлиять посторонние электромагнитные поля, т.е. силовые поля, создаваемые другими частицами, находящимися поблизости.

В электрическом поле с напряженностью E согласно формуле (80) на электрон действует ускоряющая сила F , равная

$$F = qE = -q \nabla\varphi - q \partial A / \partial t. \quad (132)$$

Рассмотрим поведение частицы, движущейся с малой скоростью вдали от других частиц. Тогда согласно соотношению (87) уравнение (132) можно записать в виде

$$F = d(m\mathbf{v})/dt = -q \nabla\varphi - q dA/dt, \quad (133)$$

или после соответствующей перегруппировки слагаемых

$$d/dt (m\mathbf{v} + qA) = -q \nabla\varphi. \quad (134)$$

Следовательно, частица в электростатическом поле с потенциалом φ при наличии векторного потенциала A ведет себя таким необычным образом, как будто ее импульс не $m\mathbf{v}$, а некоторый эффективный импульс, равный

$$\mathbf{p}_{\text{эфф}} = m\mathbf{v} + qA, \quad (135)$$

т.е. зависит также от характера движения посторонних частиц, формирующих векторный потенциал A .

Наличие в (135) дополнительного слагаемого qA может привести к появлению дополнительной инерционности для сложных частиц (например, ядер, атомов и молекул). Рассмотрим этот вопрос подробнее.

В качестве примера возьмем один из простейших вариантов движения, а именно, систему, состоящую из двух заряженных частиц, например, атом водорода. Поскольку протон намного массивнее электрона, то в первом приближении влиянием электрона на движение протона можно пренебречь.

Пусть атом водорода движется со скоростью v в направлении оси OX . Тогда импульс протона с массой M и импульс электрона с массой m соответственно равны

$$\begin{aligned} p_p &= Mv, \\ p_e &= mv + qA_x, \end{aligned} \quad (136)$$

где запаздывающий потенциал A_x создается за счет движения массивного протона. Здесь мы пренебрегаем орбитальным движением электрона, поскольку при усреднении проекция орбитального импульса на ось OX даст нулевой вклад.

С учетом формулы (81) суммарный эффективный импульс атома водорода принимает вид

$$p_{эфф} = p_p + p_e = (M + m + q\phi/c^2)v = (M + m + U/c^2)v, \quad (137)$$

где $U = q\phi$ - потенциальная электростатическая энергия взаимодействия электрона и протона.

Соотношение (137) можно записать коротко

$$p_{эфф} = m_{эфф} v,$$

$$\text{где} \quad m_{эфф} = M + m + U/c^2. \quad (138)$$

Поскольку в случае атома водорода $U < 0$, то эффективная масса $m_{эфф}$ становится меньше, чем сумма масс составляющих частиц. Появился недостаток (дефект) массы Δm , обусловленный электромагнитным взаимодействием электрона и протона

$$\Delta m = U/c^2. \quad (139)$$

При образовании атома водорода избыток энергии $\Delta E = -U$ был излучен электроном в виде электромагнитных волн, в результате чего полная энергия системы протон + электрон уменьшилась на величину ΔE по сравнению со свободными частицами, и мы получаем

$$\Delta E = c^2 \Delta m. \quad (140)$$

Сравнивая это соотношение с формулой (125), полученной из других соображений, мы приходим к заключению, что данные результаты приобретают как в электродинамике, так и в других волновых явлениях всеобщий характер.

В наиболее яркой форме данный эффект проявляется в ядерных реакциях, где благодаря большим энергиям электромагнитного взаимодействия разницу в эффективных массах ядер до и после реакции можно достаточно надежно измерить.

В работе [34] приводится пример с зеркальными ядрами изотопов B^{11} и C^{11} , разница между которыми состоит лишь в замене нейтрона на протон в изотопе углерода. Примечательно, что подобная замена очень мало отражается на свойствах данных ядер (например, на схеме уровней возбуждения). Характерной особенностью данных ядер является то, что изотоп C^{11} тяжелее изотопа B^{11} на величину кулоновской энергии протона в ядре, деленной на c^2 , с учетом разницы масс нейтрона и протона, т.е. в соответствии с формулой (139). Эти данные говорят о том, что электромагнитные (в частности кулоновские) силы играют существенную роль в образовании ядер и в ядерных реакциях. Учитывая то обстоятельство, что простые классические соотношения, рассмотренные в данном разделе, выполняются с очень высокой точностью для всех атомов и ядер (при сравнении эффективных масс элементов), можно предположить, что электромагнитные силы являются основными силами, участвующими в формировании не только атомов, но также и ядер.

В современной теории атомного ядра считается, что энергия связи ядер обусловлена сильным взаимодействием, которое примерно на два порядка превышает кулоновское взаимодействие. При этом в качестве расстояния для кулоновских сил принимается размер нуклона.

Однако при рассмотрении взаимодействия между нуклонами следует учитывать и структуру самих нуклонов, а также тот факт, что ядерные силы действуют преимущественно в области касания, что напоминает действие сил Ван-дер-Ваальса в межмолекулярных взаимодействиях. Такие представления хорошо объясняют, например, явление быстрого насыщения ядерных сил при увеличении числа нуклонов, поскольку каждый нуклон взаимодействует в основном лишь с ближайшими соседями [50]. Этим же можно объяснить и тот факт, что хотя нуклоны и являются сложными частицами, но проявляют в ядрах ярко выраженную индивидуальность, т.е. существуют как целые

составные части, поскольку энергии в точках касания явно недостаточно, чтобы разрушить нуклон.

По аналогии с ядерными силами и в межмолекулярных силах сцепления частично сохраняется индивидуальность молекул, а иногда и отдельных атомов. Так, например, рентгеновские спектры атомов практически не зависят от химических соединений, в которые входят исследуемые атомы.

Кулоновской энергией взаимодействия можно просто объяснить квадратичную зависимость дефекта масс ядер от массового числа [34,50]. По этой зависимости видно, что при делении тяжелых ядер выделяется избыток кулоновской энергии взаимодействия протонов в ядрах, а при синтезе легких ядер выделяется энергия за счет сильного электромагнитного притяжения между нуклонами в точках касания, т.е. прилипания нуклонов друг к другу, как и в случае молекулярных сил. При этом большая величина ядерных сил может быть обусловлена очень большими скоростями электронов и позитронов, входящих в состав ядер.

Данное предположение подтверждается также работой В.П. Рычкова [51], где рассмотрена структура всех элементарных частиц, в том числе и нуклонов, отличающаяся большой общностью и наглядностью. Автором показано, что в качестве универсальных компонентов всех частиц могут выступать электроны и позитроны, связанные электромагнитными силами при их периодическом движении внутри сложных частиц.

Такую гипотезу несложно будет проверить при достаточном развитии классической электродинамики, учитывая то обстоятельство, что возможности электронов и позитронов, взаимодействующих с эфиром, еще далеко не исчерпаны.