

**На атомы Вселенная крошится.
Все связи рвутся, все в куски дробится.**

Джон Донн

**Почему снаряд...удаляющийся навеки от Солнечной системы
в бездны вселенной, одолевающий силу тяготения Земли, Солнца
и всей его системы, должен повергать нас в ужас?!**

Константин Циолковский

**...когда электрон находится в атоме, у него энергия меньше,
чем когда он свободен. Иначе говоря, в атоме он связан. И
нужна энергия, чтобы вырвать его из атома...**

Ричард Фейнман

**В молекуле валентные электроны сплошным облаком охватывают
и связывают отдельные атомы.**

Абрам Иоффе

**...несколько сотен различного рода атомов, составляющих
нашу планету, ...существуют не вечно... Некоторые существуют
еще и сейчас. Другие же, менее устойчивые, атомы уже
исчезли.**

Фредерик Жолио-Кюри

**Но в чистом виде кварки не рождались. Наблюдались только
их связанные состояния.**

Яков Зельдович

А так ли хорошо знакома вам ЭНЕРГИЯ СВЯЗИ?

Если между физическими понятиями устроить соревнование за право именоваться самым важным, то одним из активных претендентов на это звание, несомненно, будет энергия связи.

В явном виде она появляется в самом конце школьного курса физики – когда разговор заходит о силах, связывающих ядерные частицы. Однако попробуем взглянуть на дело шире и будем понимать энергию связи как работу, необходимую для «растаскивания» притягивающих друг друга тел на расстояние, где они перестают взаимодействовать. Вот тогда выяснится, что в огромном числе случаев нам просто без нее не обойтись.

И впрямь, разве не энергия связи «отвечает» за устойчивость планетных систем, молекул, атомов и их ядер? Внимательно присмотревшись к таким, казалось бы, несхожим явлениям и процессам, как плавление и испарение, ионизация и фотоэффект, полет космического корабля и радиоактивный распад, мы заметим, что это понятие позволяет в разнородном обнаружить много общего. Иначе говоря, энергия связи – одно из удивительно универсальных понятий, связывающих воедино физические взаимодействия.

Надеемся, что, прочитав этот «Калейдоскоп», вы сможете увидеть физический мир не в столь пессимистическом свете, как английский поэт начала XVII века Дж. Донн. Ведь он еще не был знаком с энергией связи, не так ли?

Вопросы и задачи

1. Космонавт находится в корабле, движущемся вокруг Земли. Свидетельствует ли испытываемое им состояние невесомости о потере связи с Землей?

2. Кинетическая энергия спутника на круговой орбите положительна. А какова по знаку его полная механическая энергия?

3. В каком случае требуется больше затрат энергии для вывода ракеты за пределы тяготения планеты – при запуске ракеты с поверхности планеты или с круговой орбиты?

4. Почему испарение жидкости в сосуде приводит к ее охлаждению в отсутствие притока тепла?

5. Отчего из сухого песка нельзя слепить фигурку, а из мокрого – можно?

6. Диссоциация молекул при растворении в воде кристаллов поваренной соли ведет к росту потенциальной энергии взаимодействия ионов. За счет чего это происходит?

7. Каковы причины резкого увеличения числа пар «электрон – дырка» в полупроводниках?

8. Пусть у двух незаряженных пластин из разнородных металлов концентрации свободных электронов одинаковы. Какая пластина наэлектризуется отрицательно, если их привести в соприкосновение?

9. В чем сходство процессов термоэлектронной эмиссии и испарения жидкости?

10. Как можно изменить ток насыщения в вакуумном диоде?

11. Почему для поддержания элект-

рического тока в горящей дуге достаточно сравнительно невысокого напряжения?

12. При возникновении самостоятельного газового разряда определяющую роль в ионизации столкновениями играют электроны, а не тяжелые ионы, хотя те тоже ускоряются электрическим полем. Почему?

13. Может ли атом водорода поглотить фотон, энергия которого превосходит энергию связи атома?

14. Когда нужно затратить большую энергию – при удалении за пределы атома гелия первого электрона или второго?

15. Возможен ли захват свободным протоном электрона (образование атома водорода) без излучения?

16. В какой части атома – ядре или электронной оболочке – происходят процессы, приводящие к испусканию β -лучей?

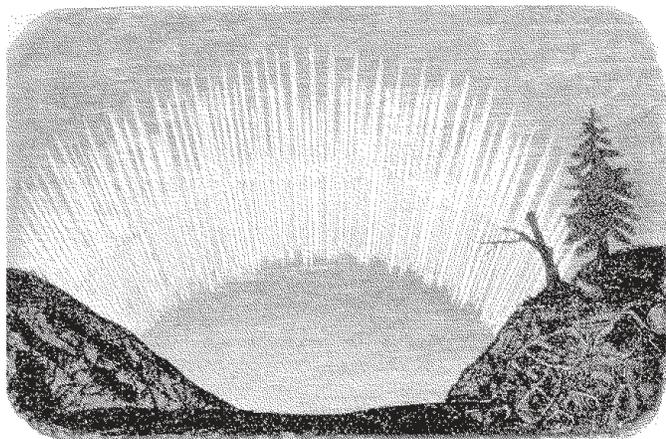
17. Свет, испускаемый с поверхности звезды, приходит к наблюдателю с меньшей, чем при излучении, частотой. Чем объясняется этот эффект?

Микроопыт

Капните немного растительного масла в воду, налитую в широкую кастрюлю. Какую форму примут капельки жира? Что связывает их частицы и не позволяет равномерно разбегаться по поверхности воды?

Любопытно, что...

...противники теории Коперника полагали, что Земля слишком тяжела, инертна и неповоротлива, что-



Северное сияние

бы вращаться вокруг своей оси, иначе она, по их разумению, должна была бы разлететься на куски, подобно сильно раскрученному маховику. Позже Кеплеру пришлось даже придумывать невидимые спицы, которые связывали планеты с Солнцем и заставляли их двигаться по орбитам.

...для удаления тела массой один килограмм за пределы действия земного тяготения требуется энергия, выделяющаяся при сгорании примерно полтора литров бензина, — конечно, без учета потерь.

...стабильность большинства окружающих нас тел определяется тем, что энергии теплового движения молекул недостаточно для разрушения химических связей, удерживающих молекулы друг около друга.

...в двадцатые годы нашего столетия для объяснения природы химической связи была применена квантовая механика. Многолетние трудоемкие вычисления в конце концов привели с ее помощью к полному согласию с опытными данными. Так родилась квантовая химия, использующая сегодня для расчетов мощные компьютеры.

...анализ состава света полярных сияний заставил сделать вывод, что в высоких слоях атмосферы под действием ультрафиолетового излучения Солнца молекулы кислорода расщепляются на атомы, высвечивающие затем поодиночке.

...при температурах, превышающих пять-шесть тысяч градусов, происходит термическая ионизация газов — отрыв электронов от атомов, и вещество переходит в плазменное

состояние. Его изучение позволяет не только лучше узнать устройство звезд, ионосферы, газового разряда, но, возможно, даст ключ к решению загадки шаровой молнии.

...Нильс Бор, автор знаменитой модели строения атома, вошедшей в историю под его

именем, одну из своих статей об этой модели назвал «Связывание электрона положительным ионом».

...крайняя химическая инертность благородных газов нашла свое объяснение при исследовании внешних электронных оболочек их атомов. Когда эти оболочки заполнены целиком, связь электронов с ядром атома наиболее прочна. При этом у гелия энергия такой связи наивысшая по сравнению со всеми остальными химическими элементами.

...ровно сто лет назад молодому физики Эрнесту Резерфорду удалось разобраться в явлении ионизации газов только что открытыми радиоактивными веществами. В его опытах в качестве электроскопа, моментально разряжавшегося при ионизации воздуха, служила шелковая кисточка. А в рабочее состояние она приводилась путем поглаживания ее основания «теплым сухим кисетом» для табака. Оцените уровень экспериментальной техники всего лишь вековой давности!

...причины неудач алхимиков в попытках превратить один химический элемент в другой, т.е. преобразовать ядра атомов, кроются в том, что энергия связи в ядрах (в расчете на одну частицу) примерно в миллион раз (!) превышает химическую энергию связи атомов между собой.

...первым, кто предположил, за счет какой энергии обеспечивается устойчивость атомных ядер, был в 1915 году американский физик Уильям Харкинс, введший понятие «дефект масс», которому и соответствует энергия связи ядра. Английский

же ученый Фрэнсис Астон, проведя ряд точнейших измерений на сконструированном им масс-спектрографе, в 1927 году впервые построил кривую, описывающую энергию связи атомных ядер и вошедшую затем в школьные учебники.

...ядра атомов, содержащие определенные, так называемые магические, числа протонов и нейтронов, обладают повышенными значениями энергии связи и большей устойчивостью к распаду. Поиски подобных ядер, образующих как бы «острова» стабильности за пределами таблицы Менделеева, недавно привели к успеху — в подмосковной Дубне был синтезирован 114-й химический элемент.

...кварки — мельчайшие образования, входящие в состав внутриядерных частиц, — в свободном состоянии не существуют, хотя эксперименты твердо убедили ученых в их реальности. Силы, «склеивающие» их, носят настолько необычный характер, что проблема невылетания кварков даже получила специальное название — «конфайнмент» (тюремное заключение).

Что читать в «Кванте» об энергии связи

(публикации последних лет)

1. «Ядерная физика в задачах» — 1995, №5, с.43;
2. «Вторая космическая скорость» — 1995, Приложение №5, с.28;
3. «Сколько состояний бывает у вещества?» — 1995, Приложение №5, с.42;
4. «Ядерные спектры» — 1995, Приложение №5, с.119;
5. «А атомные ядра тоже колеблются!» — 1996, №4, с.2;
6. «Капельная модель ядра» — 1996, Приложение №4, с.123;
7. «Движение тел в гравитационных полях» — 1997, №1, с.45;
8. «Как устроены металлы?» — 1997, №2, с.2;
9. «Планетарная модель атома и теория Бора» — 1997, №2, с.18;
10. «Из истории науки» — 1998, №3, с.16; №4, с.23; №5, с.16; №6, с.17;
11. «Хаос молекул и звезд» — 1998, №5, с.36;
12. «Как зависит U от p ?» — 1998, №5, с.39;
13. «Поляризованный диэлектрик и его энергия» — 1999, №1, с.37.