

АЛЕКСАНДР
НИКОНОВ

ФИЗИКА И АСТРОФИЗИКА



КРАТКАЯ ИСТОРИЯ
НАУКИ В НАШЕЙ ЖИЗНИ



Лучшие научно-популярные книги

Александр Никонов

**Физика и астрофизика: краткая
история науки в нашей жизни**

«Издательство АСТ»

2019

УДК 087.5:53
ББК 22.3

Никонов А. П.

Физика и астрофизика: краткая история науки в нашей жизни /
А. П. Никонов — «Издательство АСТ», 2019 — (Лучшие научно-
популярные книги)

ISBN 978-5-17-118128-4

Физика – основополагающая из наук, способная и ответить на многие наши вопросы об устройстве окружающего мира, и в то же время существенно поколебать уже устоявшиеся представления о привычных явлениях. Последние исследования ученых подтверждают существующие теории, открывают совсем новые пласты знаний и не представляют сейчас, что нас окружает и как оно работает, уже не современно. Александр Никонов в своей книге рассматривает физику и астрофизику комплексно, освежая уже забытые школьные знания, поясняя новейшие открытия и уточнения ранее известных физических законов, знакомя нас с новыми понятиями и фактами. И даже если физика в школе казалась вам скучной и непонятной, то сейчас с позиции взрослого образованного человека вы сможете заново открыть для себя эту на самом деле чертовски увлекательную науку! Мы пробежимся по всем базовым понятиям: – Почему не всякая радиация вредна? – Как устроен атом и вообще весь мир? – Как эволюция физических знаний изменила наше сознание? – и многое другое. А потом возьмем на рассмотрение вопросы посложнее – и поинтереснее: – Откуда берется время и зачем нам нужна энтропия? – Почему теория струн стала революцией в мире физики? – Как умирают вселенные, и чем это нам грозит в будущем? – и многое другое. В формате a4.pdf сохранен издательский макет.

УДК 087.5:53

ББК 22.3

ISBN 978-5-17-118128-4

© Никонов А. П., 2019

© Издательство АСТ, 2019

Содержание

От автора доброе слово надежды и горькой правды	7
Часть I. Когда б вы знали, из какого сора...	9
Атомное начало	9
Как устроен атом и вообще весь мир	12
Четыре силы природы	26
Конец ознакомительного фрагмента.	30

Александр Никонов
Физика и астрофизика: краткая
история науки в нашей жизни

© Никонов А., текст

© ООО «Издательство АСТ»

* * *

От автора доброе слово надежды и горькой правды

Однажды, оглядевшись вокруг, автор остался весьма неудовлетворенным состоянием дел в стране. Потому что кругом выросли необыкновенные пустоцветы!

Просто зла не хватает!

Та юная поросль, которая автора окружала, расстроила меня до необычайности. Потому что поросль эта – местами, кстати, не такая уж и юная, а вполне себе половозрелая! – на грош не представляла себе, как устроен наш мир. А ведь люди в мою бытность это знали! Знания они получали из советской школы, где сдавали трудные экзамены, а также из научно-популярных книжек, издававшихся в проклятое имперское недемократическое время в огромном изобилии. Тираж в сто тысяч тогда считался крохотным и вызывал умиление. А теперь гляньте на тираж этой книги и заплачьте... Правда, ассортимент книг при Совдепии был меньше, зато они выдерживали самую суровую академическую редактуру, и даже детские научно-популярные книжки были густо напичканы формулами с интегралами – вот где жечь!

Тем не менее надо отметить, что из-за низкого ассортимента информационная среда при Совдепии была довольно бедной, домашних компьютеров тогда не существовало, не говоря уж о всемирной информационной сети, телефоны были проводными, пресса и телевидение – казенными и неуклонно придерживавшимися линии партии. Поэтому жажду знаний граждане удовлетворяли путем чтения научно-популярной и даже специальной литературы. Буквально грызли всухомятку неудобоваримый гранит науки. А что делать, это была единственная наша отдушина! (Правда, введения и предисловия приходилось пропускать, поскольку и там для проформы упоминался марксизм и его передовая роль в науке.)

Короче, в те суровые годы критерии научной популярности были совершенно иными, нежели в свободном мире. Сейчас-то даже ученых, ваяющих книги для широкой публики, редакторы, больно выламывая им руки, заставляют писать про сложнейшие проблемы физики так, что даже мне, кое-что в этом понимающему, становится ни черта не понятно, что же хотел сказать автор, настолько примитивно все изложено, настолько упрощается, и оттого выхолащивается вся суть.

А когда-то, повторюсь, книги для народа писались с формулами, ибо авторы предполагали, что школьный курс математики людьми не забыт, и каждый советский выпускник знает, что такое интеграл и что такое производная – это предел отношения приращения функции к приращению аргумента, когда последний стремится к нулю... Видите, я воспроизвел это определение по памяти, не заглядывая ни в какие гуглы-шмуглы эти ваши! Есть еще порох в пороховницах и ягоды в ягодицах!

И, между прочим, советские авторы и редакторы были правы в своих предположениях о незыблемости школьных знаний. Автор сих строк – лучшее тому доказательство. Рассказываю историю...

Однажды через много лет после окончания вуза приключился со мной преудивительнейший случай. Сидел я как-то поздним вечером на кухне уставший и вдруг вспомнил анекдот своей молодости. Звучит он так: «Первая степень деградации инженера после окончания вуза – инженер забывает таблицу интегралов... Вторая степень деградации инженера – инженер забывает таблицу умножения... Третья степень деградации инженера – инженер надевает на лацкан «поплавок».

Поплавок, если вдруг кто забыл, – это синий ромбовидный значок о высшем образовании с перекрещенными молотками на эмалированной эмблеме, уж не знаю, дают нынешним студентам такие или нет...

Вспомнился мне этот анекдот вот по какой причине – я вдруг подумал, что со времен окончания вуза прошло уже изрядное количество лет, и какая же у меня теперь стадия дегра-

дации? Значок я еще не ношу, что, правда, можно списать на полное отсутствие у меня пиджаков – некуда нацепить. Таблицу умножения, кажется, еще помню, хотя на многих строчках уже запинаясь. А вот, например, площадь круга...

И тут – о, ужас, о, дикий ужас! – я вдруг понял, что не могу точно вспомнить площадь круга – то ли «пи эр квадрат», то ли «два пи эр квадрат». Это был явный заскок. Из тех, что случаются с каждым человеком, когда он внезапно забывает какое-то знакомое слово – смотрит на предмет и не может вспомнить, как эта штука называется. Фамилия, бывает, чья-нибудь иногда так выскакивает из головы. Кажется, еще минуту назад помнил, а тут вдруг – бац, ступор какой-то, вылетело слово. И чем сильнее хочешь вспомнить, тем больше клин. В таких ситуациях нужно просто успокоиться и подумать о чем-то другом, и тогда через пару минут собой программы рассосется, и нужное слово к тебе вернется само.

Я это знаю и знал. Но в тот раз изрядно перепугался: неужто я совсем стал дурак – забыл площадь круга? Неужели пора искать в кладовке ромбовидный значок с перекрещенными молотками и цеплять на свитер? Я лихорадочно схватил ручку, обрывок бумаги и решил просто-напросто вывести площадь круга, раз я ее так позорно забыл. Нарисовал круг, в нем – элементарный треугольник с высотой в радиус и основанием в «дельта икс». Взял интеграл по замкнутому контуру. И получил площадь круга – «пи эр квадрат». Без всякой двойки впереди. И тут же вспомнил, что двойка – у длины окружности.

Горд собой был до чрезвычайности. Напилился чаю с лимоном... Умели раньше делать специалистов!

А сейчас? Где та знаменитая «Библиотечка "Квант"» и другие издания, выдававшие на-гора для советской интеллигенции рассказы о сопредельных науках для повышения общего уровня развития? Нетути!.. Оттого и впал я в печаль, обнаружив вокруг себя в людских головах полную физическую пустоту, именуемую по-научному «вакуум». Каковой вакуум я и решил заполнить, перехватив упавшую в грязь бесхозную эстафетную палочку просветительства. А что делать, если ни современные взрослые, ни их дети-школьники не знают, как устроен мир, в котором они живут?

Да тут еще ЕГЭ на школьное образование навалился. В результате дети учатся угадывать ответы и ставить галочки, проскальзывая таким образом мимо сути.

Короче, хочешь сделать хорошо, сделай сам, вспомнил я известную поговорку и начал с детей: написал для них несколько книжек – о физике, астрономии, эволюции, экономике (вот уж где марксизму досталось по полной программе!).

А потом позвонили из издательства и сказали:

– А взрослые-то тоже тупые! Учились они в мрачные девяностые и в тучные нулевые, когда было не до знаний: знания одинаково плохо усваиваются как на голодный желудок, так и на сытый. Сделайте теперь «Физику» для взрослых.

И, образовав, насколько сил хватило, детей этого потерянного поколения, я решил взяться за нас самих.

– Нужно просто немного переделать детскую книгу по физике для другой аудитории, оставив доступность изложения и убрав снисходительный тон, – таким было задание... чуть не сказал «партии»... издательства.

И я его с честью выполнил, ибо имею талант излагать просто сложные вещи. Да к тому же без формул, следуя запросам сегодняшнего дня.

Все, я закончил свое выступление. Можете приступать к освоению материала...

Часть I. Когда б вы знали, из какого сора...

Атомное начало

Впервые мысль о том, будто все вещество состоит из мельчайших неделимых частичек, выдвинули философы Древней Греции. Как они пришли к этой странной мысли?

Оказывается, для некоторых открытий не нужны ни микроскопы, ни ускорители, ни высшая математика. Достаточно житейского ума и логики. Следите за мыслью древних греков, и вы сейчас почувствуете себя каким-нибудь Аристотелем или даже хуже – Сократом...

Греки, у которых, видать, образовалась масса свободного времени, пока рабы трудились в полях, однажды, прогуливаясь в тогах под оливами на фоне ярко-синего моря, задумались: а насколько вообще делимо вещество? Современный человек, привычный к бесконечностям, может махнуть рукой: да оно бесконечно делимо! Всегда можно расколоть самую маленькую крошечку на две поменьше!

Вот тут и возникает проблема. Потому что если мы поднатужимся и представим себе некую условную «самую маленькую частицу вещества», мы и вправду можем спросить: а вдруг она состоит из еще более мелких деталек, между которыми – пустота?

Собственно говоря, даже исходя из современных представлений об устройстве вещества, атом практически пуст внутри – если атом увеличить до размеров олимпийского стадиона, ядро атома будет с футбольный мяч, а крайние орбиты электронов, кружащихся вокруг ядра, пройдут по последним рядам сиденьев. Причем сами электрончики будут размером с маковое зерно. А все остальное в атоме – это **пустота**!

Если теперь взять ядро атома, в коем и сосредоточено 99,9 % массы вещества, то мы увидим, что оно состоит из более мелких частичек – протонов и нейтронов. А между ними – опять пустота? Но если дробить детали до бесконечности, то мы увидим, что ни черта в материи нет, кроме пустоты. Нету ее, материи!

– Значит, – рассудили древние греки, – должны быть какие-то мельчайшие неделимые твердые частички материи, чтобы материя все-таки существовала, раз уж она есть.

И назвали они эти мелкие неделимые частицы **атомами**. Потом наука узнала, что атомы не являются неделимыми кусочками материи, атомы можно разобрать. Они состоят из так называемых элементарных частиц. Элементарных – значит по-настоящему неделимых.

Как это неделимых!? Позвольте!... А если по ним хорошенечко шарахнуть чем-нибудь? Ну, например, такими же частицами, чтобы разломать и посмотреть – может, там еще какие-то детали есть?

Шарахнули. И неоднократно. Собственно, те самые огромные ускорители, которые строят за бешеные деньги физики по всему миру, включая знаменитый адронный коллайдер, для того и нужны, чтобы разгонять элементарные частицы и шарашить их друг о друга. Одни частицы здесь выступают в роли молотков, другие – мишеней.

Так вот, выяснилось, что частицы, называемые элементарными, и вправду элементарны – они не разваливаются на детали. Они или превращаются в другие частицы, или же в экспериментах образуется целая куча дополнительных частиц, больше, чем было! Из чего они образуются? А из энергии (скорости), которую физики придали частицам-молоткам, когда их разгоняли для удара по частицам-мишеням. Оказалось, масса и энергия – это одно и то же. Впрочем, об этом мы еще поговорим позднее, а пока вернемся к делимости и неделимости.

Несмотря на составную структуру, атомы и даже более крупные частицы вещества, состоящие из нескольких атомов и именуемые молекулами, и вправду можно назвать в каком-то смысле неделимыми! Потому что они на самом деле являются мельчайшими частицами дан-

ного вещества! И если молекулу развалить, ее части уже не будут обладать свойствами исходного вещества – вот что имеют в виду, когда говорят о неделимости. Это как если автомобиль на запчасти разобрать – машины уже не будет, и, хотя все детали останутся на месте, никуда на них уже не уедешь, потому что потерялась взаимосвязь, организация.

Если молекулу воды разобрать на части, то H_2O уже не будет, а получится одна молекула кислорода и пара молекул водорода. Если же разобрать самую маленькую частицу водорода – его атом, то получатся элементарные частицы, а не водород.

Древние греки были парни головастые и уже знали, что из двух разных веществ можно сделать третье – с совершенно другими свойствами, которыми не обладают первые два. Ну, например, можно в расплавленную медь добавить другой металл – олово. И получится сплав под названием «бронза», который обладает особой твердостью и текучестью, которыми ни медь, ни олово по отдельности не обладают.

Но отсюда один шаг до следующей идеи – а может, все вещества в мире тоже состоят из каких-то более простых элементов, как та же бронза, сделанная из меди и олова? И быть может, элементов этих не так уж много? Как из цветной мозаики или нескольких красок можно сделать бесконечное множество картин, как из малого числа букв можно сделать сотни тысяч слов и миллионы разных книг, так и из ограниченного числа природных элементов складывается бесконечное множество веществ?

Богатая идея!

Греки решили, что все огромное разнообразие самых разных веществ в мире на самом деле состоит из четырех простых элементов – земли, воды, огня и воздуха – в разных сочетаниях. Они это просто придумали. Высосали из пальца. И, конечно, ошиблись, но их ошибка была воистину гениальной! Ведь греки сделали большой шаг вперед – отказались от мифологических, религиозных объяснений и применили к познанию мира научный принцип анализа: начали говорить о разложении и взаимопревращении разных веществ. Направление их мысли оказалось верным, и в дальнейшем наука подтвердила: действительно все многообразие мира складывается из простейших составляющих. Эти простейшие вещества так и называли «элементарными веществами» или просто «химическими элементами».

Периодическая таблица элементов Менделеева вот как раз про это! Сколько там химических элементов, припоминаете?... Порядка сотни клеточек с латинскими буквами – вот столько во вселенной деталей мирового конструктора. Не так уж мало! Во всяком случае, не пять, как думали греки.

Многие из элементарных химических веществ вы прекрасно знаете. Золото, например. Железо. Свинец. Вообще все известные металлы – это химические элементы, то есть простейшие вещества. И многие газы.

А вот сталь – это сплав двух элементов – железа и углерода. В чистом виде железо нигде не используется, поскольку оно мягкое. Углерод вы тоже прекрасно себе представляете, он является основой угля (поэтому так и называется – «углерод», то есть «рождающий уголь»). Соединение железа и углерода дает нам сталь или чугун (в зависимости от количества добавленного в железо углерода, если мало углерода – сталь, много – чугун).

Воздух, которым мы дышим, тоже «сплав», точнее, смесь разных газов, среди которых кислород, азот и углекислый газ. Кислород и азот – химические элементы, то есть простейшие вещества. А вот углекислый газ – сложное вещество, состоящее из двух простых элементов – кислорода и углерода: CO_2 .

Читатель может спросить:

– А чего это мы вдруг в химии оказались, начав с физики?

А потому что химия – это, по сути, раздел физики. Собственно говоря, настоящей наукой химия, возникшая из средневековой алхимии, стала только тогда, когда была открыта таблица

Как устроен атом и вообще весь мир

Итак, атомы химических элементов – это детали мирового конструктора. Но эти детали, в свою очередь, устроены из более мелких деталек. И этих деталек всего три.

Гуманитариям, напрочь забывшим школьный курс, трудно в это поверить, но все многообразие окружающей нас природы, все, что мы видим вокруг, – это лишь разные наборы всего трех элементарных частичек.

Вы, наверное, вспомните, как они называются. Не можете не вспомнить! Вот она, наша святая троица – **протон, нейтрон и электрон**. Познакомимся же с ними поближе. И начнем с электрона, его физики открыли самым первым.

Что мы можем о нем сказать? Какого он цвета? Он шершавый? Он влажный, твердый, газообразный? Он тепломкий?

Нет! Все те свойства, к которым мы привыкли в нашем макром мире, не имеют никакого отношения к миру элементарных частиц (микром миру). Нет в микром мире ни цвета, ни запаха, ни шершавости, ни твердости, ни тепломкости. Это все свойства макромира. Все эти свойства складываются из множества частиц, это макросвойства. А по отдельности частицы этих свойств не имеют.

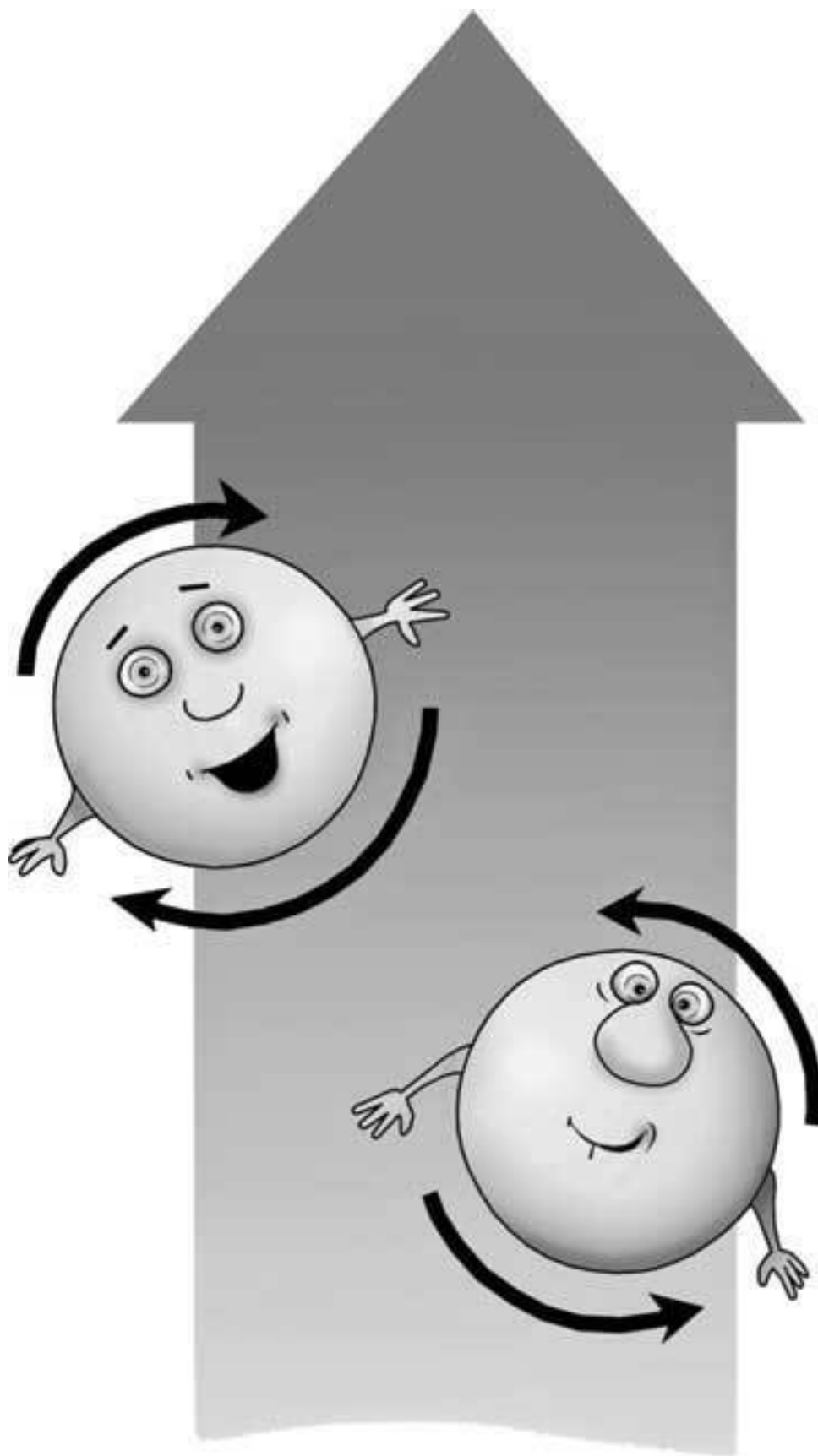
А что же они имеют? Ну, должны же быть у электрона какие-то свойства, иначе бы его не существовало! Ведь существовать – это значит проявлять себя как-то, то есть иметь свойства!

Да, некоторые свойства у электрона есть. У него, например, есть размер. Радиус электрончика равен $2,81794 \times 10^{-13}$ см.

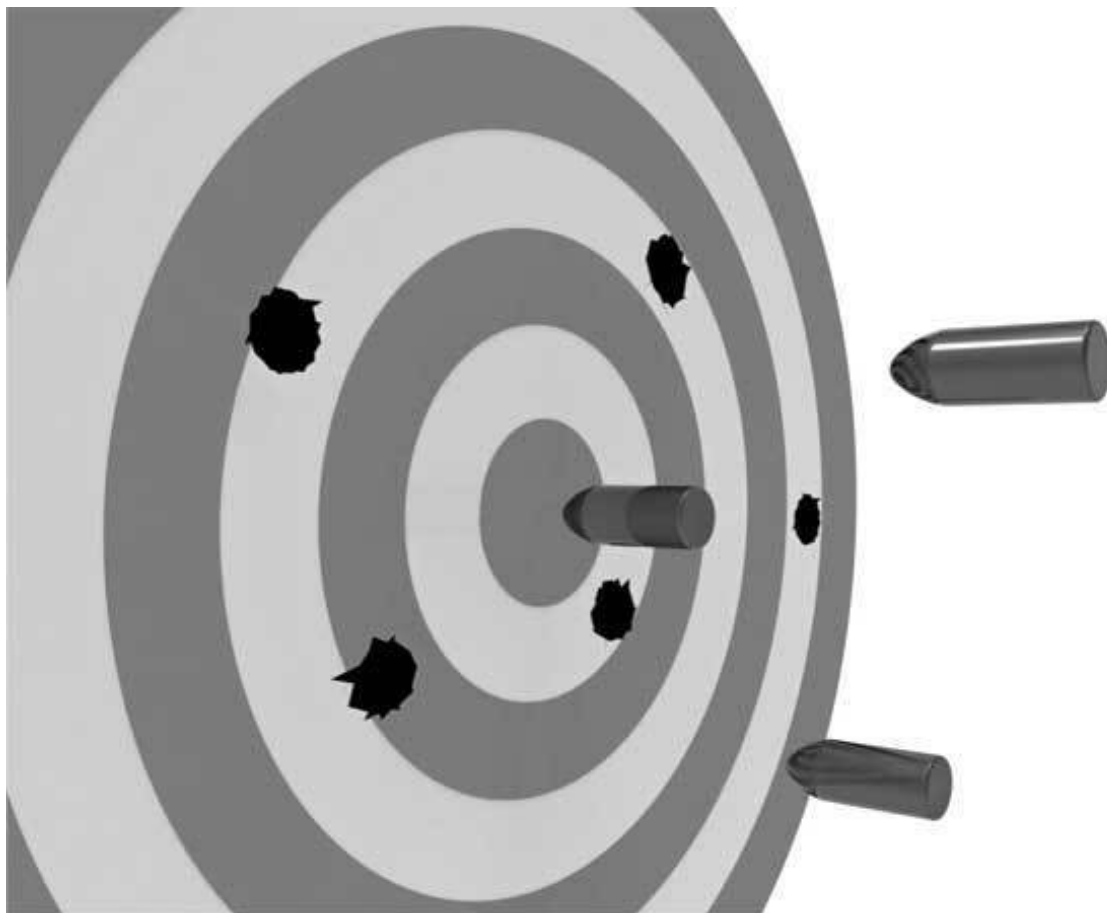
У него есть масса. Электрон имеет массу $9,10938291 \times 10^{-31}$ кг. Электрон в 1820 раз легче протона. Для сравнения: если протон – это танк, то электрон – это одна канистра с топливом. Если протон – человек, то электрон – это авторучка в его кармане. Вот такая разница в массе.

Кстати, а что такое масса? **Масса** – это просто количество вещества. Массу не нужно путать с весом, это совершенно разные вещи. Вес – это сила, с которой Земля притягивает массу. Сила, с которой массивное тело давит на опору, на которой лежит, или растягивает подвес, на котором висит. В космосе, в невесомости никакого веса нет, потому невесомость так и называется. Но все равно даже в невесомости толстый космонавт гораздо массивнее щуплого. И если они оттолкнутся друг от друга, то полетят в разные стороны с разными скоростями – толстый медленно, а щуплый быстро! Потому что количество вещества в их телах разное, в толстом вещества много, а в худом – кот наплакал. Масса измеряется в килограммах, а сила в ньютонах. Массу определяют с помощью весов, а силу с помощью специальных приборов – ньютометров.

Электрон можно представить себе как маленький шарик, который вращается вокруг своей оси. Причем, как вы понимаете, летящий электрончик может вращаться или в одну сторону по отношению к направлению своего полета, или в другую, как это показано на рисунках ниже. И это тоже одно из свойств электрона – левое вращение или правое. По-научному вращение электрона называют спином. **Спин** – это собственное вращение электрона, от английского слова «spin» (вращение).



Вращение летящего в направлении стрелки электрона может быть правым или левым



Если в винтовочном стволе правая нарезка, то вылетевшая из ствола пуля будет иметь вращение вправо. А если левая – влево. Теперь представьте, что мы стреляем в мишень, свободно закрепленную в центре и могущую вращаться. В этом случае пули с правым вращением, вбиваясь в мишень, будут передавать ей свое вращение, постепенно раскручивая в ту же сторону – примерно как отвертка крутит винт. Если мы не знаем, в какую сторону крутятся вылетающие из ствола пули, можно поставить опыт, стреляя по крутящейся мишени. В какую сторону она завертится, в такую и пули крутятся. Это и есть спин

А теперь признаемся честно: приведенные выше картины – чистая условность, с помощью которой физики, школьные учителя и авторы популярных книжек объясняют людям, что такое спин. На самом деле спин совершенно неправильно представлять себе как собственное вращение электрона! Хотя бы потому, что если шарик электрона мы представим вращающимся вокруг своей оси, то его экваториальные области будут двигаться быстрее скорости света, что невозможно. Да и шариком электрон можно назвать лишь очень-очень приблизительно, о чем мы еще поговорим далее. В общем, спин – это малопонятная и непредставимая квантовая характеристика электрона. Которую можно лишь отдаленно уподобить вращению.

Но спин – это сушая ерунда по сравнению с последним и самым загадочным свойством электрона. Свойство это называется зарядом. Но заряд не в том смысле, что электрон чем-то заряжен, как винтовка патроном, потому что патрон из винтовки можно вынуть. А этот загадочный заряд из электрона вынуть нельзя. Он ему присущ, он его часть. Он – главное его свойство. Электрон, собственно говоря, и есть **элементарный заряд**!

Что же такое заряд по сути своей?

Этого никто не знает. Но зато мы знаем, как загадочный заряд проявляет себя.

Давным-давно люди заметили, что если кусочек янтаря натереть шерстяной тканью, он начнет притягивать маленькие кусочки бумажки и легкие предметы. На указанное явление впервые обратили внимание те же древние греки. По-гречески янтарь – «электрон». И вы, наверное, уже догадались, что за притягивание бумажек отвечают электроны, раз эти частички физиками были названы в честь янтаря.

Действительно, в этом простом эксперименте человечество впервые столкнулось с действием электрических сил, которые обусловлены электрическим зарядом.

Теперь-то мы к электричеству привыкли. Теперь мы без него жить не можем. Теперь у нас кругом розетки. Теперь нас просто окружает электричество, без коего и шагу не ступить – все работает на электричестве. А линии электропередачи исправно доставляют потребителям электрический ток, который вырабатывается электростанциями.

А что такое **электрический ток**?

Нет ничего проще! **Поток электронов – вот что такое электроток.** Как река – это течение триллионов и биллионов молекул воды по руслу, так и электрический ток – это течение миллиардов электронов по металлическому проводу. Греки добывали чуть-чуть электричества, натирая шерстью янтарь. У нас же теперь – целые электростанции, которые занимаются производством электроэнергии в промышленных масштабах, и никто там не сидит и шерстью ничего не натирает – турбины работают!

Короче говоря, заряд электрона – это некое свойство, которое проявляет себя тем, что один заряд притягивается к другому заряду. Или отталкивается. Существуют два вида зарядов – положительный и отрицательный. Ничего положительного и отрицательного в бытовом смысле в них нет, они не хорошие и не плохие, просто их так называли когда-то, да и все.

Электрон является носителем отрицательного заряда, а протон – положительного. Разноименные заряды притягиваются друг к другу, одноименные отталкиваются. Это прекрасно видно на рисунке.

Вот так мы и к протону незаметно перешли. Посмотрим-ка на него внимательно.

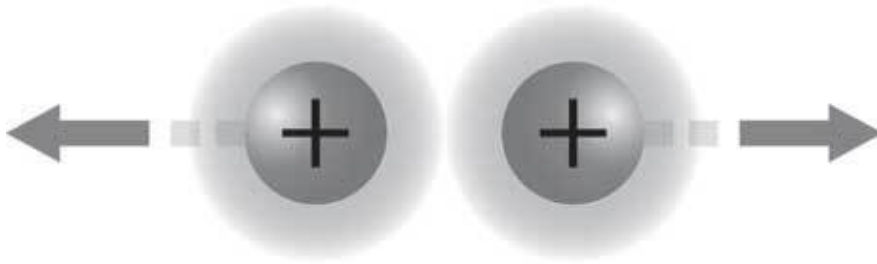
Если электрон маленький, легонький и электроотрицательный (минус), то протон большой, тяжелый и электроположительный (плюс). Полная противоположность! При этом протон и электрон притягиваются друг к другу.

А почему, собственно говоря, разноименные заряды притягиваются? И почему одноименные отталкиваются?

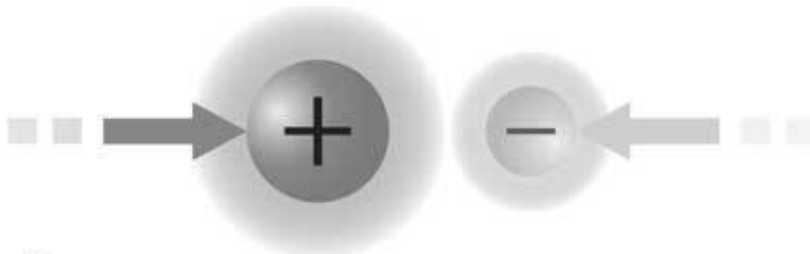
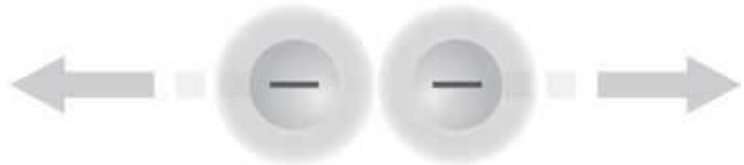
Этого никто не знает, потому что никто не знает, что такое заряд. Понять, почему так происходит, на современном этапе развития науки нельзя, к этому можно только привыкнуть. Привычка вполне заменит понимание. Можно сказать, что привычка и есть понимание.

Электрон и протон – на вид очень разные. И масса, и размер у них разные. А вот заряд одинаковый – заряд протона в точности равен заряду электрона, только знак имеет противоположный. И вообще протон и электрон – это минимальные порции заряда.

Протоны отталкиваются



Электроны отталкиваются

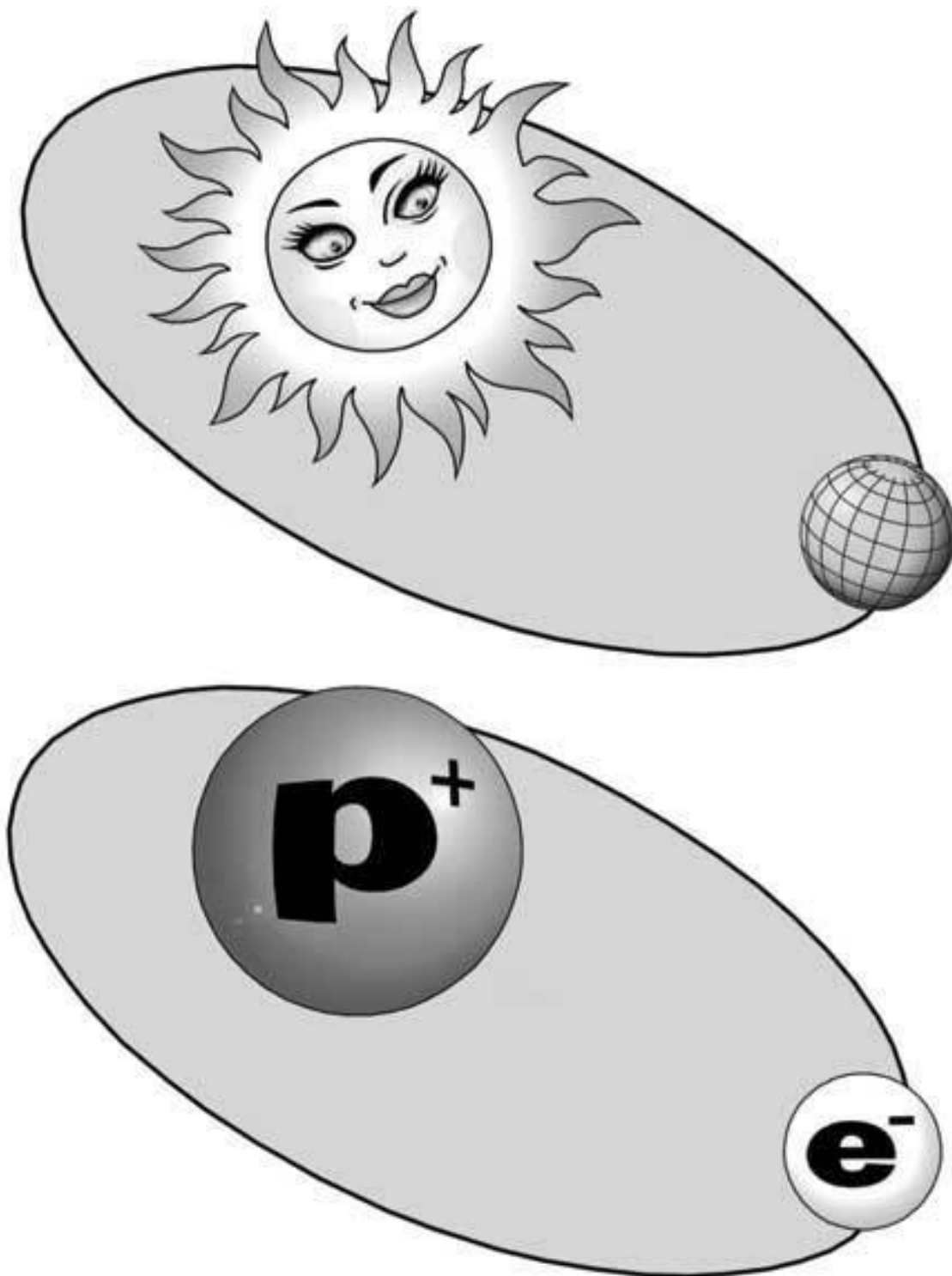


Разноименные заряды притягиваются

Притяжение и отталкивание электрических зарядов

Поскольку плюс и минус притягиваются, протон и электрон притягиваются друг к другу и могут образовать пару, напоминающую звездную систему. Только в звездной системе планета кружится вокруг светила, а тут электрон будет кружиться вокруг протона.

Самая простая подобного рода система состоит из одного протона, вокруг которого крутится один электрон.



Вращение Земли вокруг Солнца – и электрона вокруг протона

Аналогичные, казалось бы, системы. Но разница тем не менее есть. И состоит она главным образом в том, что планета и звезда электронейтральны, то есть не обладают зарядом. А электрон и протон обладают зарядом, то есть их притягивают друг к другу заряды. Планету же к звезде притягивает сила всемирного тяготения, которая действует на все массивные тела. Все тела, имеющие массу, притягиваются друг к другу. И чем больше масса, тем сильнее.

Вообще-то говоря, электрон и протон тоже имеют массу и потому притягиваются друг к другу без всякого заряда. Но их массы такие крошечные, что не смогли бы устроить между ними устойчивую связь без помощи зарядов.

А знаете, девушки, что у нас получилось, когда один электрон мы запустили крутиться вокруг одного протона?

Это **атом водорода**.

Самый легкий химический элемент. Самое простое вещество на свете. Номер первый в таблице Менделеева. Всего-навсего один протон и один электрон – и вот мы уже имеем газ водород. Нам удалось собрать всего из двух элементарных частиц первое химическое вещество! Для этого даже третья элементарная частица не понадобилась – нейтрон.

Нейтрон – парень скромный. Он не обладает таким ярким характером, как протон, хотя они очень похожи. У нейтрона почти такая же масса, как у протона и практически такой же размер. Но заряда у нейтрона нет. Он электронейтральный.

А зачем он тогда нужен?

И вправду, мы вон вполне удачно собрали первое, правда, пока самое простое вещество всего из двух элементарных частичек. Так зачем нужен нейтрон?

Разгадку этой загадки мы откроем чуть позже. А пока скажем обтекаемо: природе нейтрон зачем-то понадобился. И уже в следующем химическом элементе он присутствует.

Давайте попробуем собрать что-нибудь посложнее водорода!

Как? Простая логика подсказывает: если у нас в простейшем веществе две частички, надо добавить еще одну – третью. Вот вокруг нашего Солнца вращается около десятка планет. И поскольку атом напоминает планетную систему, давайте запустим вокруг протона еще несколько электронов.

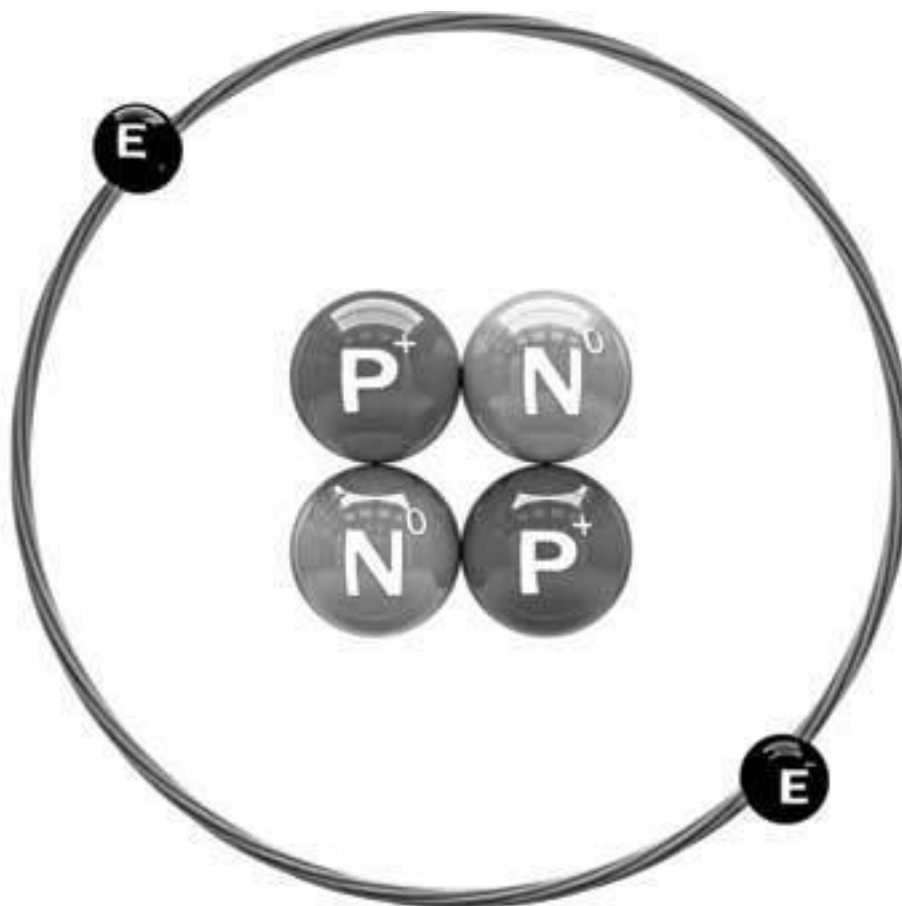
Это будет сложновато! Я ведь не зря выше сказал, что заряды протона и электрона равны. Положительный заряд протона уже скомпенсирован отрицательным зарядом электрона, который кружится вокруг него. Мы уже получили электронейтральный в целом атом водорода. Все вещество, которое нас окружает, электронейтрально. А если случайно на нем накопится заряд, как на синтетической коффе, которую снимают через голову, или на янтаре, когда его шерстью потрешь, то мы это сразу увидим и почувствуем – заряженное вещество начнет притягивать мелкие предметы, потрескивать и искрить. Но это редкость, обычно вещество у нас в руках не искрит, не трещит, никуда ничего не притягивает и вообще ведет себя прилично. Нейтрально.

Поэтому если нам надо создать вещество, поймеем в виду, что оно должно быть электронейтрально, то есть число плюсовых в его атоме должно быть равно числу минусиков.

Значит, чтобы собрать что-то посложнее водорода, нужно запустить на орбиту еще один электрон и в дополнение ко второму электрону на орбите всобачить в центр (в ядро) еще один протон. Тогда два протона запросто удержат два электрона. И все уравновесится – в ядре атома будет два плюсовых заряда от двух протонов, а вокруг будут крутиться два электрона с двумя минусовыми зарядиками. И в целом атом останется электронейтральным.

И таким образом, что у нас получилось?

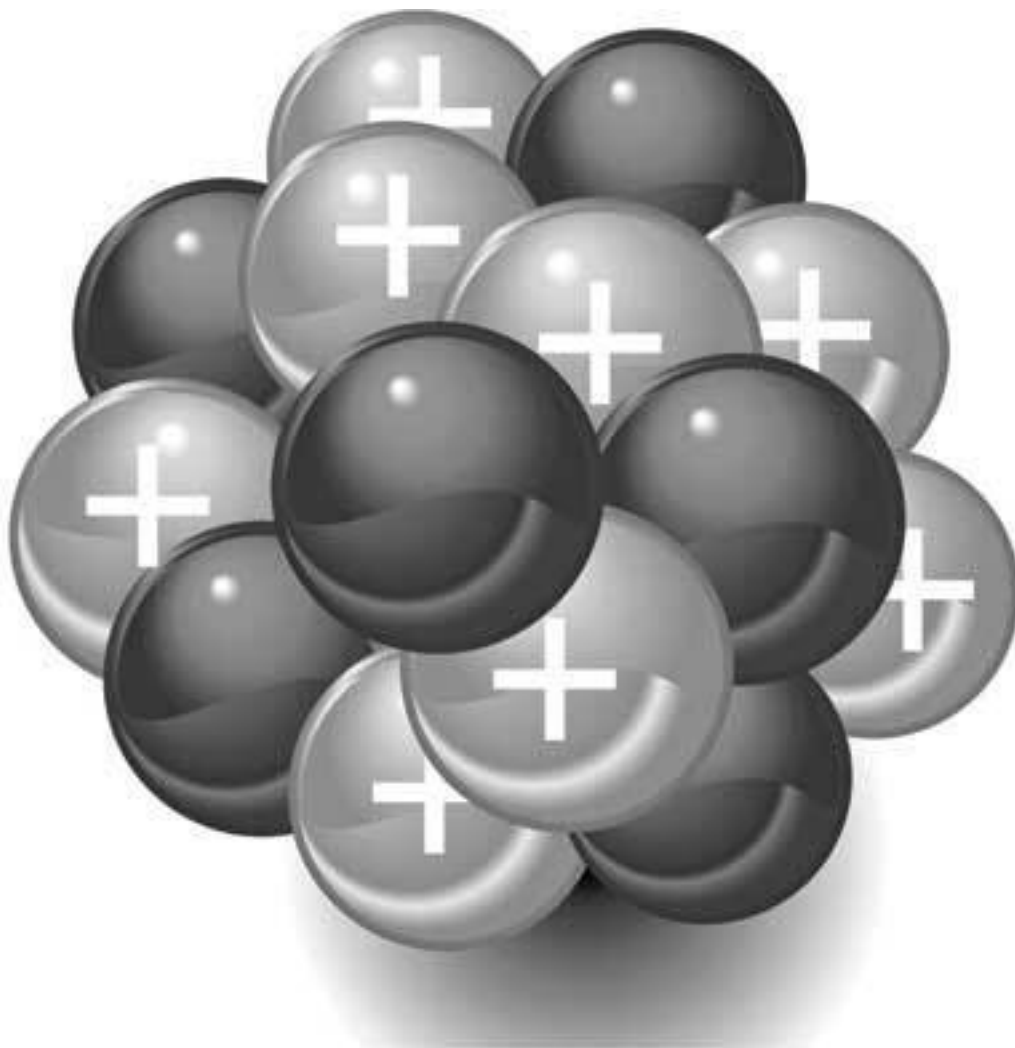
У нас почти получился гелий – вещество номер 2 в таблице Менделеева. До настоящего гелия ему не хватает только двух нейтронов в ядре. Добавим их, и получится гелий.



Атом гелия – два протона, два нейтрона, два электрона. Отлично поработали!

Природа устроила так, что количеству протонов в ядре атома приблизительно соответствует количество нейтронов. То есть если мы будем сооружать атом, например, с 10 протонами в ядре и 10 электронами на орбитах, то нам придется вдуть в ядро еще с десяток нейтронов. Как балласт или клей.

Поскольку протоны и нейтроны очень похожи (за исключением заряда), их часто называют одним словом – **нуклоны**. Таким образом, ядро атома состоит из нуклонов, а вокруг кружатся в бесконечном вальсе электроны. Прелестно!



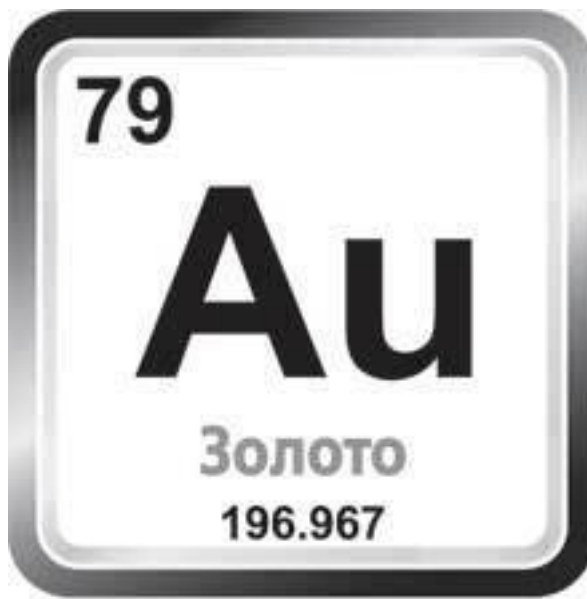
Из этих трех деталюшек складывается весь наш мир

Ну, вот, собственно, и все! Вся природа у нас в кармане! Теперь нами понят ее главный принцип.

Как собрать следующий, третий по счету химический элемент в таблице Менделеева? Очень просто. Берем три протона, три нейтрона и три электрона. Нуклоны скатываем, как снежок, в одно ядро, вокруг запускаем три штучки электрончиков – и получаем литий. Литий – это уже не газ. Это уже легкий металл. Самый легкий металл на свете.

Вы, надеюсь, уже нашли водород, гелий и литий в таблице Менделеева...

А теперь поступим так. Найдите-ка в таблице наше родное и всеми горячо любимое золото. Стойте!.. Чтобы вы не листали книгу туда-сюда, я просто сам перенесу из таблицы Менделеева клеточку с золотом сюда.



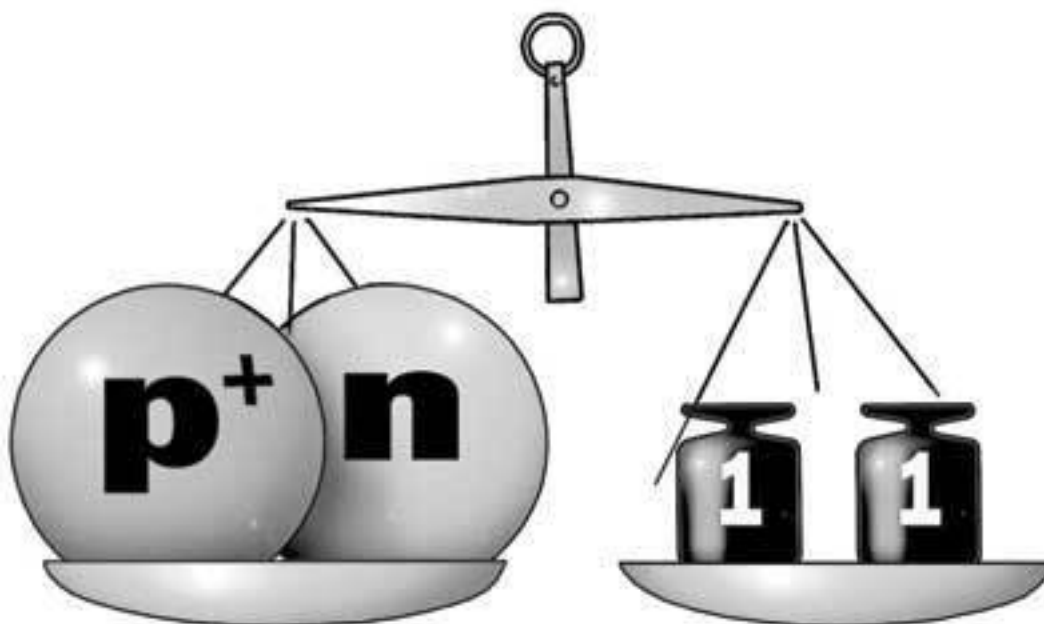
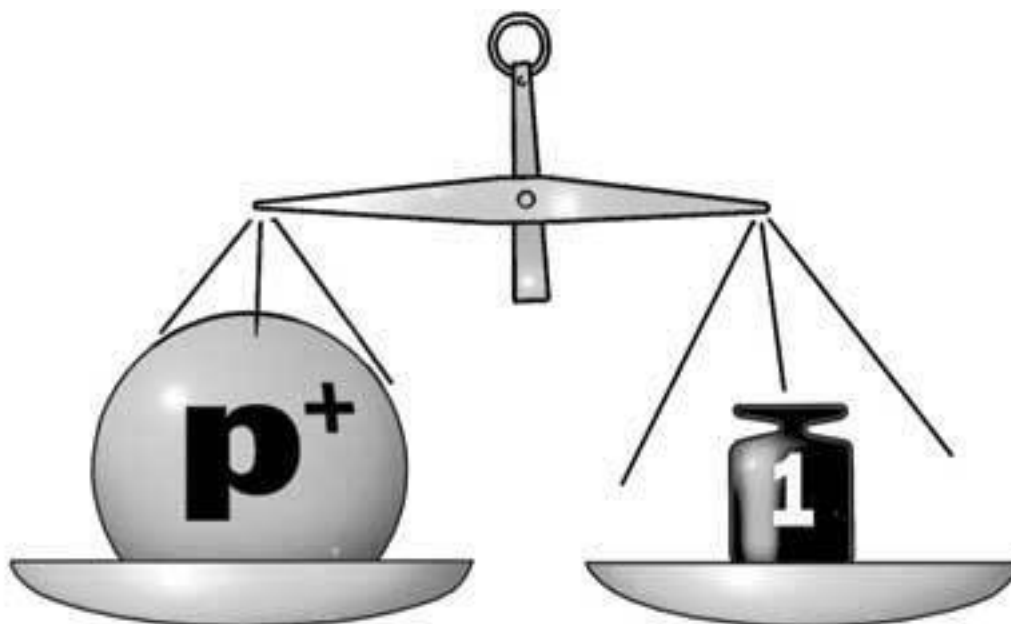
Вот клеточка из таблицы Менделеева, где томится золото

Мы видим тут значок золота – Au (аурум) – и две цифры. Верхняя – это порядковый номер элемента в таблице Менделеева. У золота № 79. Почему такой?

Отчего золото оказалось в периодической таблице элементов под номером 79?

Не знаете? А могли бы и догадаться! Вспомните, как мы строили первые три простейших вещества. У первого, водорода, – один протон и один электрон. У второго, гелия, – по два. У третьего, лития, – по три. Уловили закономерность? Порядковый номер – это количество протонов в ядре атома и электронов на орбите, вот и все! Если элемент стоит в таблице Менделеева пятым, то это только потому, что у него пять протонов в ядре, а вокруг кружатся 5 электронов.

А вторая цифра, которая внизу, что значит? Выглядит она страшно, но пугаться не стоит. Это атомная масса. Только выражена она не в килограммах или граммах, а в атомных единицах, где гирькой служит нуклон. 1 нуклон – это одна единица массы. Два нуклона – две единицы атомной массы. Крайне просто.



В мире атомов вес измеряется в атомных единицах

Иногда еще атомную массу называют атомным весом. Мы знаем, что вес и масса – разные вещи, но так сложилось в науке, что атомный вес является синонимом атомной массы. Примем это как данность. Жалко, что ли? Мы же говорим «чайник закипел», хотя кипит вовсе не чайник, а вода в чайнике.

Так вот, каков атомный вес водорода? Одна атомная единица! Потому что в его ядре один нуклон. А у гелия? Четыре! Потому что в ядре гелия четыре нуклона – две гирьки протонов, а еще и две гирьки нейтронов. (Электроны при определении атомного веса не учитываются из-за чрезвычайной легкости.)

Проще говоря, атомная масса, которая указана возле каждого элемента в таблице Менделеева до запятой, – это общее количество нуклонов (протонов и нейтронов) в его ядре.

Посмотрите, в ядре атома золота 196 частиц. Протонов там, как мы уже выяснили, 79 штук. Все остальное – нейтроны. Их у золота $196 - 79 = 117$ штук.

А что означают цифирки после запятой?..

В обычном нормальном атоме золота, как мы уже выяснили, 117 нейтронов и 79 протонов. Но иногда встречаются атомы-уродцы. У них есть лишние нейтроны. Как иногда у людей бывает по шесть пальцев на руках. Нечастое явление.

Предположим, на тысячу нормальных атомов приходится один дефектный. И если в норме в атоме золота 117 нейтронов, то иногда встречаются «вспухшие» уродливые атомы, в которых 118 нейтронов. Атомы-уродцы называют изотопами. Именно из-за них средний вес всех атомов вещества отличается от целого числа. Что понятно: если у нас из десяти атомов все десять имеют атомный вес в 6 единиц, то и средний атомный вес будет равен ровно шести:

$$(6+6+6+6+6+6+6+6+6+6): 10 = 6$$

А вот если один из десяти атомов имеет вес в 7 единиц, средний вес изменится:

$$(6+6+6+6+6+7+6+6+6+6): 10 = 6,1$$

Видите, после запятой появилась цифирка, которая говорит о том, что не «все шестерки одинаковы».

Если вы внимательно посмотрите на атомные веса элементов в таблице Менделеева, то увидите, что все они не являются целыми числами. Значит, каждое элементарное вещество имеет уродливые атомы. Даже водород. Хотя, казалось бы, проще водорода ничего быть не может – один протон, вокруг которого крутится один электрон, вот и весь атом. Это не какой-нибудь свинец, у которого в ядре больше двух сотен нуклонов, а вокруг этого огромного ядра кружится более 80 электронов!.. Однако все же бывают атомы водорода, в ядре которых, кроме протона, есть еще и нейтрон. Один. А порой и два! Такой водород называют тяжелым. Потому что его атом тяжелее обычного.

На рисунке ниже нарисованы атомы нормального водорода и редкие уродики, а также написано, как эти уродики называются.



Обычный водород. Дейтерий. Тритий

Но так как атомы-уродцы встречаются редко, говорить мы о них пока прекращаем. А возьмем сейчас тот же хлор и натрий, из которого ранее соль поваренную делали, и посмотрим, что тут к чему.

Натрий. Легкий металл. Как он сделан? Его номер 11-й. Значит, 11 протонов и 11 электронов. Атомный вес натрия – 22. То есть в ядре 22 нуклона.

22 нуклона минус 11 протонов = 11 нейтронов.

Все. Атом натрия готов.

Теперь хлор надо собрать по инструкции дяденьки Менделеева.

У хлора номер 17. То есть 17 протонов и 17 электронов. Атомный вес (число нуклонов в ядре) – 35.

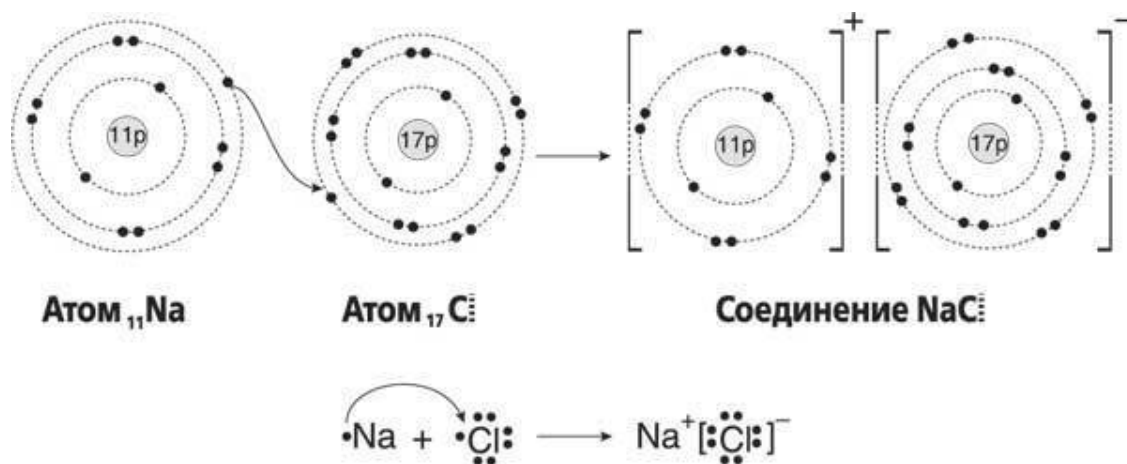
$35 - 17 = 18$ нейтронов.

Все, собрали хлор.

Теперь соединяем два этих атома – хлора и натрия, – зацепив один за другой колечками самых дальних электронных орбит, и получаем сложное вещество – молекулу поваренной соли.

Так строятся все вещества – сцепляясь дальними орбитами электронов. При этом дальние электрончики, которые крутились на этих орбитах, становятся как бы общими для обоих ядер.

Все, можно стереть пот со лба. Мы освоили химию и физику элементарных частиц. Слава Менделееву! Науке слава!



Молекула поваренной соли – хлорид натрия. Кушать подано!

Теперь осталась одна маленькая деталь, которую нужно знать каждому приличному гражданину. Один маленький штрих, который завершит картину мироздания, сделав ее в ваших блестящих глазах более полной и блестящей.

Итак, мы знаем, что практически все окружающее нас вещество электронейтрально. Если вы дотрагиваетесь до шкафа, он не бьет вас током. Потому что в веществе шкафа количество положительных зарядов равно количеству отрицательных. Его атомы электронейтральны.

Но что будет, если атом потеряет один или два электрона? Вот такой рассеянный атом. Может такое быть? Может! Какое-нибудь сильное воздействие может парочку электрончиков у атома оторвать.

Вы скажете (подсмотрев в таблицу Менделеева):

– Ха! Даже если такое случится, невелика потеря! Вокруг ядра атома могут крутиться под сотню электронов! Например, у радия их 88. Некисло так! Подумаешь, пару потеряет...

Однако потеря даже одного отрицательного заряда означает избыток заряда положительного. Если атом теряет электрон, значит, у него остается один «лишний», нескомпенсированный протон. И атом в целом, таким образом, приобретает положительный заряд **+1**.

А если атом теряет два электрона, то он приобретает заряд **+2**.

Бывает и наоборот – когда к атому присоединится какой-нибудь приبلудный лишний электрон. В этом случае атом получает один отрицательный заряд **–1**.

Такие заряженные атомы называются **ионами**.

Когда происходит подобное? Из-за чего атомы могут, например, терять электроны?

Это бывает при высоких температурах, то есть тогда, когда атомы газа имеют большую энергию и скорости, носятся как сумасшедшие, сталкиваются друг с другом. Частота и скорость соударений и есть температура. В обычном воздухе скорость соударений молекул невелика. А

вот на Солнце раскаленный газ имеет температуру в тысячи (на поверхности Солнца) и даже десятки миллионов градусов (внутри нашего светила). Я сказал «на Солнце»? Это немного неточно. Скорее, «в Солнце». Потому что Солнце представляет собой раскаленный газовый шар. В основном оно состоит из водорода с небольшой примесью гелия.

Так вот в этих условиях скорость соударения атомов водорода такова, что «крышу срывает» у атомов на всю катушку. Атомы разрушаются, электроны слетают со своих орбит и начинают метаться одни, так же как и ядра, то есть протоны. Получается хаотическая электронно-протонная смесь или, иначе говоря, ионизированная плазма.

Плазма – горячая смесь ионов. Огонь – это тоже плазма. Только в обычном пламени костра или свечи содержание ионов не такое большое, как на Солнце, потому что температура ниже.

Со школьной скамьи вы помните три основных состояния вещества – твердое, жидкое и газообразное. Теперь знаете и четвертое – плазменное.

В твердом теле атомы и молекулы крепко держатся друг за друга, никуда не бегают, а только чуть-чуть дрожат и топчутся на одном месте, образуя кристаллическую решетку.

В жидкости энергетика частичек вещества такова, что они ломают кристаллическую структуру, рушат тесные ряды и начинают хаотически бродить, будучи не в силах удержаться в твердой структуре. Растекаются. Но еще не разлетаются друг от друга.

Разлетаться они начнут в третьем состоянии вещества – газообразном, которое наступит при дальнейшем нагреве, то есть дальнейшей накачке вещества энергией. Тогда скорость атомов станет уже такой, что силы их притяжения не смогут сдерживать энергичность расшалившихся атомов. Они просто разлетятся друг от друга и рассеются в пространстве.

Если же газ собрать в каком-то закрытом объеме или просто удерживать мощной силой гравитации (как на Солнце) и нагреть, то энергетика атомов станет такой огромной, что при столкновении друг с другом будут разрушаться уже сами атомы – с них начнет срываться электронные оболочки. И останется только ионизированный газ – плазма. При этом газ начнет светиться, что говорит о его высокой температуре.

Плазма – это прекрасно. Мы любим смотреть на плазму и подкидывать в нее дровишек...

Четыре силы природы

Все вроде у нас хорошо продвигается, не правда ли? Мы познали основу основ – как устроено вещество. Однако остались еще некоторые тонкости, которые наверняка ускользнули от вашего внимания. И самая главная непонятка здесь вот какая...

Мы теперь знаем, что плюсовой заряд и минусовой притягиваются, поэтому электрончик охотно тянется к протону, начинает самозабвенно кружиться вокруг него, образуя атом. А вот одноименные заряды отталкиваются. Почему же тогда плюсовые протоны группируются вместе кучкой в центре атомного ядра?

Хороший вопрос. Умеете вы задавать трудные вопросы!

Действительно, если подумать, то ведь протоны должны разлететься друг от друга со страшной силой!

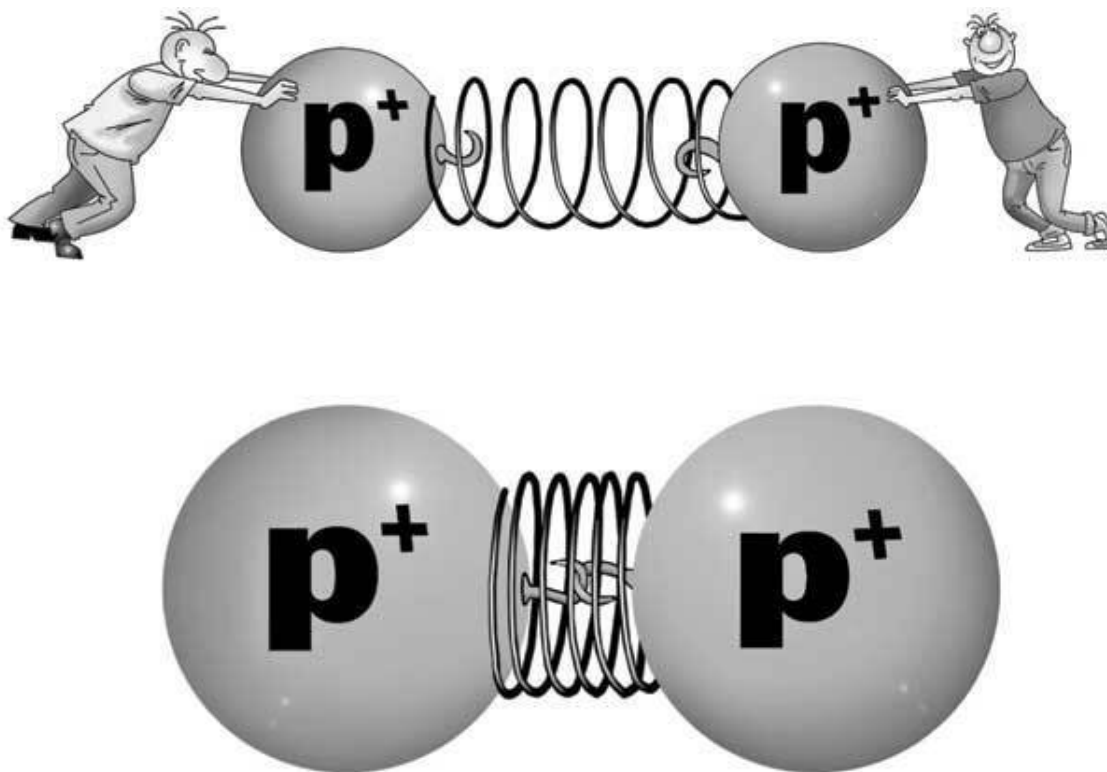
Вообще говоря, именно так и происходит. Если мы возьмем два свободных протона и начнем осторожно подкатывать один к другому мизинцем, то нам это сделать не удастся – они не захотят приближаться друг к другу и будут отлетать друг от друга с ужасающей скоростью. И только придав им еще большую встречную скорость и добавив немного нейтронов, мы вдруг увидим чудо – склеились!

Как же так? Почему? Что их удерживает, если силы электростатического отталкивания стремятся раскидать протоны? Что пересиливает?

Ядерные силы.

Ядерные силы – это очень мощные силы, которые намертво скрепляют нуклоны в ядре. Но силы эти короткодействующие. Если силы электромагнитные действуют на дальних дистанциях, то ядерные – лишь в пределах размеров атомного ядра.

То есть, прикладывая громадные усилия по противодействию электростатическому отталкиванию, нам надо сблизить нуклоны настолько, чтобы короткие, но очень мощные ручки ядерных сил схватили их и начали противостоять длинным, но тонким и относительно слабым ручкам электростатики.



Отталкивающая пружина – электрические силы. Крючки – ядерные силы

Ядерные силы – самые мощные силы в природе. Их по-другому даже так и называют – сильное взаимодействие.

Но даже этих мощных сил не хватило бы, чтобы удержать в ядре одни только протоны, без нейтронов. Вот вам и ответ, зачем природе понадобились нейтроны. Для склейки ядер! Поскольку у нейтронов заряда нет, а ядерные силы есть, нейтроны, таким образом, «разбавляют» общий положительный заряд ядра, уменьшая электростатическое отталкивание. И только потому большие ядра могут стабильно существовать.

Причем чем больше номер химического элемента, то есть чем больше в нем протонов и, стало быть, электростатического отталкивания, тем больше требуется нейтронов для разбавления. И потому чем ниже и правее расположен элемент в таблице Менделеева, чем он тяжелее, тем больше в нем нейтронов по сравнению с протонами. Если у углерода на 6 протонов приходится 6 нейтронов, то у ртути, например, на 80 протонов идет не 80, а целых 120 нейтронов.

И еще момент. Вы, разглядывая таблицу Менделеева, не задавались вопросом: а отчего в этом наборе элементарных веществ (химических элементов) всего порядка сотни наименований? Отчего не больше?

В таблице Менделеева на сегодня свыше ста элементов, но самые тяжелые из них, с номером более 92, в природе не встречаются и были получены искусственно учеными в ядерных реакторах. Почему же сверхтяжелые элементы (так называют элементы тяжелее урана) не встречаются в природе?

Распадаются! Потому что их ядра неустойчивы. Они такие большущие, что их размеры превышают радиус действия короткодействующих ядерных сил, которые уже не могут дотянуться с одного края атомного ядра до другого. И ядро разваливается, как разделяется слишком большая капля под собственным весом.

Именно поэтому в нашем мире меньше сотни элементов. Ничего, хватает, чтобы построить целый мир и любоваться, разглядывая его...

Ну и раз уж мы заговорили о стабильности, надо упомянуть один постыдный факт из жизни нейтронов. Он заключается в следующем – в отличие от протонов и электронов свободные нейтроны нестабильны.

В ядрах атомов нейтроны прекрасно существуют. А вот оставшись в одиночестве, быстро «умирают». Время жизни свободного нейтрона всего 15 минут.

Что же с ними случается? Свободный, одинокий нейтрон распадается на протон и электрон. Нейтрон как бы выстреливает электроном, который уносится в пространство. И на месте бывшего нейтрона остается одинокий протон.

Помните, мы говорили, что нейтрон и протон имеют практически одинаковую массу? Их масса различается практически на один электрон. Иными словами, нейтрон тяжелее протона всего лишь на массу одного электрона. Нейтрон как бы состоит из протона и электрона в одном флаконе. Но именно «как бы», поскольку он является самостоятельной солидной частицей со своими свойствами, и никакого электрона «внутри» нейтрона не содержится, электрон образуется в момент распада, в результате распадной реакции.

И я вам больше скажу: в атомном ядре нейтроны и протоны постоянно превращаются друг в друга, словно перебрасываясь плюсовым зарядом. Эта перепасовка выглядит так – бросил протон нейтрону подачу и превратился в нейтрон. А нейтрон, принявший пас, стал протоном. Вот так они и живут там, внутри ядра – в постоянной паутине зарядовых перепасовок. Поэтому физики иногда говорят, что протон и нейтрон – это одна и та же частица, только в разном зарядовом состоянии. Поэтому их и объединили под общим названием – нуклон. Нормально?

Теперь сообщу вам еще одну тонкость, без которой наше погружение в микромир будет неполным. Эта тонкость столь тонка, что доставила в свое время ученым немало головной боли. Они давно обнаружили, что при распаде нейтрона образуются протон и электрон, но у них не сходился энергетический баланс. Ну, то есть до реакции распада в системе (у нейтрона) была одна энергия, а после распада – чуть меньшая: в сумме протон и электрон не давали той энергии, которую имел нейтрон. Куда-то исчезал кусочек. Таких вещей физики не любят!

У физиков самые суровые законы – это законы сохранения массы, энергии, заряда... Сколько было чего-то до эксперимента, столько и должно остаться после опыта. Это понятно: если вы взяли вазу и ударили ее молотком, разбив на куски, то все осколки вместе будут весить столько же, сколько целая ваза. Потому что масса не может исчезнуть или взяться из ниоткуда!

То же самое с энергией – если до реакции было столько-то энергии, значит, после реакции ее должно столько же и остаться. Она ведь никуда не исчезает и не берется из ниоткуда, она просто переходит в другие формы.

То же самое с зарядом. Общий заряд до эксперимента должен быть равен общему заряду после эксперимента.

С зарядом все обстояло прекрасно. Нейтрон заряда не имеет, то есть заряд у него нулевой. А после распада нейтрона получается протон с зарядом $+1$ и электрон с зарядом -1 . Плюс один и минус один дают в сумме ноль. То есть и после реакции распада общий заряд системы остался нулевым. А вот небольшая доля энергии куда-то постоянно исчезала.

– Может быть, при этой реакции образуется еще одна какая-то частичка – без заряда и крайне маленькая, которую мы не умеем пока задержать? Она-то и уносит недостающую энергию, – задались вопросом ученые люди, наморщив лбы.

Так оно и оказалось. Частичку эту назвали **нейтрино**. У нее нулевой электрической заряд (как у нейтрона), огромная скорость и еще одно свойство, из-за которого ее так долго не могли поймать, – она почти не реагирует с веществом. Нейтрино может пройти свинцовую плиту толщиной от Земли до Солнца. Солнце излучает триллионы триллионов этих нейтрино, и каждую секунду они прошивают нас и всю Землю насквозь, а нам наплевать. Нет взаимодействия!

Зачем я вам рассказал про нейтрино? Зачем вам обращать свое драгоценное внимание на эту ничтожную частичку, если она нас совершенно не замечает, прошивая насквозь, никак не реагируя?

Я преследовал две причины. Во-первых, чтобы вы понимали – хотя учеными открыто уже довольно много всякой ерунды в микромире, типа нейтрино, но главными для нас все равно являются вот эти три частицы – электрон, протон, нейтрон. Из них сделано все вокруг нас.

А во-вторых, мы с вами уже имеем представление о двух главных силах в природе или, иначе говоря, двух основных взаимодействиях, а сейчас узнаем третье – вот как раз с помощью нейтрино.

Напомню, потому что повторенье – мать ученья, а мать надо любить и уважать:

1) есть **ядерные силы**, которые сцепляют протоны и нейтроны внутри ядра, сопротивляясь силам электрического отталкивания положительно заряженных протонов;

2) и есть эти самые силы **электрического отталкивания и притяжения** между частицами.

Вот две силы природы, которые мы уже знаем... Только я хочу вас попросить об одном одолжении. Давайте вместо «сила» будем говорить «взаимодействие». Я понимаю, что слово «сила» вам нравится больше, потому что оно привычнее. Но вы теперь человек ученый, ядерную физику вон осваиваете, и потому вам пристали более точные слова и выражения. «Силы» – это в механике. А тут – «взаимодействия». Так что вместо «ядерные силы» и «электромагнитные силы» скажем «сильное взаимодействие» и «электромагнитное взаимодействие».

Вообще все, что происходит в этом мире, все-все-все движения и явления... ну вот буквально все без исключения объясняется всего четырьмя природными взаимодействиями. Половину мы уже знаем.

Сильное взаимодействие сцепляет нуклоны в ядре, позволяя ядрам существовать. Без него ядер атомов просто не могло бы быть.

Второе взаимодействие – **электромагнитное**

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.