

О ДВУХ ПОНЯТИЯХ ИЗ КОДИФИКАТОРА-2016

А. Б. Рыбаков, ГБОУ «Лицей № 144», г. Санкт-Петербург

Кодификатор — важнейший для работы учителя документ, в нём перечисляются все элементы содержания, которые будут проверяться на ЕГЭ.

Казалось бы, о чём вести речь, если перед нами всего-на-всего сухой перечень основных понятий и формул. Но даже и в этом случае, как нам представляется, можно говорить о нечёткой трактовке некоторых понятий.

Мы считаем, что все понятия должны быть сформулированы так, чтобы их использование не приводило ни к каким трудностям в работе учителя на уроке.

О ПОНЯТИИ «МАТЕРИАЛЬНАЯ ТОЧКА» В РАЗДЕЛЕ «КИНЕМАТИКА»

Среди самых фундаментальных понятий кинематики (именно кинематики!) в кодификаторе указана и материальная точка. Возможно, авторы кодификатора считают, что объектами физического рассмотрения могут быть только материальные объекты. Мы же хотим заметить, что весь аппарат кинематики в равной мере применим и к объектам, которые назвать материальными невозможно.

Есть множество самых обычных, известных даже детям, объектов, которых нельзя потрогать, но которые можно наблюдать, фотографировать и т. п.

Рассмотрим несколько примеров.

Самый простой пример таких объектов — это тень от какого-то тела. Например, бегущая по земле тень от летящего самолёта. Другой знакомый с раннего детства пример — солнечный зайчик. И вообще любой зайчик, т. е. пятно света на какой-то поверхности, созданное лучом фонарика, прожектора, лазера. Конечно, зайчик создан потоком фотонов, но нельзя сказать, что он состоит из фотонов, эти фотоны не перемещаются вместе с ним. Ещё с одним типом нематериальных объектов все хорошо знакомы — это изображения в зеркале.

У всех этих объектов нет ни массы, ни импульса и никаких других свойств материальных тел. К ним нельзя приложить силу, чтобы сжать их или растянуть. Но никого не удивит вопрос, с какой скоростью (или ускорением) движется зайчик или изображение в зеркале.

У этих объектов есть удивительные свойства, ещё больше отличающие их от материальных тел.

Все знают о важнейшем результате специальной теории относительности о невозможности движения со скоростью, большей скорости света c . Но такая формулировка принципиально не полна. О движении каких объектов в ней идёт речь? Вот здесь-то и зарыта собака.

Будем вращать лазер в горизонтальной плоскости вокруг проходящей через него вертикальной оси с угловой скоростью ω . Тогда по экрану, отстоящему на расстоянии R , зайчик будет двигаться со скоростью $v = \omega R$. Выбрав достаточно большие

ω и R , мы получим $v > c$. И никакой ошибки здесь нет. Просто вывод теории относительности относится только к материальным телам. А зайчик не материальное тело.

Мы потому и видим зайчик, бегущий по экрану, что он является источником света. Теперь мы понимаем, что ничего невозможного в понятии «сверхсветовой источник излучения» нет. (Укажем интереснейшую статью акад. В. Л. Гинзбурга на эту тему [1]).

Когда астрономы уверяют нас, что они наблюдают в космосе движения со скоростями, большими c , не надо думать о нарушении теории относительности. Надо детально разбираться с тем, что именно они наблюдают. Когда мы наблюдаем достаточно быстро движущийся объект, из-за конечности скорости распространения света мы видим его не там, где он сейчас находится. В космосе отличие наблюдаемого движения от истинного может быть весьма велико. В частности, некое тело может двигаться со скоростью, меньшей c , а мы будем видеть движение со сверхсветовой скоростью. Так объясняются наблюдения астрономов.

Элементарный графический анализ связи действительного и видимого движения быстро движущихся объектов проведен в статье автора [2].

Теперь приведём один пример из другой области. Возьмём два длинных соприкасающихся стержня, пусть малый угол между ними равен α . Будем двигать каждый стержень со скоростью перпендикулярной к стержню и равной v . Легко видеть, что точка пересечения стержней будет перемещаться

со скоростью, равной $\frac{v}{\sin \alpha}$.

И опять-таки можно так подобрать v и α , чтобы эта скорость превысила c . И снова скажем, что точка пересечения — это геометрическое понятие, а не материальное тело.

Итак, мы привели немало примеров нематериальных объектов. И для описания их движения не надо придумывать какую-то «другую» кинематику. Это самые обычные объекты кинематики. На уроках (тем более, на факультативах) вполне может зайти речь о таких объектах. А попытка рассматривать их как материальные заведёт учителя в тупик.

Попытаемся резюмировать. В кинематике рассматривают не материальные, а идеальные объекты. «Точка» в кинематике — это геометрическая точка. «Тело» — это то тело, которое рассматривают в стереометрии.

Итак, представляется, что раздел «Кинематика» должен открываться вопросом «Движение точки». А раздел «Динамика» — вопросом «Материальная точка».

Вот ведь пишут же сами авторы в п. 1.1.8 кодификатора: «Движение точки по окружности», «Центростремительное ускорение точки». Почему же не «материальной точки»? Да потому, что не нужно в кинематике это понятие.

ТАКИЕ РАЗНЫЕ «ЭНЕРГИИ СВЯЗИ»

В кодификаторе вопрос сформулирован так: «Энергия связи нуклонов в ядре». Боюсь, что здесь заложено основание для серьезнейшей путаницы. Что конкретно имеется в виду, совершенно не ясно.

В ядерной физике вводят несколько разных «энергий связи», которые необходимо различать и точно определять:

1. Энергия связи ядра $E_{св}$.
2. Удельная энергия связи ядра $E_{уд}$.
3. Энергия связи протона в ядре E_p .
4. Энергия связи нейтрона в ядре E_n .

Это совершенно разные величины!

Скажем несколько слов о каждой из них.

Есть общезначимое определение внутренней энергии системы $E_{вн}$. Но в ядерной физике принято характеризовать ядро величиной $E_{св}$, которая знаком отличается от $E_{вн}$.

Только между $E_{уд}$ и $E_{св}$ есть простая связь: $E_{уд} = \frac{E_{св}}{A}$. Никаких иных связей между этими четырьмя энергиями связи не существует!

Напомним, что именно с $E_{уд}$ связана важнейшая для всей темы закономерность — вид кривой $E_{уд}(A)$. Очень полезная кривая! Особенно для разговоров об энергетическом выходе в реакциях деления тяжёлых или синтеза лёгких ядер.

Сведения о $E_{уд}$ и $E_{св}$ можно найти в любом школьном учебнике. Совсем иная ситуация с E_p и E_n . Но в кодификаторе-то вопрос сформулирован так, будто речь идёт именно об этих величинах.

Широко распространено ошибочное мнение, что эти величины совпадают с $E_{уд}$. Несколько лет назад в пособиях для подготовки к ЕГЭ, изданных ФИПИ, были задачи, построенные на этом ошибочном отождествлении (не знаю, были ли они использованы на экзаменах).

Почему это не так?

Это вопрос можно поставит очень наглядно. Почему для камешков, лежащих в ямке глубиной h , можно считать, что их «энергия связи» равна mgh ?

Весь педагогический опыт и современные методики в образовании собраны в журнале «Педагогическая мастерская. Всё для учителя!»



Практический журнал для педагогов, которые хотят стать настоящими мастерами своего дела:

- актуальные интервью авторов книг и программ, новости образования в стране и за границей, обсуждение важных вопросов школьной жизни;
- советы психологов и других специалистов;
- кладёшь идеи для создания современного и эффективного урока.

48 страниц полезной информации + бесплатная цветная вкладка

Стоимость подписки на 6 месяцев — 699,00 руб.
Электронная подписка* на 6 месяцев — 399,00 руб.

Подписывайтесь прямо сейчас и получайте всегда актуальную информацию!

Подписной индекс:

Почта России

79306

Роспечать

83553

Электронная подписка на сайте www.e-osnova.ru

79362

Подписаться на журнал можно в любом почтовом отделении по каталогу «Почта России» или «Роспечать». Редакционную подписку на бумажную или электронную версию журнала можно оформить по тел.: (495) 66-432-11 или на сайте издательства www.e-osnova.ru. На сайте можно найти и распечатать заполненную квитанцию для оплаты подписки.



Почему энергию связи нуклона в ядре нельзя так же просто связать с глубиной потенциальной ямы под названием «ядро»?

Дело в том, что наличие или отсутствие камешков в ямке никак не сказывается на глубине ямки. В ядре же потенциальная яма образована именно взаимодействием нуклонов. При удалении камешка из ямки сама ямка не изменяется, при отрыве одного нуклона от ядра мы получаем новое ядро с какой-то другой энергией связи.

Вопрос об энергии связи частицы возникает в разных областях физики. Можно говорить об энергии связи атома (или группы атомов) в молекуле. Или об энергии связи электрона в атоме (мы обычно называем эту величину энергией ионизации).

Как же строго определяется эта величина?

Пусть мы имеем два состояния системы из n частиц (быть может, разной природы): связанное состояние всех частиц и такое состояние, где $n - 1$ частиц связаны, а одна удалена на бесконечность. Так вот, энергией связи частицы по определению называется разность энергий системы в этих двух состояниях (см. рис.).



Вот как определяются «энергия связи протона» и «энергия связи нейтрона» для ядра (A, Z) :

$$E_p(A, Z) = E_{св}(A, Z) - E_{св}(A - 1, Z - 1), \quad (1)$$

$$E_n(A, Z) = E_{св}(A, Z) - E_{св}(A - 1, Z). \quad (2)$$

Заметим, что E_p и E_n могут очень существенно отличаться друг от друга и от $E_{уд}$. Вот, например, для изотопа азота N-13: $E_{уд} = 7,2$ МэВ, $E_n = 20,1$ МэВ, $E_p = 1,9$ МэВ (признаемся, что мы не рассчитывали эти величины по формулам (1), (2), а воспользовались готовыми данными из обширнейших таблиц в [3]; эту книгу легко найти в Интернете).

Знаки E_p и E_n в (1), (2) выбраны так, чтобы для стабильного ядра энергии связи всех частиц были положительны. Если мы увидим, что для какого-то ядра, например, энергия связи протона $E_p < 0$, то это говорит, что когда-то это ядро погибнет, испустив протон (конечно, оно может погибнуть и раньше в результате распада другого типа).

Есть много различных типов распада ядер. Для ответа на вопрос о возможности вылета какой-то частицы из конкретного ядра надо найти знак энергии связи этой частицы в ядре. Например, энергия связи α -частицы в ядре (A, Z) :

$$E_\alpha(A, Z) = E_{св}(A, Z) - E_{св}(A - 4, Z - 2). \quad (3)$$

Для всех атомных ядер, подверженных α -распаду, эта величина отрицательна.

Аналогично решается вопрос о возможности вылета из ядра какого-нибудь лёгкого ядра.

Впрочем, о возможности α -распада (и любого другого вида распада) можно сказать и проще: если масса продуктов распада меньше массы исходного ядра, то распад рано или поздно произойдёт.

Едва ли авторы кодификатора действительно собирались проверять знание «энергии связи нуклонов», скорее они просто неаккуратно выразились. Представляется, что соответствующий пункт в кодификаторе должен выглядеть так: «Энергия связи ядра. Удельная энергия связи ядра. Вид зависимости удельной энергии связи от массового числа».

Впрочем, с указанной зависимостью тоже связано одно недоразумение. Не раз приходилось читать, что об особой якобы «устойчивости» или «прочности» ядер с наибольшей $E_{уд}$, т. е. ядер, лежащих близко к максимуму на кривой зависимости $E_{уд}(A)$. В действительности же величина $E_{уд}$ никак с временем жизни ядра не связана. В этом легко убедиться с помощью тех же таблиц в [1]. Дело в том, что ядро гибнет совсем не в процессах развала на отдельные нуклоны. (Так мы, когда хотим разрушить дом, не разбираем его на отдельные кирпичики.) Несложно убедиться и в том, что стабильные ядра есть в областях, далёких от максимума этой кривой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варламов В. В. Атомные ядра. Основные характеристики / В. В. Варламов, Б. С. Ишханов, С. Ю. Комаров. — М.: Университетская книга, 2010.
2. Гинзбург В. Л. О сверхсветовых источниках излучения // Гинзбург В. Л. О теории относительности / В. Л. Гинзбург. — М.: Наука, 1979.
3. Рыбаков А. Б. Распространение сигнала от движущегося источника, или Что увидит наблюдатель / А. Б. Рыбаков // Квант. — 2013. — № 4.

НАУЧНЫЙ КАЛЕНДАРЬ

ИЮЛЬ

1646 — 370 лет назад

1 июля — родился Готфрид Вильгельм Лейбниц (ум. 14.11.1716), немецкий философ и математик. На пользу людям и горе ученикам придумал интегралы и дифференциалы.

1711 — 305 лет назад

22 июля — родился Георг Вильгельм Рихман (ум. 06.08.1753), русский физик.

1746 — 270 лет назад

16 июля — родился Джузеппе Пиацци (ум. 22.07.1826), итальянский астроном, открывший первую малую планету — Цереру.

Продолжение на с. 43