1.18. Эпоха Просвещения

История науки усеяна обломками отвергнутых теорий.

М. Клайн

Наука есть невежества обмен
На новый вид невежества другого.

Дж. Г. Байрон

В древности те, кто следовал Дао, не просвещали народ, а делали его невежественным. Трудно управлять народом, у которого много знаний. Управление страной при помощи знаний приносит стране несчастье, а без их помощи приводит страну к счастью (Дао де цзин, .65).

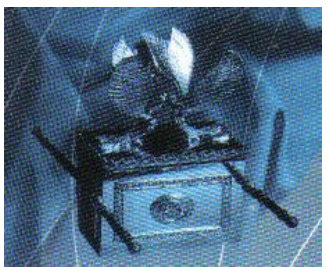
По иронии истории кровавые времена воинствующего атеизма и омертвляющего материализма (XVIII – XX вв. по Р.Х.) в Европе называют эпохой «Просвещения». Возможно, более правильно называть это время эпохой Научного познания материальности, ибо материализм имеет и положительные стороны, обусловленные тем, что он не беспокоит Небеса опасными мыслями и не обременяет ВСЕВЫШНЕГО понятием Б-Г.

Эпоха просвещения в Европе была подготовлена трудами Николая Коперника (1473 – 1543), Иоганна Кеплера (1571 – 1630), Рене Декарта (1596 – 1650), Галилео Галилея (1564 – 1642), Джордано Бруно (1548 – 1600) и другими учеными.

В XVI веке более точные наблюдения за небесными светилами выявили противоречия в геоцентризме Птолемея. Эти противоречия привели Коперника к обоснованию гелиоцентрической системы мира. Мир, по Копернику, перестал вращаться вокруг Земли. Это был вызов всей системе религиозно-философских воззрений Европы того времени, основанных на учениях Аристотеля и Фомы Аквинского.

Фома Аквинский развивал философию, согласно которой в центре мироздания находится Человек – венец ТВОРЕНИЯ, и весь мир вращается вокруг него. Философия Фомы Аквинского была принята официальной точкой зрения католической церкви.

В ортодоксальных иудейских кругах из учений, основанных на ТОРЕ, выводилось, что центром мира является то место на Храмовой горе, где находилось Святое Святых Иерусалимского Храма. В частности, Рамбан учил, что мир начал развиваться из камня, на котором покоился Арон Акойдеш (Ковчег Завета) в Койдеш Койдешим. Святое Святых 1-го Иерусалимского Храма, построенного Соломоном, на самом деле было насыщено чудесами. Например, Давир (Святое Святых), в который был помещен Ковчег Завета, был шириной 20 локтей, длиной 20 локтей и высотой 20 локтей (3-я Царств, 6:20). Сам Ковчег имеет размеры: длина – 2,5 локтя, ширина – 1,5 локтя, высота его – 1,5 локтя (Исход, 37:1). Однако расстояние от правой стены Давира до правой стенки Ковчега было 10 локтей, и расстояние от левой стороны Давира до левой стенки Ковчега также 10 локтей. Таким образом, места для Ковчега шириной 1,5 локтя как бы и не было, что и символизирует принцип «Отсутствия». Двор Иерусалимского Храма чудесным образом вмещал всех приходящих на праздники израильтян.



Арон Акойдеш
(Ковчег Завета)

Свой основной труд «О вращении небесных сфер» Коперник завершил в 1530 – 1532 гг., но опубликовал его по настоянию друзей гораздо позже из-за боязни непонимания его работы современниками. И в самом деле эта книга была внесена в список запрещенных книг.

К тому времени, когда Коперник взялся за проблему движения планет, арабские астрономы, стремясь повысить точность теории Птолемея, добавили к ней еще несколько эпициклов. В таком усовершенствованном варианте теории для описания движения Солнца, Луны и пяти известных тогда планет требовалось 77 кругов. Многие астрономы, в том числе и Коперник, считали теорию Птолемея чрезмерно сложной. Поэтому Коперник после долгих размышлений остановился на схеме, в которой Земля вращалась вокруг Солнца, как и другие планеты. При этом понятия эпициклов остались, но число окружностей сократилось с 77 до 34, что значительно упростило расчеты. Коперник упоминал, что идея о вращении Земли вокруг Солнца и вокруг своей оси пришла ему при чтении Цицерона, у которого сказано, что некто-то Гицетий из Сиракуз говорил о суточном движении Земли [118].

С математической точки зрения астрономия Коперника представляла собой чисто геометрическое описание,

суть которого заключалась в сведении сложной геометрической конструкции к более простой. Однако переход от геоцентрической теории Птолемея к гелиоцентрической теории Коперника затрагивал основы религиозного мировосприятия, что встретило суровое осуждение многих его современников.

Положив, что Земля является центром лишь лунной орбиты, а Солнце – центром обриты Земли и других планет, Коперник сразу же поставил под сомнение аристотелево разделение мира на «надлунную» и «подлунную» части Данное обстоятельство стирало пределы разделения на естественные и насильственные движения и к тому же требовало радикального пересмотра учения Аристотеля о пяти стихиях. Другими словами, сразу же закачалось все здание европейской мысли того времени, базировавшейся на учении Аристотеля. Данное обстоятельство не могло не вызвать бурного противления.

Один из лидеров реформации Мартин Лютер назвал Коперника «спятившим астрологом»; Жан Кальвин метал громы и молнии: «Кто осмелится поставить авторитет Коперника превыше авторитета Священного Писания?» Разве не сказано в Священном Писании, что: «Воззвал Иисус (Навин): стой, солнце, над Гаваоном и луна – над долиной Аиалонскою!» И остановилось солнце, и луна стояла!.. И не было такого дня ни прежде, ни после того…». (Иисус Навин, 10: 12–14) – Кальвин негодовал: «Солнце стояло, а не Земля!»

Интересно, что в этой связи иудейская традиция на стороне Коперника. Мидраш «Шмот» говорит, что Амалик рассчитал по звездам час своей победы над Израилем, как сказано: «И пришли Амаликитяне, и воевали с Израильтянами в Рефидиме» (Библия, Исход, 17: 8). Но Моше Рабейну (Моисей) удержал заход солнца: «И были руки его подняты до захождения солнца» (Библия, Исход, 17: 12). Мидраш «Шмот» говорит, что тем самым Моисей изменил астрологическую ситуацию, «и низложил Иисус Амалика и народ его острием меча» (Библия, Исход, 17: 13). Откуда видим, что не только солнце остановилось у горизонта, но и звезды задержались на небосводе, а это можно объяснить только одним способом, что земля приостановила свое вращение.

Инквизиция осудила новую теорию как «ложное пифагорейское учение, от начала до конца противное Священному Писанию». Католическая церковь официально оповестила верующих, что коперниканская ересь «преисполнена более злонамеренной клеветой, более отвратительна и более пагубна для христианского мира, нежели все, что содержится в сочинениях Кальвина и Лютера и всех других еретиков вместе взятых». На эти выпады Коперник отвечал: «Библия учит нас, как попасть на Небо, а не как оно движется».

Но кроме мракобесия имела место и конструктивная критика теории Коперника. Во-первых, оппоненты задавали вопрос: «Если Земля движется, то почему большинство звезд на небосводе неподвижны?» Коперник в ответ на это ссылался на то, что расстояния до этих звезд огромны. Во-вторых, вслед за Птолемеем, многие задавались вопросом, почему Земля при столь высокой скорости вращения не рассыпается под действием центробежных сил. На что Коперник убийственно логично отвечал вопросом на вопрос: А почему небо не рассыпается при значительно более быстром вращении. Действительно, если бы Солнце и в самом деле делало оборот вокруг Земли за 24 часа, то оно двигалось бы с невероятно большой скоростью.

Коперник изложил свою теорию о «Вращении небесных тел» в XVI в., тогда как «Зо'гар», если он даже был записан Моше де Леоном в XV в., утверждает [55]: «Из старой книги Хамманнуна… мы узнаем, что Земля обращается вокруг себя, образуя круг: так, что некоторые находятся наверху, другие – внизу… и что имеются некоторые страны на земле, которые освещены, в то время как другие находятся во тьме: у первых день, тогда как у других наступает ночь; также есть страны, где всегда день или где ночь продолжается несколько мгновений» (Каббала Мейера).

Теория Коперника явилась вехой в еще одном процессе становления человеческой мысли. Впервые научная общественность Европы предпочла «красоту» теории «практике» как критерию истины, ибо расчеты по его методу значительно уступали в точности отточенному за несколько столетий методу определения места расположения планет Птолемея.

Впоследствии Иоган Кеплер подтвердил и уточнил основные результаты Коперника. Кеплер, используя наблюдения Тихо Браге (1546 – 1601), пришел к выводу, что движение планет происходит не по кругу, как это предполагал Коперник, а по эллипсам, в одном из фокусов которых находится Солнце.

Кеплер на протяжении нескольких лет безуспешно пытался подобрать кривую, наилучшим образом соответствующую результатам астрономических наблюдений траектории движения Марса. Об эллипсоиде он подумал только потому, что эта кривая была в то время хорошо известна математике. На самом деле планеты из-за взаимовлияния движутся не по эллипсоидам. «К счастью» астрономические наблюдения Тихо Браге, результатами которого пользовался Кеплер, были достаточно грубы, что позволило Кеплеру считать эллипс достаточно хорошим приближением.

Учение Коперника открыло новые пути к познанию жизни Вселенной. На основе этого учения и воззрений Николая Кузанского другой итальянский ученый Джордано (Филиппо) Бруно в своей работе «О бесконечности Вселенной и мирах» дал первую формулировку космологических принципов. Согласно его учению, Вселенная

бесконечна и неподвижна, а миров во вселенной – бесчисленное множество. У нее нет середины и нет окружностей… Проблема сотворения Мира Бруно решает с позиции мистического пантеизма: Б-Г находится везде и повсюду, не «вне» и «над», а в качестве Наиприсущего. Б-Г Мыслит Природу в виде некого самостоятельного Начала. Природа, по Джордано Бруно, Обожествлена. Б-Г отождествлен даже с материей. Такие воззрения Бруно развивал под воздействием идей некоторых античных мыслителей: Парменида, Эмпедокла, Демокрита, Эпикура и Лукреция. Бруно считал, что Б-ЖЕСТВЕННАЯ субстанция состоит из двух субстратов: духовного и материального. В «Диалогах» Бруно утверждает: «Мы обнаруживаем двойную субстанцию: одну – духовную, другую – телесную».

Духовный субстрат суть Мировая душа, мыслится как движущий принцип конкретных вещей и всего Мира. Мировая душа определяет их целостность, гармонию и целесообразность. Развивая учение Коперника, Джордано Бруно доказывает, что любое небесное светило может рассматриваться как абсолютный центр, потому что центр находится повсюду и нигде. Вселенная бесконечна и бесконечно множество ее миров. Миры приходят в движение под влиянием Мировой Души. Миры населены различными формами чувственной и разумной жизни. Согласно схоластической философии Землю образуют четыре стихии: Земля, Вода, Воздух и Огонь, а Небо – стихия Эфир. С точки зрения Бруно, духовный Эфир совместно с Землей, Водой, Воздухом и Огнем образует как земной мир, так и все другие миры. Джордано Бруно был обвинен в ереси и сожжен 17 февраля 1600 г. в Риме на площади Кампо ди Фьери (Поле Цветов).

Догалилеева мудрость пыталась найти причину гравитации. Вместо этого Галилей обнаружил совершенной иной взгляд на окружающий Мир. Он стал просто срисовывать наблюдаемые свойства Природы с помощью математических выражений. Закон движения падающего на землю тела сформулирован Галилеем в виде $s = 4{,}9\ t^2$, где s – путь свободного падения тела в течение времени t. По Галилею, не важна причина, важно описание движение. Данный подход оказался поразительно продуктивным и эффективным. Более того, взгляды Галилея легли в основу народившегося в месте с ними научного мировоззрения.

Последователю Аристотеля важнее знать, почему протекает процесс, чем уметь описывать его. На определенном этапе развития естествознания данный аристотелевский подход стал тормозить развитие Науки, так как при попытке точного описания того или иного явления зачастую затрагиваются глубинные корни происходящего, которые не могут быть осознаны неподготовленной современностью. В данном аспекте естествознания авторитету Аристотеля противостоял Галилей. Галилей считал вопрос «Почему?» весьма опасным при обращении к Природе. Галилей также первым усомнился в утверждении Аристотеля, что тела падают на землю со скоростью, пропорциональной их весу. Он, сбрасывая с вершины Пизанской башни одновременно 100 и 50 фунтовые ядра, убедился, что они падают на землю одновременно. Аристотель утверждал: для того, чтобы тело двигалось, к нему должна быть постоянно приложена сила. Галилей глубже проник в суть этого явления. Именно Галилей установил, что если на тело не действуют никакие силы, то оно может пребывать либо в покое, либо в постоянном, прямолинейном и равномерном движении (к такому же выводу пришел и Декарт). Ныне этот факт известен как первый закон Ньютона.

Опираясь на аристотелевский принцип «боязни пустоты», Галилей описал работу насоса, поднимающего воду из колодца с помощью цилиндра и поршня. Он рассчитал, что высота водяного столба в 18 локтей (примерно 7 – 10 метров) уравновешивает атмосферное давление и является мерой «боязни пустоты». Другими словами, он указал, что поднять воду с большей глубины с помощью обычного всасывания невозможно.

Для определения понятия силы Галилей поставил следующий эксперимент. С одной стороны весов он подвесил противовес, а с другой две стеклянных пробирки одну над другой. Вода из верхней пробирки капала в низ и попадала в нижнюю пробирку. Галилей ожидал, что под действием удара капли весы будут перевешивать в сторону двух пробирок и тем самым он хотел определить силу воздействия падающей капли. Но результат оказался противоположным. Пока капля, вылетевшая из верхней пробирки, была в полете, весы накланялись в сторону противовеса. А когда она попадала в нижнюю пробирку, весы выравнивались.

Анализируя явления природы, Галилей пришел к необходимости сосредоточить внимание на таких понятиях, как «пространство», «время», «тяготение», «скорость» и «ускорение», «сила» и «импульс». Во времена Галилея выбор этих понятий отнюдь не был очевидным. Галилей настаивал, чтобы при исследовании Природы естествоиспытатель обязательно следовал какой-либо математической модели: «не рассуждайте, почему происходит то или иное явление – призывал Галилей,– описывайте его количественно». Критикуя средневековых схоластов, повторявших и толковавших изречения Аристотеля, Галилей отмечал, что знание берется из наблюдения, а не из книг. Галилей отстаивал гелиоцентрическую теорию Коперника, хотя в том виде, как ее разработал Коперник, она отнюдь не давала хорошее совпадение с наблюдениями. Пытаясь проникнуть в саму суть явлений, Галилей выпестовал еще один незыблемый принцип современной науки – идеализацию. Под идеализацией Галилей понимал игнорирование тривиальных и второстепенных деталей исследуемого процесса. Мудрость Галилея проявлялась еще и в том, что он не пытался, как это делали естествоиспытатели до него, охватить все явления природы, а, выбрав несколько наиболее существенных явлений, принимался упорно и последовательно

изучать их. Галилей направил физическую мысль по математическому пути, заложил основы современной механики и создал прообраз современной научной методологии.

Как принято считать современная Наука началась с публикации в 1638 г. «Бесед и математических доказательств, касающихся двух новых отраслей науки» Галилея. Мир Науки благодарен Галилею за четыре наиболее значимые достижения. Во-первых, Галилей установил, что сила, действующая на тело, определяет его ускорение, а не скорость, как полагали древние в т. ч. Аристотель. Откуда следовало, что для равномерного и прямолинейного движения не требуется приложения ни какой силы, и если движущееся тело не встречает сопротивления окружающей среды, то оно может продолжать равномерное и прямолинейное движение бесконечно долго. Данное открытие Галилея позволило ответить на вопрос – почему мы не чувствуем довольно быстрое движение нашей планеты вокруг Солнца и ее вращение вокруг своей оси планеты, что в итоге привело к принятию гелиоцентрическую системы Коперника. Третья из великих догадок Галилея стала ключом к началу понимания закона сохранения энергии. Он заметил, что если твердое тело падает с некоторой высоты на твердую опору, то после соприкосновения с опорой оно отскакивает практически на туже высоту, с которой было сброшено. Данное обстоятельство побудило Галилея предположить что во время данного процесса сначала потенциальная энергия тела переходит в его кинетическую энергию, а после столкновения с опорой – кинетическая энергия отскачившего тела вновь превращается в потенциальную. Наконец Галилей указал, что в отсутствии атмосферного сопротивления различные тела под действием силы тяжести падают с одинаковой скоростью.

Работы Галилея «Диалог о двух системах мира» (1632 г.) и «Беседы о двух науках» (1638 г.) оказали сильное влияние на Эванджелиста Торричелли (1608 – 1647, Фаэнце, Италия). Воспитанник иезуитской школы в восемнадцатилетнем возрасте отправился в Рим для продолжения математического образования. В Риме Торричелли сблизился с доминиканским монахом, профессором математики, другом и последователем Галилея – Бендетто Кастелли (1577 – 1644). Кастелли отвез сочинение Торричелли «О естественном ускорительном движении» Галилею в Венецию. Галилею настолько понравилась данная работа, что он пригласил к себе молодого ученого. Однако Галилей вскоре умер, и Торричелли, по предложению герцога Тосканского, занял его место. Совместно с другим учеником Галилея – Винченцо Вивиани он продолжил утверждение экспериментального метода. К ним примкнули несколько учеников, и из этого кружка вскоре родилась знаменитая Флоренская академия. Торричелли стал первым ученым, решившим баллистическую задачу о траектории брошенного тела в однородном поле тяжести и отсутствии сопротивления воздуха. Торричелли впервые пришла счастливая мысль измерить вес атмосферы весом ртутного столба. В 1643 г. по его указанию эксперимент был проведен его другом Вивиани. Опыт оправдал все ожидания. Вивиани взял заполненную ртутью стеклянную трубку и перевернул ее в заполненную ртутью тарелку. Ртуть из трубки не вылилась, она остановилась на заданной высоте, над ней образовалась «торричеллиева пустота». Чтобы показать, что жидкость удерживается не какими-то симпатиями и антипатиями, а является следствием давления воздуха, Торричелли повторил опыт с двумя трубками разной формы. При этом форма пространства над ртутью действительно не имела никакого значения. Впоследствии Торричелли заметил, что высота ртутного столба меняется со временем, что свидетельствовало об изменении атмосферного давления, таким образом, трубка Торричелли стала первым барометром.

Борьба против аристотелиева учения о «боязни пустоты» не закончилась опытом Торричелли. Гипотеза о живых силах, удерживающих ртутный столб, жила еще долго после его смерти. Лишь после работ Паскаля (1623–1662), создавшего водяной барометр, и изобретения воздушного насоса Бойлем и Герике окончательно развеяли концепцию «боязни пустоты». Герике прямым опытом взвесил два одинаковых сосуда: один – с воздухом, а другой – без него, и тем самым доказал, что воздух обладает весом и «несомненно является телесным ничто». Таким образом, в науке утвердилось представление о том, что воздух является одним из видов материи, который можно удалить из занимаемого ею места и образовать «пустоту», «вакуум».

Необходимо отметить, что в начале третьего тысячелетия на смену тенденции умерщвления сил Природы, бытовавшей с XVII по XX столетия от Р. Х., приходит возвращение к идеям «оживления» (Обожествлению) всех проявлений Бытия. Алсигна выступает за вызов принципа «боязни пустоты» из праха небытия. Она стоит на принципах иудаизма, провозглашающих Разумную направленность всех проявлений Природы. Силы лишь орудие в «руках» Мыслящей ПЕРВООСНОВЫ Миров.

Алсигна уверена в том, что Наука пережила эмбриональный этап своего развития, ознаменованный тем, что Она исследовала силы Природы вне причин, их Вызывающих и Направляющих. В эмбриональном состояние Наука переболела ложной иллюзией, в которой единственной созидающей инстанцией, управляющей силами Природы, является человек. НЕБЕСА нежно взирали на потуги лучших из людей, пока «мертвые» силы, подвластные человеку, были достаточно слабы. Теперь мы, люди, стоим на пороге обретения страшных энергий, и наша Наука уже не имеет права отдавать мертвечиной и безнравственностью.

Наиболее знаменитым результатом работ Торричелли по механике является открытие им законов истечения жидкости из отверстия в сосуде. Это открытие, примыкающее к исследованиям его учителя Кастелли, принесло ему славу основателя гидродинамики.

Рене Декарт еще в школьные годы, которые он провел в школе Ла Флеш (одном из лучших учебных заведений Европы), подверг резкой критике все отрасли знаний того времени, в том числе юриспруденцию, медицину и мораль, пришел к выводу, что только математика обеспечивает надежный путь к Истине. Убежденный в том, что именно математика составляет сущность всей Науки, Декарт заявил, что «не приемлет и не надеется найти в физике каких-либо принципов, отличных от тех, которые существуют в геометрии или абстрактной математике, потому что они позволяют объяснить все явления природы и привести доказательства, не оставляющие сомнений».

Объективный мир, по Декарту, – это застывшее пространство, воплощенное в геометрии, и поэтому свойства его должны вытекать из первых принципов геометрии. Декарт пытался объяснить, почему реальный мир вообще подвержен математическому описанию. По его мнению, наиболее глубокими и надежными свойствами материи являются форма, протяженность и движение в пространстве и во времени. Исследуя математический метод, на котором базировалась евклидова геометрия, Декарт в своем «Рассуждении о методе» подготовил методологические основы нарождающейся Науки. Для того чтобы гарантировать возможность получения точного знания, Декарт выделил следующие четыре правила:

1. Изложение должно быть последовательным и не противоречивым.

2. Сложные проблемы разбивать на простые части и, изучив их по отдельности, делать синтетические заключения (Анализ и Синтез).

3. Изложение должно начинаться с простейших и ясных истин с последовательным постепенным усложнением.

4. Делать наиболее полные обзоры литературы по исследуемой тематике.

В отношении материи Декарт высказывался следующим образом: «Мне не известна иная материя телесных вещей, как только всячески делимая, могущая иметь фигуру и движимая... Я ничего в этой материи не рассматриваю, кроме ее деления, фигур и движения. И так как этим путем, как обнаружится из последующего, могут быть объяснены все явления природы, то мне думается, что не следует в физике принимать других начал, кроме вышеизложенных».

Декарт, вслед за древними греками, различал первичные и вторичные свойства материи. Первичными он полагал делимость, форму и движение материи, а звук, вкус, тепло, цвет Декарт считал производными качествами от первичных качеств. По Декарту, существует как бы два мира: мир материи и мир мыслящих умов, способный воспринимать воздействие материи. Совершенный Б-Г не стал бы вводить нас в заблуждение, поэтому наша интуиция заслуживает доверия: она может служить источником истины. Декарт настоял, чтобы Европа осознала важность движения материи как физического явления.

В истории философии Декарту принадлежит особое место как творцу дуалистической философии. Он пытался создать философскую систему на основе признания двух самостоятельных инстанций – материи и Духа. Представляя мир как Творение Б-ЖЕЕ, Декарт расчленил мир на две практически независимые части – духовное и материальное. Неотъемлемым свойством или атрибутом материальной субстанции он считал протяжение, атрибутом Духовной субстанции он считал мышление. Дуализм, пронизывающий все учение Декарта, получил свое проявление в отделении физики от метафизики. Материю Декарт наделяет механическими и геометрическими свойствами. Она состоит из бесконечно делимых отдельных частиц, отличающихся величиной, формой и видом движения. Наделив материю лишь атрибутом протяжения и трактуя движение как перемещение ее частиц в пространстве, Декарт приходит к выводу о законе сохранения количества движения. Декарт ищет первопричину и цель движения и находит ее в Б-ГЕ – Исходной, Совершенной и Возвышенной Субстанции.

В истории Науки примечательна роль аббата Мерсенна (соученика Декарта по колледжу) [95]. В то время, когда еще не было специальных научных журналов, основную роль в общении между учеными играла переписка. Письма посылались либо непосредственно конкретному ученому, либо в Париж аббату Мерсенну, последний размножал их и рассылал тем математикам и физикам, которые занимались аналогичными вопросами. Корреспондентами Мерсенна были крупнейшие ученые того времени: Декарт, Этьен и Блез Паскаль, де-Бесси, Гюгенс, Торричелли, Виллис, Пьер Ферма и др.

Философия Баруха Спинозы (1632 – 1677) – одно из значительных учений XVII в. Он родился в Амстердаме в богатой еврейской семье, бежавшей из Португалии в Голландию, чтобы укрыться от преследований инквизиции. Родители готовили его к религиозной и богословской деятельности, но знакомство с философией и научными идеями Декарта направили Спинозу по собственному пути исканий. Между 1652 и 1656 гг. он посещал школу Франциска ван ден Эндена (учёного-католика, ставшего позднее независимым мыслителем), у которого изучал латинский язык и науки. Знание латыни открыло для Спинозы мир классики (в частности, Цицерона и Сенеку), Возрождения и современных философов, в особенности Декарта, Бэкона и Гоббса.

Смелые идеи Спинозы привели к отлучению его от иудейской общины Амстердама (1656 г.). Знатоки ут-

верждают, что философия Спинозы свидетельствует о его глубоких познаниях в Каболе, но то, что он отождествлял Б-ГА с Творящей Природой, не могло вместиться в религиозное сознание его соплеменников той эпохи. Отлучение означало, что ни один из иудеев не имел права вступать в общение со Спинозой. Он зарабатывал на жизнь шлифованием линз для телескопов.

Спиноза успел завершить две крупные работы – «Богословско-политический трактат» и «Этику». В «Этике» Спиноза критикует дуализм Декарта и разрабатывает монистическое учение. По представлениям Спинозы, не может быть двух субстанций в природе вещей. Единая всеобъемлющая Субстанция является исходным пунктом его философии. Рассудок Спинозы растворяет Б-ГА в Природе. У Природы неотделимыми свойствами являются и протяженность и мышление. Спиноза утверждает абсолютное господство необходимости в мире и отрицает наличие всякой объективной случайности. Спиноза выработал учение о свободе. По Спинозе, свобода – это познанная необходимость.

Когда Ньютон произнес свое знаменитое высказывание: «Мы видели дальше других потому, что стояли на плечах гигантов», он, по всей видимости, имел в виду Коперника, Кеплера, Галилея, Декарта, Гука и Спинозу.

В 1642 г., в год смерти Галилея, в небольшой английской деревушке Вульсторп в Линкольншире родился Исаак Ньютон (1642–1727). Отец его умер еще до рождения сына. Мать Ньютона, урожденная Айскольф, вскоре после смерти мужа преждевременно родила маленького и хилого ребенка, которому суждено было задать «новый тон» всему старому свету. Ньютон не подавал особых надежд в юности. Поскольку он не проявлял никакого интереса к сельскому хозяйству, мать отправила его в Кембридж, и в 1661 г. Ньютон поступил в «Тринити» колледж (колледж «Святой Троицы»). Пребывание в стенах привилегированного учебного заведения позволяло его слушателям познакомиться с трудами Декарта, Коперника, Кеплера и Галилея. Однако Ньютон, насколько можно судить, извлек не много пользы из учебы. Он был слаб в геометрии, и даже подумывал заняться изучением права вместо натурфилософии. В год, когда Ньютон закончил колледж, в Лондоне и его окрестностях разразилась какая-то эпидемия, которую по тогдашнему обычаю сочли чумой [95]. Ньютону пришлось уединиться в родительском доме в Вулсторпе, где он провел безвыездно 1665 – 1666 гг. В эти годы Ньютон начал свои работы по механике, математике и оптике. Предание гласит, что когда в саду на Ньютона упало яблоко, ему на ум пришла счастливая мысль, что та же самая сила, которая притягивает к земле яблоко удерживает на орбите Земли и Луну. Пытаясь понять, какой бы мог быть эффект, он вначале воспользовался неточными данными географа Норвуда о размерах нашей планеты, полагавшего, что в одном градусе широты на поверхности Земли содержится 60 английских миль. Данное обстоятельство привело Ньютона к неверным выводам. Лишь в 1682 г. Ньютон смог воспользоваться более точными измерениями меридиана, полученными французским ученым Пикаром.

Примерно через 20 лет после начала исследований 28 апреля 1686 г. Исаак Ньютон доложил Лондонскому королевскому обществу свои «Математические начала натуральной философии». Эту дату смело можно считать одной из величайших дат в истории человечества. В «Началах» Ньютон не только сформулировал законы движения, но и дал определение основным понятиям – «масса», «ускорение», «инерция», которые впоследствии послужили основой для научных исследований. Самое сильное впечатление на ученых произвела третья книга ньютоновских «Начал» – «О системе мира», в которой был сформулирован закон всемирного тяготения. Гравитация сразу же стала предметом обсуждения в Лондоне и Париже. В глазах Англии и Франции Ньютон был «новым Моисеем», через которого Б-Г явил людям свои законы.

В месте с тем воззрения Ньютона встретили серьезное сопротивление со стоны картезианцев (последователей де Картезия, или Декарта). Картезианцы не как не могли принять мгновенную передачу силовых взаимодействий от одного гравитирующего тела к другому. Более всего картезианцы возражали против передачи взаимодействий между космическими телами через пустоту. Все четыре основных метафизических постулата ньютоновской физики: 1) принцип мгновенного распространения тяготения, называемый принцип дальнодействия; 2) абсолютное пространство и время; 3) концепция материальной точки; 4) принцип инерции, были подвергнуты глубокому критическому анализу. Лишь через 150 лет после публикации знаменитых «Начал натуральной философии» механика Ньютона стала приобретать незыблемый характер классической науки. Успех ньютоновской механики был обусловлен вовсе не философским осмыслением реальности, а колоссальным количеством различных механизмов и приспособлений, созданных на основе теоретической базы, вытекающей из законов Ньютона.

С древних времен людей интересовал вопрос: «На чем покоится Земля?» По одной древней теории, Земля покоилась на «Водах». Индусы полагали, что диск Земли зиждется на четырех слонах, слоны стоят на огромной черепахе, черепаха – на свернувшемся кольцом змие. А змий плавал во Вселенских водах. Греческий философ Эмпедокл высказывал соображения, что Земля покоится на вихре «Воздуха», вызывающего движение небесных тел. Одним из самых влиятельных в средневековой Европе было мнение Аристотеля. Хотя он и разрабатывал теорию шарообразной Земли, но категорически отрицал, что Земля может висеть в пустом пространстве. В своем трактате «О небе» Аристотель, отрицая представление о том, что Земля покоится на воде, сказал: «Воде также не свойственно по природе держаться на весу – она всегда находится на чем-то твердом». Ари-

стотель учил, что Солнце, Луна и звезды прикреплены к поверхностям твердых прозрачных сфер. Сферы располагались одна внутри другой, а неподвижная Земля – в самом центре. Сферы вращаются относительно друг друга – отчего прикрепленные к ним планеты движутся по небу. Учение Аристотеля было возведено католической Церковью в ранг религиозной догмы, поэтому всегда было под пристальным вниманием и критикой протестантов. Во времена Ньютона в протестантской среде бытовало представление, что Вселенная заполнена жидкостью – «Космическим Супом» – и что именно «водовороты» этой жидкости приводят планеты в движение. Сэр Исаак Ньютон, не смотря на то, что многим его коллегам было очень трудно осознать космическое пространство как пустоту, заявил, что планеты подвешены в пустоте и удерживаются на своих местах и приводятся в движение невидимой силой – Гравитацией. Его последователи подвели религиозную подоснову под эту идею, приводя мнение Библии по этому вопросу. Моисей устами Иова заявил: «Рефаимы трепещут под водами и живущие в них. Преисподняя обнажена перед НИМ и нет покрывала Авадону. ОН распростер север над пустотою, повесил землю ни на чем. ОН заключает воды в облаках Своих, и облако не расседается под ними. ОН поставил престол Свой, Распростер над ним облако Свое. Черту Провел над поверхностью воды, до границ света со тьмою. Столпы небес дрожат и ужасаются от грозы ЕГО. Силою СВОЕЮ Волнует море, и РАЗУМОМ СВОИМ сражает его дерзость. От ДУХА ЕГО – великолепие неба. Рука ЕГО образовала быстрого скорпиона» (Иов, 26: 5 – 13). Употребленное здесь древнееврейское слово «ничто» (бели-мах) буквально означает «без всего».

В Средние века две области физики – «земная» и «небесная» казались, совершено независимыми. Ньютону удалось объединить эти области знания в единую теорию, что взбудоражило лучшие умы Европы. Ньютон, исходя из того, что Всемогущий Б-Г является Универсальным Наблюдателем за всем происходящим во Вселенной, ввел связанные с НИМ, понятия абсолютного пространства и абсолютного времени. Другим словами, по Ньютону, если есть Абсолютный Наблюдатель (т. е. Б-Г), то должны существовать и абсолютное время, и абсолютное пространство. При этом основная задача Теологии – доказательство существования Б-ГА, оказалась тесно связанной с проблемами естествознания. Многие из современников и последователей Ньютона (в том числе Эйлер и Кант) разделяли эти его убеждения. Некоторые утверждают, что написание «Математических начал натуральной философии» было обусловлено стремлением Ньютона рациональными методами доказать Бытие Б-ГА. Введя понятие абсолютного пространства как «чувствилище» Б-ГА – суть единое информационное поле Единого Универсума, связывающее воедино все разрозненные тела и процессы Мироздания, тем самым Ньютон разрушил барьер между Б-ГОМ и Сотворенным ИМ Миром.

В первом письме Г. Лейбница к С. Кларку находим: «Г-н Ньютон говорит, что пространство – это орган, которым Б-Г Пользуется, чтобы воспринимать вещи [147].

Ньютон писал: «Чувствилище животных через нервы и мозг подводит ощутимые образы так, что они могут быть замечены вследствие непосредственной близости к обозреваемой субстанции. И если чувствилище животных столь правильно устроено, не становится ли ясным из явлений, что Есть Бестелесное СУЩЕСТВО, Живое, Разумное, Всемогущее, которое в бесконечном пространстве СВОЕГО Чувствилища видит все в непосредственной близи, Прозревает их насквозь и Понимает их благодаря непосредственной близости к НЕМУ».

Ньютон сформулировал программу научных исследований Европы на многие годы. В «Началах» он пишет: «Всякая трудность физики состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы Природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления». Своими трудами Ньютон явил человечеству новый мировой порядок – Вселенную, поведение которой описывается небольшим числом математических законов. Эйлер, д'Ламбер, Лагранж, Лаплас и многие другие исследователи в течение двух последующих столетий довели механику Ньютона до такого совершенства, что эту науку стало принято считать классическим эталоном человеческой мысли.

Переход от алхимии к строгим экспериментально подтверждаемым методам исследований наметился уже в XVI веке. В работах фламандского врача Яна Баптиста ван Гельмонта (1579 – 1644) впервые была использована техника точных измерений, которая и послужила столбовой дорогой в мир современной химии. Принято считать, что первым обратил внимание на важность эксперимента Френсис Бэкон (1561 – 1626). В трактате «Новый Органон» Бэкон провозгласил целью Науки увеличение власти человека над Природой. Он предложил реформу научного метода – очищение разума от заблуждений. Являясь атомистом, имеющим четкое представление о важности тонкой структуры материи, считая элемент огня плодом воображения, Френсис Бэкон оставался герметическим философом, полагая, что земная кора находится под влиянием Небесных Тел.

Одним из первых последователей философии Ф. Бэкона, основанной на эксперименте, наблюдениях и измерениях, был Роберт Бойль (1627–1691). В своем труде «The Sceptical Chymist» (Химик-скептик) Бойль впервые опустил частицу «ал», с тех пор наука стала называться химией, а работающие в этой области мыслители – химиками. Роберт Бойль (1627– 691) был тринадцатым ребенком из четырнадцати детей Ричарда Бойля – первого герцога Коркского, свирепого и удачливого стяжателя времен королевы Елизаветы. Роберт Бойль получил образование в Швейцарии и Италии. В 1644 г. он вернулся в Англию в поместье умершего отца Столбридж,

где и начал свои научные исследования по биологии, медицине, химии и физике. В 1654 г. Бойль переселяется в Оксфорд, где совместно со своими ассистентами Вильгельмом Гомбергом и Робертом Гуком продолжил изыскания в области корпускулярной теории газов. Именно Роберт Бойль был одним из первых, кто реанимировал атомистические воззрения Демокрита. По чертежам немецкого физика Отто Герике Бойль совместно с Гуком построил воздушный насос, с помощью которого они откачивали из сосуда воздух и исследовали свойства оставшейся в нем пустоты. Все попытки доказать присутствие эфира в пустом сосуде остались тщетными. «Никакого эфира не существует», – сделал вывод Бойль. Пустое пространство он назвал вакуумом, что по-латыни означает «пустота».

В 1660 г. Бойль завершил свой труд «Новые физико-механические эксперименты относительно веса воздуха и его проявления» и несколько позже – «Химик-скептик». В этих книгах Бойль не оставил камня на камне от учения Аристотеля о четырех элементах, существовавшего почти две тысячи лет, и Декартова «эфира». Естественно, эти труды вызвали резкие нападки последователей Аристотеля и картезианцев. Однако Бойль опирался на эксперименты, и потому многие его аргументы и доказательства были трудноопоримы. Большая часть ученых с восторгом восприняла идеи Бойля.

Одним из многочисленных предметов исследований Бойля была сущность горения и дыхания. Соответствующие опыты, проведенные им и его последователями, привели к важным выводам. Например, Бойлю удалось установить, что горение возможно только на воздухе, что при горении расходуется какая-то составная часть воздуха. Бойль внес некоторые изменения в атомистические воззрения Демокрита, – мельчайшие частицы вещества Бойль называл не атомами, а корпускулами. По Демокриту, атомы различных веществ отличаются различными размерами и весом. Помимо этих характеристик Бойль наделил корпускулы возможностью притягивать друг друга и образовывать различные соединения, заложив тем самым основы современной химии.

Необходимо, однако, отметить, что от Анаксагора до Эпикура, Лукреция Кара и даже до Галилея философы полагали в той или иной степени, что атомы вещества живоначальны, а не просто невидимые крупинки «грубой» матери [56]. Согласно им вращательное движение было положено более значительными по величине (т. е. более Б-жественными) Атомами, увлекшими вниз другие атомы, причем более легкие одновременно были отброшены вверх. Древние философы не отделяли Дух от материи. Все зарождалось в Едином и происходило от Единого. Древние посвященные, за которыми следовала вся цивилизованная древность, подразумевали под термином «Атом» Душу, существо с выделенным центром истинного «я» – Гения или Ангела, являющегося причиной того или иного существования и движения. С высшими из Них связывались вращения Небес. На языке посвященных Души и Атомы были синонимами, и только в последние времена наука выделила обширный, но замкнутый класс явлений, в которых «мертвая» материя может рассматриваться как самодостаточная система твердых частичек, «независящая» (точнее, очень слабо зависящая) от субстанционального присутствия и влияния Духа. Все процессы между такими частичками обусловлены дискретным рядом силовых взаимодействий, которые приписывают к их свойствам.

В XVIII в. алхимия была все еще значительным явлением в Европе. В 1720 г. насчитывалось более пяти тысяч сочинений по алхимии. Ее сторонники защищали свое учение с помощью религиозных, мистических, астрологических, каббалистических и магических воззрений. Положить конец этой «алхимической эпидемии» выпало на долю Антуана Лавуазье (1743 – 1794), благодаря которому химия приобрела характер точной науки. Лавуазье систематически применял количественные методы.

Антуан Лавуазье родился в семье адвоката, первое образование получил в колледже Мазарини. Математику и астрономию он изучал у известного во Франции астронома Лакайля, имевшего обсерваторию в колледже Мазарини; ботанику – у великого Бернара Жюсье; минералогию – у Гэтера, составившего первую минералогическую карту Франции; химию – у Рауэля. В 25 лет Лавуазье был избран членом Академии наук Франции. Лаборатория Лавуазье сделалась центром тогдашней Науки, здесь бывали Лаплас, Монж, Лагранж, Гитона Морво, Маккера. В 1783 г. Лавуазье опубликовал «Размышления о флогистоне», где он доказывает полнейшую ненужность этого понятия. Лавуазье писал: «Химики сделали из флогистона туманный принцип, который вовсе не определен точно и, следовательно, непригоден для всевозможных объяснений. Иногда это весомый принцип, иногда – невесомый, иногда – свободный огонь, иногда – соединенный с землею, иногда он проходит через поры сосудов, иногда – они непроницаемы для него, он объясняет разом щелочь и не щелочь, и прозрачность и тусклость, и цвета и отсутствие цвета. Это настоящий Протей, ежеминутно меняющий форму». «Размышления о флогистоне» были своего рода похоронным маршем по старой флогистонной теории.

Лавуазье так преобразовал основу химических знаний и языка, что следующие поколения ученых не могли понять терминологию, которой пользовались до него. Лавуазье открыл закон сохранения массы вещества, подтвержденный Ломоносовым.

Ломоносов и Лавуазье вначале подвергли критике флогистонную теорию, а затем Лавуазье сделал открытие, что для образования окалины поглощается часть воздуха. Как выяснилось позже, эта часть воздуха была кислородом, открытым в 1774 г. американским священником Джозефом Пристли.

Кислород был открыт несколько раз [95]. Первые упоминания о нем встречается в трактатах китайского ал-

химика VIII в. Мао Хао. Китайцы представляли себе, что этот газ (*йын*) – составная часть воздуха, и называли его «деятельным началом». Они знали, что кислород соединяется с древесным углем, горящей серой и некоторыми металлами. Китайцы могли получать кислород, используя соединения типа селитры. В XV в. о кислороде упоминал Леонардо да Винчи. В 1620 г. голландец Дреббель создал подводную лодку, но взять с собой большой объем воздуха он не мог, тем более что воздух состоит в основном из азота. Поэтому Дреббель понял, что значительно экономичнее запасаться кислородом, который он получал из селитры. Это происходило за 150 лет до «официального» открытия кислорода Пристли и Шееле.

Джозеф Пристли родился в Филдхеде (Йоркшир) в семье бедного суконщика. Он изучал Теологию и читал проповеди в независимой от англиканской церкви протестантской общине. Пристли продолжил получать Теологическое образование в Академии в Девентри. Там он кроме Теологии занимался философией, естествознанием, изучил девять языков. В 1761 г. Пристли обвинили в свободомыслии и запретили читать проповеди. Он стал преподавателем языков в Уоррингтонском университете. Там он впервые прослушал курс химии, которая произвела на него сильное впечатление. По предложению Бенджамена Франклина, Пристли в 1767 г. написал монографию «История учения об электричестве». За этот труд он был избран почетным доктором Эдинбургского университета, позже – членом Лондонского Королевского общества (1767 г.) и иностранным членом Петербургской Академии наук (1780 г.).

В 1774 г. Пристли, проводя опыты по выделению воздуха из кальцинированной ртути, заметил, что свеча в этом воздухе ярко вспыхивает, что его сильно удивило. Убежденный сторонник учения о флогистоне, он рассматривал оксид ртути как простое вещество, образованное при нагревании ртути в воздухе и, следовательно, лишенное флогистона. Поэтому выделение «дефлогированного воздуха» из оксида ртути при нагревании казалось просто невозможным. Через два месяца по приезде в Париж Пристли рассказал о результатах своих опытов Лавуазье. Последний тотчас понял огромное значение открытия Пристли и использовал его при создании общей кислородной теории горения и опровержения теории флогистона.

Объяснение процесса горения, данное Лавуазье, вызвало полный переворот в химии, повлекший за собой бурное развитие корпускулярных теорий строения вещества. Опыт, приобретенный алхимической практикой, позволил европейским ученым быстро воспринять логику Демокрита. Переосмыслить опыт алхимиков на основании корпускулярного подхода уже не составляло большого труда.

Теория, описывающая процессы горения, впервые была сформулирована немецким врачом и химиком Георгом Эрнстом Шталем (1659 – 1734). Согласно этой теории все металлы – вещества сложные и состоят из «земель» и особого вещества – флогистона. Этот элемент невидим. Горение рассматривалась Шталем как процесс, при котором горящее тело теряет флогистон, а воздух «вбирает» его. Из воздуха флогистон попадает в листья растений, а из них – снова в древесину. Теория флогистона позволила объяснить протекание различных процессов в прикладной химии, и в первую очередь в металлургии, и оказала громадное влияние на развитие химических ремесел. Теория флогистона была первой сознательной попыткой объяснить различные химические явления с единой точки зрения. В XVII в. она была доминирующей теорией.

Появление флогистонной теории было вызвано необходимостью объяснения процессов горения, окисления и восстановления металлов. Согласно этой теории все горючие материалы имеют общее огненное начало – флогистон. При сжигании горючих веществ или при накаливании металлов флогистон улетучивается и в остатке получается землистое вещество – окалина. Следовательно, горение есть разложение вещества на флогистон и землистый остаток. Например:

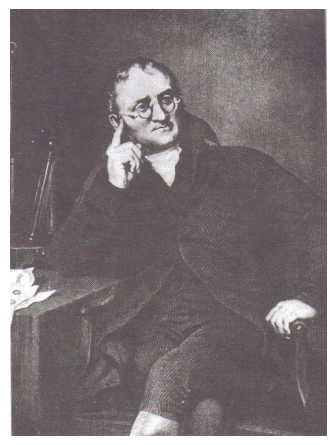
Цинк = флогистон + окалина цинка.

Вещества, оставляющие при горении очень мало землистого остатка, как, например уголь, состоят почти из чистого флогистона. Согласно этой теории негорючему остатку можно придать флогистон, накаливая окалину с богатым флогистоном углем, при этом вновь получаем металл:

Флогистон + окалина цинка = Цинк.

Считалось, что флогистон в отличие от остальных материальных тел не притягивается к Земле, а, напротив, отталкивается от нее. Поэтому чем больше тело содержит флогистона, тем оно легче. Необходимость воздуха для горения объяснялась тем, что флогистон не просто исчезает при горении, а переходит в воздух или какую-то часть его. Если воздуха нет, то горение прекращается, т. к. флогистону некуда деваться. Флогистонная теория долгое время пользовалась всеобщим признанием, но впоследствии стала тормозом для развития химии.

В 1808 году этот год английский химик Джон Дальтон (1766 – 1844) опубликовал первую книгу, целиком посвященную «атомной теории». Он предположил, что каждый элемент состоит из особого типа атомов. Атомы одного элемента отличаются от атома любого другого элемента. Принципиальное различие между



Джон Дальтон [141]

атомами объясняется их различной массой [141].

Дальтон впервые попытался определить, какова величина подобной массы. Правда, он не смог измерить атомную массу в унциях или граммах, поскольку имевшиеся в его распоряжении приборы не позволяли сделать это относительно столь микроскопических объектов, однако сумел определить относительный вес, показав, что один атом может быть тяжелее другого.

В частности, Дальтон обнаружил такую закономерность: чтобы образовать воду, количество водорода должно соединяться с превосходящим его в 8 раз количеством кислорода. Он также предположил, что вода состоит из соединения 1 атома водорода с 1 атомом кислорода. Соединение атомов называется «молекулой» от греческого слова, обозначающего «небольшая масса», поэтому соединение водорода и кислорода можно называть образованием молекулы воды [141].

Дальтон предположил, что атом кислорода в 8 раз тяжелее, чем атом водорода. Если массу водорода для удобства расчетов определить числом 1, тогда масса кислорода составит 8. Подобные сравнительные или относительные числа стали считать «атомным весом». Численно предположения Дальтона обозначили следующим образом: атомный вес кислорода составил 1, а атомный вес водорода – 8. Отметив, что некоторое количество других элементов соединялось с фиксированной массой водорода или кислорода, Дальтон в равной степени мог вывести атомную массу других элементов.

В принципе идея Дальтона была верна, но в частностях он ошибался. Скажем, при пристальном изучении оказалось ясно, что молекула воды состоит из 2 атомов водорода и 1 атома кислорода. Поэтому формула воды должна писаться как H_2O, где H – химический символ атома водорода, а O – атома кислорода [141].

Нельзя оспорить тот факт, что кислород занимает в 8 раз больше места, чем водород, следовательно, атом кислорода должен быть в восемь раз тяжелее, чем 2 атома водорода, взятые вместе. Следовательно, атом кислорода должен быть в 16 раз тяжелее, чем атом водорода. Если вес атома водорода равен 1, то атомный вес кислорода составляет 16 [141].

Вначале казалось, что атомный вес различных элементов определяется целым числом и что атом водорода самый легкий из всех атомов, поэтому атомную массу водорода и стали считать равной 1, минимальной величиной, с которой легко было сравнивать все остальные.

Иёнс Якоб Берцелиус [141]

Шведский химик Йене Якоб Берцелиус (1779 – 1848) продолжил исследования Дальтона и обнаружил, что элементы вовсе не соединяются в простых отношениях. Заданное количество водорода на самом деле чуть меньше, чем восьмикратная масса кислорода. Получалось, что атомный вес водорода предположительно составлял 1, а атомный вес кислорода должен был быть не 16, а 15,87.

Получалось также, что водород соединялся с большим числом элементов (и более легко), чем кислород. Нормой атомного веса водорода по отношению к другим элементам стало нецелое число. Чтобы проводить дальнейшие исследования атомного веса элементов, показалось более удобным определить атомный вес кислорода, в отличие от атомного веса водорода, как целое число. В частности, такую попытку предпринял сам Берцелиус, опубликовав в 1928 году свою таблицу атомных весов [141].

Вначале он определил атомный вес кислорода как 100, затем решил уменьшить цифры и установил атомный вес кислорода 16 единиц. В этом случае атомный вес водорода должен был немного превышать 1. Так атомный вес водорода стал равным 1,008. Введенная Берцелиусом система просуществовала почти 150 лет [141].

На протяжении всего XIX столетия химики продолжали интенсивно работать над проблемой определения атомного веса элементов. К началу XX века им удалось определить атомный вес большинства элементов, многих с точностью до двух знаков, а иных даже до трех. Некоторые элементы имели атомный вес, выраженный в почти целых цифрах (по стандарту кислород равен 16). Атомный вес алюминия, скажем, составлял около 27, кальция около 40, угля около 12, золота около 197. Однако у некоторых элементов атомный вес был далек от целых чисел. Атомный вес хлора – 35,5, меди 63,5, железа 55,8, серебра – 107,9 и т. д.

На протяжении всего XIX столетия химики не знали, почему у одних веществ атомный вес составляет целые числа, а у других нет. Они просто проводили наблюдения и публиковали результаты собственных измерений. Для того чтобы получить ответы на все вопросы, оставалось ждать, пока будет достигнут прогресс в исследовании электричества [141].

В 1811 г. барону Жану-Батисту Жозефу Фурье была присуждена премия Французской академии наук за математическую теорию распространения тепла. Установленный Фурье результат был удивительно прост и изящен: «поток тепла пропорционален градиенту температуры». Замечательно, что этот простой закон применим к любому виду и состоянию вещества. Специфическим для каждого вещества является только коэффициент пропорциональности между тепловым потоком и градиентом температуры. Теория Фурье ознаменовала новый этап

в развитии Науки. Универсальность характера распространения тепла оказался никоим образом, не связан с динамической теорией Ньютона, поэтому формулировку закона теплопроводности можно рассматривать как исходную точку Науки нового типа [45]. С появлением закона теплопроводности Фурье исторические пути развития Науки в Англии и Франции разошлись. Во Франции приняли, что в физике существуют две универсалии: тепло и гравитация, причем эти универсалии антагонистичны. В консервативной Британии теория распространения тепла не произвела радикальных изменений. Верноподданные Объединенного Королевства по-прежнему продолжали поиски путей объединения всех отраслей знания в единую систему мировосприятия с унифицированными исходными положениями.

Работы Фурье в области теплопроводности вдохновили Николо Леонара Сади Карно (1796–1832), молодого лейтенанта генерального штаба вооруженных сил Франции, на единственное законченное им сочинение «Размышления о движущей силе огня» (опубликовано в 1824 г.). Сади Карно, сын опального республиканского министра и известного французского математика Лазара Карно, не мог продвигаться по службе, поэтому в1828 г. подал в отставку и вскоре, на 36 году жизни, умер от холеры. В те времена, когда еще принято было считать, что теплота – это вещество, Сади Карно задался вопросом: «при каких обстоятельствах тепло превращается в работу?» Хорошо знакомый с расчетами водяных двигателей, Карно уподобил тепло воде. Чтобы водяной двигатель работал, вода должна падать с высокого уровня на более низкий. Причем количество произведенной работы зависит от разности высот высокого и низкого уровней. Карно предположил, что подобно воде для произведения работы тепло должно переходить с одного уровня на другой, при этом разности высот соответствует разность температур теплоты $T_1 - T_2$. Сади Карно пришел в этот мир на короткое время, чтобы высказать ему следующее: «Для производства работы в тепловой машине должно быть два источника теплоты с разными температурами, при этом коэффициент полезного действия такой машины равен $(T_1 - T_2)/T_1$ ». В «Размышлениях о движущей силе огня» Сади Карно писал: «По некоторым представлениям, которые сложились у меня относительно теории тепла, создание единицы силы требует затраты 2,7 единиц тепла». Напомним, что трансцендентное число:

$$e = \lim\left(1+\frac{1}{n}\right)^{n}\Big|_{n\to\infty} = 2{,}718281828\ldots .$$

Данная работа Карно была реанимирована из праха забвения Уильямом Томсоном (Лордом Кельвином) и развита Рудольфом Клаузиусом (1822 – 1888).

В 1850 г. вышла первая работа Клаузиуса «О движущей силе теплоты», где он разбирает теорию Карно с точки зрения механической теории тепла. Клаузиус впервые указывает на направленность самостоятельного перехода тепла от теплого тела к холодному, и никогда наоборот. Однако в принципе это возможно, иначе нельзя было бы создать холодильные машины. Клаузиус ввел в рассмотрение понятие энтропии как функции состояния термодинамической системы. Так, в физике наряду с «царицей мира» – энергией, появилась ее «тень» – энтропия [95]. Он же указал, что изолированные системы стремятся к состояниям с максимальной энтропией. Ульям Томсон, применяя данное утверждение Клаузиуса ко всей Вселенной, пришел к выводу, что Она должна стремиться к состоянию с максимальной энтропией, которое физики окрестили «термодинамической смертью Вселенной».

Георг Симон Ом (1787–1854) также был вдохновлен работой Жана Батиста Фурье «Аналитическая теория тепла». Из этой теории Ом почерпнул, что механизм «теплового потока», о котором говорит Фурье, можно уподобить электрическому току в проводнике. И подобно тому, как поток тепла объясняется разницей температур в разных точках тел, точно так же Ом объяснил электрический ток разницей потенциалов на концах проводника.

Его современник Иосиф Фраунгофер (1787–1826) осиротел в 11 лет. До 14 лет он не умел ни читать, ни писать, прислуживал мастеру шлифовальных дел. Однажды дом мастера рухнул. Когда Иосифа извлекли из-под обломков, мимо проезжал наследный принц. Он пожаловал юноше значительную сумму денег, которой хватило на покупку шлифовального станка и начало обучения. Всю свою жизнь, спасенную из-под обломков дома шлифовщика, Фраунгофер посвятил совершенствованию шлифовального дела, и в результате он совершенно изменил направление развития практической оптики и довел оптические приборы до такого совершенства, о котором до него нельзя было и мечтать. Но самое главное, что доведенные им до совершенства приборы (в частности, призмы) позволили Фраунгоферу наблюдать в спектре горящей спиртовки яркую желтую линию, известную теперь как «желтая линия натрия». Это, казалось бы, незначительное событие предопределило пути развития всего естествознания XIX и XX вв. Окрыленный столь примечательным наблюдением, Фраунгофер исследовал линейчатый спектр излучения Солнца и обнаружил, что он состоит из множества ярко и слабо выраженных черных линий на фоне всего сплошного цветного спектра. Всего в спектре Солнца он насчитал 574 темные линии. Далее при сопоставлении спектров огня спиртовки и Солнца Фраунгофер обнаружил, что одной из ярко выраженных черных линий спектра Солнца соответствует яркая желтая линия в спектре спиртовки. Позже (через 43 года) Вильям Саван (1828–1914) установил, что наблюдаемая Фраунгофером двойная желтая линия в спектре огня спиртовки обусловлена наличием в нем атомов натрия. Увы, Саван, как и многие до него, не осознал значения этого факта. Он так и не сказал решающих слов: «эта линия принадлежит атомам металла натрия».

К этой чрезвычайно важной мысли пришли сразу два ученых – Густав Роберт Кирхгоф (1824–1887) и Роберт Вильгельм Бунзен (1811–1899). До них спектры излучения Солнца и огня спиртовки исследовались по отдельности.

Кирхгоф и Бузен пропустили через призму сразу два излучения: и от Солнца, и от спиртовки. Если на призму падал только луч Солнца, то они видели спектр Солнца с ярко выраженной темной линией «О» на обычном месте. Эта темная линия оставалась на месте и в случае, когда на пути луча Солнца стояла горящая спиртовка. Но когда на пути лучей Солнца ставили экран и освещали призму только светом спиртовки, то на месте темной линии «О» четко проявлялась яркая желтая линия натрия. Кирхгоф и Бунзен убирали экран – линия «О» вновь становилась темной. Потом они заменяли луч солнца светом от различных раскаленных тел – результат был всегда тот же. То есть пламя спиртовки поглощало те лучи, которые оно излучало. В отношении к линейчатому спектру излучения Солнца это могло означать лишь то, что поверхность Солнца окутана газообразным облаком, состоящим из атомов натрия, поглощающих излучение Солнца с частотой, соответствующей линии «О».

Короткая заметка в две страницы, написанная Кирхгофом в 1859 г., содержала сразу 4 открытия:

– каждый химический элемент имеет свой линейчатый спектр;
– подобные линии можно использовать для анализа состава веществ не только на земле, но и на звездах;
– Солнце состоит из горячего ядра и сравнительно холодной атмосферы из раскаленных газов;
– на Солнце есть натрий.

Вскоре была предпринята экспедиция Французской академии наук в Индию, где при полном солнечном затмении, в тот момент, когда тень от Луны полностью закрыла диск Солнца и наблюдалась лишь его корона, все темные линии в спектре солнца вспыхнули ярким светом.

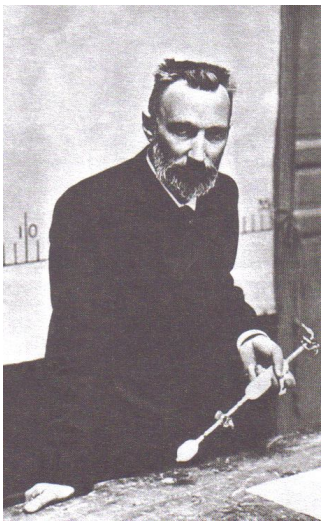
Вильгельм Рентген [141]

Так родился спектральный анализ, позволивший исследовать не только спектр, но и температуру светил. А роль спектрального анализа в области исследования строения вещества вообще невозможно переоценить.

В 1895 году немецкий физик Вильгельм Конрад Рентген (1845 – 1923), работая с катодными лучами, обнаружил, что при столкновении этих лучей со стеклом трубки возникает какое-то излучение. Оказалось, что катодные лучи могут проходить через стекло и другие вещества. Поскольку Рентген не смог определить, какого происхождения это излучение, он назвал его «Х-лучами». Содержащаяся в названии буква «Х» означала «неизвестные». Это название сохранилось и после того, как ученые стали исследовать природу рентгеновских лучей и обнаружили, что по своим свойствам они похожи на свет, но имеют более короткую длину волны, чем свет, видимый глазом [141].

Воодушевленные успехом физики стали повсюду искать рентгеновские лучи. Французский физик Антуан Анри Беккерель (1852 – 1908) заметил, что сульфат урана, выставленный на свет, затем начинал светиться в темноте. Беккерель проверил, не излучает ли это соединение и невидимые лучи, похожие на те, что выходят из рентгеновской трубки. Оказалось, что дело обстоит именно так [141].

Однако в ходе дальнейших исследований, в 1896 году, Беккерель обнаружил, что сульфат урана испускает невидимые, похожие на рентгеновские лучи постоянно, вне зависимости от того, выставляют его на солнечный свет или нет. Затем он выяснил, что эти лучи заставляют чернеть фотопластинку так же, как и обычный свет. Более того, Беккерель показал, что пластинка засвечивалась и в том случае, когда ее заворачивали в черную бумагу. Следовательно, эти лучи проникали через вещество, как и рентгеновские лучи. Беккерель назвал это явление радиацией.



Пьер Кюри (1906 г.) [141]

Развивая наблюдения Беккереля, другие ученые также начали исследовать новое явление. В 1898 году польский (позже французский) физик Мария Склодовская-Кюри (1867 – 1934) и ее супруг Пьер Кюри показали, что источником радиации был именно атом урана и что любое соединение, содержащее этот элемент, испускает рентгеновские лучи. До этого времени уран не становился предметом пристального внимания химиков. Этот относительно редкий металл, который открыл в 1789 году немецкий химик Мартин Генрих Клапрот (1743 – 1817), не имел никакого практического применения, и свойства его так и остались неизученными. Научившись определять атомный вес различных элементов, химики обнаружили, что уран обладает самым высоким атомным весом из всех известных тогда элементов, равным 238 [141].

Только после открытия Беккереля уран стал предметом возрастающего интереса ученых разных стран. Мадам Кюри назвала открытое ею свойство урана «радиоактивностью». Но оказалось, что уран лишь первый из группы радиоактивных элементов. Вскоре выяснилось, что торий, открытый Берцелиусом в 1829 году, также радиоактивен. Атомный вес тория определили равным 232, и он стал вторым по величине после атомного веса урана.

Антуан Анри Беккерель [141]

Почти сразу ученые установили, что, чем бы ни являлось это излучение, оно не однородно по составу. В 1899 году Беккерель и другие показали, что под действием магнита часть излучения отклоняется в противоположном направлении, тогда как другая часть излучается по прямой линии [141].

Постепенно установили, что уран и торий испускают три вида излучения. Один имеет положительный электрический заряд, другой – отрицательный, а третий – не несет никакого заряда. Уроженец Новой Зеландии Эрнест Резерфорд (1871 – 1937) назвал два первых вида радиации «альфа-лучами» и «бета-лучами» по первым двум буквам греческого алфавита. Третий вид вскоре назвали «гамма-лучами» по третьей букве.

Со временем оказалось, что гамма-лучи являются еще одной светоподобной формой излучения, но их волны короче рентгеновских лучей. Альфа- и бета-лучи, переносившие электрические заряды, похоже, оказались потоками заряженных частиц («альфа-частицами» и «бета-частицами»), как и катодные лучи [141].

Действительно, изучив в 1900 году бета-частицы, Беккерель обнаружил, что они идентичны по массе и заряду электронам. Они и были электронами.

К 1906 году Резерфорд уже работал над изучением свойств альфа-частиц. Они несли положительный электрический заряд, вдвое больший, чем отрицательно заряженный электрон. Если электрон нес заряд, который можно условно обозначить как «–», то заряд альфа-частицы оказался «+ +». Альфа-частица оказалась более тяжелой, чем электрон. Она была такой же массивной, как атом гелия (второй из наиболее известных самых легких атомов), и в четыре раза тяжелее атома водорода. Тем не менее, альфа-частица проходила через вещество, чего не могли атомы, поэтому предположили, что она имеет меньший диаметр, чем атомы. Следовательно, несмотря на свою массу, альфа-частица является еще одной субатомной частицей. Теперь стало ясно, что и электроны, и атомы – частицы материи и электричества.

С тех пор как Дальтон сформулировал атомную теорию строения вещества, химики показали, что атомы – основные частицы материи, причем мельчайшие, и их нельзя разделить на нечто меньшее. Однако открытие электрона показало, что все же существуют частицы меньшие, чем атомы. Затем, благодаря исследованиям радиоактивности, удалось обнаружить, что атомы урана и тория сами по себе делятся на меньшие части – электроны и альфа-частицы.

Это означало, что атомы этих, а возможно, и всех остальных элементов состоят из еще более мелких частиц и что одними из этих частиц являются электроны. Следовательно, атом имеет сложное строение, установить которое стремились физики.

1.18.1. Энергия [141]

Я напишу поэму о войне и пусть поэма
выйдет плохой, зато война будет что надо!
Дебре

Алсигна это проект, рассчитанный на грядущее поколение искателей истины, и то, что видавшим виды физикам кажется банальным и хорошо известным – сокрыто для молодых ученых толщей времени. Между тем история научного поиска является весьма поучительной не только с чисто научной точки зрения. Пути научных открытий отмечены Б-ЖЬИМИ Знаками (Алсигнами), которые тем отчетливей проявляются на лице истории, чем с большей высоты грядущего мы на них смотрим. Поэтому здесь практически без изменений приводятся материалы из книги замечательного историка и популяризатора Науки с мировым именем Айзека Азимова «Миры внутри миров» [141].

В 1840 году английский физик Джеймс Прескотт Джоуль (1818 – 1889) начал серию экспериментов, в которых использовал все виды известной ему энергии. В качестве рабочего тела Джоуль выбрал обыкновенную воду. Он подвергал ее нагреванию и точно фиксировал изменение температуры заданного количества воды. Джоуль использовал подъем температуры как меру энергии. К 1847 году Джоуль убедился, что любую форму энергии можно превратить в фиксированное и определенное тепло, то есть определенное количество энергии всегда эквивалентно определенному количеству тепла.

В том же самом году немецкий физик Герман Людвиг Фердинанд фон Гельмгольц (1821 – 1894) пошел еще дальше и определил, что фиксированное количество энергии, представленное в одной форме, равно тому же самому количеству энергии, представленному в другой форме. Энергия может менять форму тем или иным образом, но сохранять общую величину. Ничто не могло быть ни уничтожено, ни создано. Это и оказался «закон сохранения энергии».

Тепло может заставить кипеть воду и привести в движение паровой двигатель. Количество энергии, получавшееся при сожжении дерева, можно было измерить, если поджечь его в замкнутом контейнере, наполненном воздухом, который был бы погружен в установленное количество воды. По поднимающейся температуре воды можно было бы измерить количество выделяемой энергии в единицах, называемых калориями (от латинского слова *calor* – жар). Само приспособление позже было названо калориметром. 1 калория равнялась такому количеству энергии, которое повышает температуру 1 литра воды на 1 градус Цельсия.

В 60-х годах XIX века французский химик Пьер Эжен Марселей Вертело (1827 –1907) проделал тысячи подобных опытов. Его собственные исследования и наблюдения, проведенные другими учеными, ясно показали, что подобная химическая энергия, получившаяся в результате химических перемен в материи, соответствует закону сохранения энергии. Так обстояло дело в последних десятилетиях XIX века.

Молекулы состоят из комбинации атомов. Внутри молекул атомы более или менее тесно связаны друг с другом. Чтобы разделить молекулу на отдельные атомы, преодолевая сопротивление сил, удерживающих их вместе, требуется затратить определенное количество энергии.

Если, предварительно отодвинув атомы друг от друга, им разрешают вновь собраться вместе, они отдают энергию. Количество отдаваемой ими энергии точно соответствует той энергии, которую они должны были набрать для своего разделения.

Сказанное справедливо в отношении всех веществ. Скажем, газ водород, встречающийся на земле, существует в виде молекул, каждая из которых состоит из 2 атомов водорода и описывается формулой H_2. Добавьте определенное количество энергии и разъедините атомы, затем позвольте им снова собраться вместе в виде парных молекул, и добавленная энергия возвратится. То же самое касается молекулы кислорода, которая состоит из 2 атомов кислорода (O_2), и молекулы воды (H_2O).

Всегда количество энергии, поглощаемое во время одного процесса, отдается во время другого процесса. Поглощаемое и отдаваемое количество энергии абсолютно равны. Однако у каждого элемента величина энергии своя. Очень сложно разделить молекулы водорода, а еще сложнее расщепить кислород. Для того чтобы разделить молекулу кислорода, приходится использовать примерно на 12% больше энергии, чем для разделения молекулы водорода. Естественно, что, когда 2 атома кислорода соединяются, чтобы образовать молекулу кислорода, им требуется вернуть на 12% больше энергии, чем отдавали 2 атома водорода, которые должны собраться вместе, чтобы образовать молекулу водорода.

Для того чтобы разделить молекулу воды на отдельные атомы, требуется такое же количество энергии, которое необходимо для разделения молекул водорода или кислорода. Естественно, что такое же количество энергии вернется, когда атомы водорода и кислорода снова соединятся в молекулу воды.

Дальше представим разделение молекул водорода и кислорода на атомы водорода и кислорода и затем объединение их для образования молекул воды. Некоторое количество энергии вводится в систему, чтобы расщепить молекулы кислорода и водорода, но затем гораздо большее количество энергии выделяется, когда образуются молекулы воды.

Именно поэтому огромное количество энергии (в основном в форме тепла) отдают струи газов водорода и кислорода, когда их соединяют таким образом, чтобы они образовывали воду. Простого смешивания водорода и кислорода недостаточно. Молекулы водорода и кислорода должны быть разделены, и это потребует немного энергии. Энергии, заключенной в пламени спички, достаточно, чтобы нагреть смесь и заставить молекулы и кислорода и водорода двигаться более быстро и более энергично. При этом возрастает вероятность того, что некоторые молекулы будут разделяться на отдельные атомы (хотя сам процесс происходит достаточно сложно). Только после этого атом кислорода может соединиться с молекулой водорода, образовывая воду ($O + H_2 = H_2O$), и при этом выделяется гораздо большая энергия, чем та, что выделилась при зажжении спички. Температура поднимается еще выше, и дальнейшие столкновения атомов водорода и кислорода происходят еще чаще. Все это происходит снова и снова, так что за очень короткое время температура оказывается очень высокой, и кислород и водород соединяются, образуя воду в огромном количестве. Если огромное количество кислорода и водорода перемешивалось уже в самом начале, то сила реакции оказывалась такой мощной, что мог произойти взрыв.

Подобную ситуацию, при которой каждая реагирующая частичка системы увеличивала в ходе реакции энергию системы и вызывала еще более интенсивную реакцию, подобную той, что вызывала сама, назвали цепной реакцией. Скажем, поднесенное к одному концу листа бумаги пламя спички вызовет загорание этого конца. Тепло от сгорания воспламенит соседнюю часть

листа, и так будет происходить до тех пор, пока весь лист бумаги не сгорит. Вот почему дымящийся окурок сигареты может спалить весь лес, вызывая полное разрушение в ходе цепной реакции.

Обнаружение структуры атома позволило лучше представить химическую энергию.

В 1904 году немецкий химик Ричард Абегг (1869 – 1910) впервые предположил, что в молекуле все атомы удерживаются вместе благодаря переходам электронов от одного атома к другому.

Для того чтобы понять механизм такого действия, следовало заметить, что электроны в атоме существовали в виде ряда оболочек. Находящаяся в самой глубине оболочка могла содержать только 2 электрона, следующая 8, последующая 18 и т. д. Оказалось, что одни уровни электронной оболочки более устойчивы, чем другие. Если внутренняя оболочка содержала электроны, то она заполнялась лишь 2 электронами, которые только и могла удерживать, находясь в стабильном состоянии. Если атом содержал электроны в более чем одной оболочке, то на наружной оболочке могло удерживаться до 8 электронов, причем ее состояние также оказывалось стабильным.

Так, атом гелия содержал только 2 электрона, заполнявшие внутреннюю оболочку, и его состояние было настолько устойчивым, что гелий не участвовал ни в каких химических реакциях. Атом неона имел 10 электронов (2 во внутренней оболочке, 8 – в следующей за ней) и также не вступал в реакции. Атом аргона имел 18 электронов (соответственно 2, 8 и 8) и также был весьма стабильным.

Но если атом не имел своих электронных оболочек, то они могли легко заполняться. Атом натрия имел 11 электронов (соответственно 2, 8 и 1), в то время как атом фтора – 9 (2 и 7). Если атом натрия отдавал один из своих электронов атому фтора, то оба могли иметь такую же стабильную форму, как неон (2 и 8). Благодаря этому они достаточно часто вступали в реакции.

Если они действительно происходили, атом натрия минус 1 электрон мог составлять положительно заряженную единицу и превращаться в Ka^{+}, то есть положительно заряженный ион. Фтор с 1 электроном со временем становится P , то есть отрицательно заряженным ионом. 2 иона с противоположными зарядами притягиваются, и таким образом может сформироваться молекула фторида натрия NaF).

В 1916 году американский химик Гилберт Ньютон Льюис (1875 – 1946) развил это положение. Он показал, что атомы могли соединяться не только в результате полного перемещения одного или более электронов, но благодаря распределению пар электронов. Это распределение происходило только в том случае, когда атомы располагались достаточно близко друг к другу, и требовалось затратить энергию, чтобы отделить их и разрушить соединение, точно гак же, как требовалась энергия, чтобы разделить 2 иона, избавив от притяжения противоположных зарядов.

Таким образом, смутное представление об атомах, прилипающих друг к другу в молекулах и с силой разделяемых, уступило место более точной картине электронов, которые переносились или разделялись. Происходившие с электронами изменения могли быть точно описаны математически с помощью системы, которая получила название квантовой механики, и таким образом химия сделалась более точной наукой, чем раньше.

Самая серьезная проблема, связанная с законом сохранения энергии, касалась Солнца. До 1847 года ученые не рассматривали проблемы, связанные с солнечным светом. Солнце испускает огромную энергию, но ее относили к природным свойствам Солнца, и это казалось настолько же очевидным, как и вращение Земли вокруг ее оси.

Однажды Гельмгольц заявил, что энергию нельзя ни создать, ни уничтожить, но не смог определить источник солнечной энергии. Вопрос находился за пределами человеческого познания, ибо Солнце испускает тепло и свет, внешне никак не меняясь. Так было со времен начала цивилизации и, как определили биологи и геологи, длилось в течение многих веков. И все же откуда бралась солнечная энергия?

Солнце казалось огненным шаром. Так ли это на самом деле? Является ли Солнце огромным горящим шаром, превращающим химическую энергию в тепло и свет?

Известны были и масса Солнца, и величина производимой им энергии. Предположим, что солнечная масса представляла собой смесь кислорода и водорода и она сжигалась достаточно быстро для того, чтобы выпускать энергию с заданной скоростью. Если все сказанное обстояло именно так, то вся масса кислорода и водорода была бы израсходована за 1500 лет. Никакая химическая реакция, происходившая на Солнце, не могла бы продолжаться до наших дней со времен древних пирамид, а ведь Солнце существовало и во времена динозавров.

Существовал ли некий источник энергии, превосходящей химическую энергию? А как насчет энергии движения? Гельмгольц предположил, что метеориты могут падать на Солнце с постоянной скоростью. Возникавшая при их столкновении энергия и вызывала свечение Солнца до тех пор, пока не иссякала энергия метеоритов, и все это могло продолжаться на протяжении миллиона лет.

Однако все это означало, что солнечная масса будет меняться постоянно и то же самое происходит с грави-

тационной силой. Но если солнечное гравитационное поле менялось постоянно, то продолжительность земного года также должна меняться в определенной степени, но этого не происходило.

В 1854 году Гельмгольц предположил, что Солнце постепенно сжимается. Его внешние слои постепенно уходят внутрь, и выделявшаяся при этом энергия превращается в тепло и свет. Более того, получаемая энергия никак не влияет на изменение массы Солнца.

Гельмгольц установил, что сжатие Солнца на протяжении 6000 лет документально зафиксированной истории могло уменьшить его диаметр всего на 560 миль, и эти перемены нельзя обнаружить невооруженным глазом. Благодаря развитию техники изготовления телескопов, происходившему на протяжении двух последних столетий, удалось установить, что изменение размера Солнца составляло только 23 мили, и во времена Гельмгольца еще нельзя было определить этого точно.

Дальнейшие исследования показали, что примерно 25 миллионов лет тому назад Солнце обладало такими размерами, что могло заполнить земную орбиту. Очевидно, что в то время сама Земля еще не существовала. В этом случае максимальный возраст Земли составлял только 25 миллионов лет.

С таким выводом не могли согласиться геологи и биологи, также озабоченные этой проблемой. Медленные перемены, происходившие в земной коре и в ходе эволюции жизни, позволяли сделать такой вывод: для того чтобы на Земле могли появиться живые организмы и развились современные формы жизни, Солнце должно было давать тепло и свет в течение, по крайней мере, многих сотен миллионов лет.

Это означало, что надо искать какой-то другой способ определения запасов солнечной энергии. Или закон сохранения энергии (что маловероятно) неверен, или скрупулезно собранные данные геологов и биологов ложны (что тоже маловероятно), или существовал какой-то еще более мощный источник энергии, чем те, что были известны в XIX веке, от которого зависело существование самого человечества (и это также представлялось маловероятным).

Однако какая-то из упомянутых выше возможностей должна была оказаться верной. И наконец, в 1896 году произошло открытие явления радиоактивности.

Только со временем ученым стало ясно, что радиоактивность связана с выделением энергии. Сегодня мы знаем, что испускаемые ураном гамма-лучи оказались в сотни тысяч раз более энергетическими, чем обыкновенные световые лучи. Более того, альфа-частицы излучались со скоростью порядка 30 000 километров в секунду, в то время как более легкие бета-частицы, возможно, испускались со скоростью порядка 250 000 километров в секунду (что составляло примерно 0,8 скорости света).

Вначале общая энергия, испускаемая радиоактивными веществами, представлялась такой небольшой, что казалось, не стоит тратить на нее время. Общее количество энергии радиоактивного излучения, освобождаемой граммом урана в 1 секунду, казалось незначительной частью энергии, освобождаемой при горении свечи.

Однако через несколько лет выяснилось кое-что еще. Действительно, масса урана давала очень мало энергии за секунду времени, но она продолжала испускать ее секунда за секундой, день за днем, месяц за месяцем и год за годом без заметных изменений. Освобождаемая ураном энергия за столь длительное время оказывалась поистине огромной. И наконец, стало ясно, что масса урана, из которой создавалась эта огромная энергия, пусть даже невероятно медленно, на протяжений 45 миллиардов лет (!), уменьшалась за это время всего лишь наполовину.

Если всю энергию, образуемую граммом урана посредством его радиоактивности на протяжении многих миллионов лет, удалось бы собрать, то она оказалась бы намного больше, чем энергия, вызываемая горением свечи массой, равной той, которой обладал уран.

Давайте попробуем подойти к предмету нашего исследования с другой стороны. Тогда мы должны представить, что 1 атом урана разбивается и при этом выстреливается альфа-частица. Мы также подумаем и об 1 атоме углерода, соединяющемся с 2 атомами кислорода, чтобы образовать углекислоту (углекислый газ). Получается, что атом урана, чтобы разложиться, должен отдать в 2 миллиона раз больше энергии, чем потребуется для соединения атома углерода.

Энергия радиоактивности оказалась в миллионы раз более мощной, чем энергия, выделяющаяся в ходе химических реакций. Разумное человечество оставалось в неведении относительно явления радиоактивности, но было очень хорошо знакомо с химическими реакциями. Для этого имелось несколько причин.

Во-первых, самые общие радиоактивные процессы протекали настолько медленно, что их огромная энергия выделялась в течение необычайно продолжительного периода времени, так что ее количество, выделяемое в секунду, казалось несущественным для какого-либо практического применения.

Во-вторых, химические реакции легко контролируются посредством изменения количества веществ, их концентрации, температуры, давления, состояния, перемешивания и т. д. За ними легко наблюдать, контролировать их и изучать. Скорость радиоактивных процессов нельзя было изменить. Уже на ранних этапах исследования удалось обнаружить, что распад урана-238, например, не может быть ускорен ни нагреванием, ни повышением давления, ни воздействием каких-либо химических веществ, ни каким-либо образом еще. В любых условиях он продолжает оставаться неправдоподобно медленным.

Но, несмотря на все вышесказанное, радиоактивность, наконец, была обнаружена и интенсивность ее энер-

гии была распознана и отмечена в 1902 году Марией Склодовской-Кюри и ее мужем Пьером Кюри (1859 – 1906).

И все же откуда берется энергия при радиоактивном излучении? Может ли она приходить извне? Могут ли каким-либо образом радиоактивные атомы собирать энергию из внешней среды, концентрировать ее, «сгустив» в миллион раз, и затем выпускать?

Для того чтобы сконцентрировать энергию подобным образом, необходимо было нарушить то, что принято называть вторым законом термодинамики. Впервые этот закон сформулировал в 1850 году немецкий физик Рудольф Юлиус Эммануил Клаузиус (1822 – 1888), и он оказался настолько полезным, что физики долго не осмеливались заявить о его несоблюдении, пока им наконец не пришлось это сделать.

Другое предположение было связано с тем, что радиоактивные атомы создавали энергию из ничего. Это, конечно, противоречило закону сохранения энергии (так называемому первому закону термодинамики), что физики также не могли допустить.

Им оставалось лишь предположить, что нечто внутри атома было источником энергии, остававшейся неизвестной человеку до тех пор, пока не была открыта радиоактивность. Одним из первых к такому выводу пришел уже упомянутый нами Анри Беккерель.

Возможно, вначале показалось, что только радиоактивные элементы могли обладать подобным запасом энергии где-то внутри атома, но в 1903 году Резерфорд предположил, что все атомы имели обширный энергетический запас, спрятанный внутри них. Просто атомы урана и тория отдавали эту энергию легче других, что делало их особенными.

Но если внутри атомов существует обширный запас энергии, то можно предположить, что именно здесь таится разгадка происхождения солнечной энергии. Уже в 1899 году американский геолог Томас Чемберлен (1843 – 1928) высказал предположение о существовании связи между радиоактивностью и солнечной энергией.

Он предположил существование на Солнце этого недавно обнаруженного источника энергии (конечно, вовсе не обязательно традиционно радиоактивного, но в миллионы раз более мощного, чем химическая энергия), благодаря которому Солнце выделяет энергию миллионы лет без явных физических изменений, как и уран, практически не меняющийся со временем. Но тогда Солнце вовсе не сжимается и не должно было заполнять земную орбиту 25 миллионов лет тому назад.

Возможно, нам все это кажется удивительным. Но следует учесть, что в 1900 году структура атома была еще практически не исследована и ученые только предполагали существование этой новой энергии. Никто не имел ни малейшего представления о том, что собой представляет или чем может являться атом, в котором размещается эта энергия. Был повод говорить только о существовании «внутри атома» чего-то, что впоследствии назвали «атомной энергией».

После 1900 года физики, наконец, осознали, что внутри атома существует огромный, практически неисчерпаемый запас энергии. Первоначально казалось невозможным, что абсолютная величина запаса энергии в атоме в миллион раз превышала химическую энергию. Однако после проведения серии исследований, первоначально никак не связанных с данной проблемой, этот вывод уже не выглядел таким невероятным.

Американский физик Альберт Майкельсон (1852 – 1931) изобрел интерферометр, точный прибор, с помощью которого можно было сравнивать скорости двух пучков света с большой точностью. В 1887 году Майкельсон и его помощник, химик Эдвард Морли (1838 – 1923) попытались измерить относительные скорости света, используя пучки света, направляемые в разные стороны. Часть этой работы была проведена в Американской морской академии, а другая в Институте Кейза.

Результаты эксперимента Майкельсона – Морли оказались неожиданными. Оказалось, что скорость света всегда остается постоянной. Не имело значения, каково было направление луча, устремлялся ли он в направлении движения Земли, в противоположном или под каким-либо углом относительно поверхности земли — скорость света всегда оказывалась одной и той же.

Объяснение этого явления предложил немецкий ученый Альберт Эйнштейн (1879 – 1955), который в 1905 году сформулировал положения специальной теории относительности.

В соответствии с выводом Эйнштейна, ни один предмет, обладающий массой, не может двигаться быстрее скорости света. Более того, если объект начинает двигаться все быстрее и быстрее, его величина в отношении движения (как будет казаться неподвижному наблюдателю) становится меньше и меньше, в то время как масса продолжает расти.

Немецкий физик Альфред Генрих Бухерер (1863 –1927) сообщил в 1908 году, что масса электрона, движущегося с огромной скоростью, увеличивается именно так, как было предсказано в гипотезе Эйнштейна. Многочисленные исследования, проведенные в последующие годы с достаточно большой точностью, подтвердили увеличение массы за счет энергии. Предложенная Эйнштейном специальная теория относительности была подтверждена во множестве экспериментов и принята современными физиками.

Из теории Эйнштейна были сделаны и более далеко идущие выводы. Ученый показал, что масса является формой энергии. Он вывел их количественное соотношение («уравнение массы – энергии»), которое выглядит следующим образом:

$$E = mc^2,$$

где E – энергия, m – масса, c – скорость света.

Если масса измеряется в граммах, а скорость света в сантиметрах в секунду, то равенство приведет к единице энергии, названной эргом. Оказалось, что 1 грамм массы равен 900 миллиардам миллиардов эргов энергии. 1 эрг содержит совсем немного энергии, но 900 миллиардов миллиардов – это уже весьма внушительное количество.

Энергия 1 грамма массы может обеспечить горение 100-ваттной лампочки на протяжении 35 тысяч лет.

Значительная разница между массой и соответствующей ей энергией многие годы вызывала недоверие к соотношению, выведенному Эйнштейном. Когда происходит химическая реакция, также высвобождается энергия, но масса материалов, вступающих в реакцию, меняется очень незначительно.

Предположим, в частности, что сожгли галлон (около 4,5 литра) бензина. Он имеет массу 2800 граммов и, чтобы образовать углекислый газ и воду, соединяется примерно с 10 000 граммами кислорода, выделяя при этом 1,35 миллиона миллиардов эргов энергии. Этого количества энергии достаточно, чтобы проехать на автомобиле примерно 25 – 30 километров. Но, согласно уравнению Эйнштейна, вся эта энергия равна всего лишь миллионной доле грамма. Это значит, что в ходе сгорания масса 12 800 граммов исходных материалов уменьшилась на эту самую миллионную и долю грамма, которая была отдана в качестве энергии.

Никакой прибор, известный химикам XIX века, не смог бы обнаружить такую крошечную потерю массы по отношению к огромному целому. Неудивительно, что начиная со времен Лавуазье ученые считали, что закон сохранения массы соблюдается неукоснительно.

Радиоактивный распад атомов сопровождается гораздо большим выделением энергии, чем химические реакции, и средняя потеря массы соответственно оказывается выше. Потеря массы при распаде радиоактивных элементов точно соответствует выделению энергии в том количестве, как предсказывал Эйнштейн.

После 1905 года физики перестали рассматривать закон сохранения энергии, хотя химики без проблем продолжали его использовать, ибо при обычных химических реакциях исходная масса сохранялась. Они стали говорить о законе сохранения энергии и учитывать, что масса являлась только одной и весьма концентрированной формой энергии.

Уравнение массы – энергии точно объяснило, почему атом мог содержать такой огромный заряд энергии. И в самом деле, удивительно, что в ходе радиоактивных изменений выделялось так мало энергии. И все же, когда атом урана постепенно менялся, превращаясь в атом свинца, выделялось в миллион раз больше энергии, чем при самых интенсивных химических реакциях. Вся эта огромная энергия, выделявшаяся в ходе радиоактивного распада, составляла примерно половину 1% всей энергии, которой была эквивалентна масса атома урана.

После создания Резерфордом теории строения атома стало ясно, что источник энергии радиоактивности, скорее всего, находится в атомном ядре.

В 1934 году Энрико Ферми начал первые эксперименты, связанные с бомбардировкой урана нейтронами, эксперименты, которые изменили мир.

Ферми обнаружил, что медленные нейтроны, обладавшие очень малой энергией, легко поглощались атомным ядром, гораздо легче, чем поглощались быстрые нейтроны, и еще быстрее, чем заряженные частицы.

Часто случалось так, что нейтрон просто поглощался ядрами. Поскольку нейтрон имел массовое число 1 и атомное число 1 (потому что был не заряжен), ядро, поглотившее нейтрон, оставалось изотопом того же самого элемента, но его массовое число возрастало.

Давайте предположим, что нейтроны использовались для того, чтобы бомбардировать водород-1, который тогда захватывал один из нейтронов. Из единичного протона он превращался в протон плюс нейтрон, из водорода-1 – в водород-2. Образовавшееся в процессе новое ядро приобретало большую энергию, которая испускалась в форме гамма-луча.

Иногда более массивный изотоп, который формировался в ходе поглощения нейтрона, оставался стабильным, как, например, водород-2. Иногда он не был стабильным, а был, напротив, радиоактивным. Поскольку к нему добавлялся нейтрон, он имел слишком много нейтронов, не позволявших ему оставаться стабильным. Чтобы вновь обрести стабильность, он испускал бета-частицу (электрон), что и превращало один из нейтронов в протон. Массовое число оставалось тем же, но атомный номер возрастал на единицу.

Скажем, элемент родий, имевший атомное число 45, имел только 1 стабильный изотоп с массовым числом 103. Если родий-103 (45 протонов, 58 нейтронов) поглощал нейтрон, он становился родием-104 (45 протонов, 59

нейтронов), который не был стабильным. Родий-104 поглощал бета-частицу, превращая нейтрон в протон, так что ядро теперь состояло из 46 протонов и 58 нейтронов. Получался родий-104, который был стабильным.

Приведем еще один пример. Поглотив нейтрон, индий-115 (состоит из 49 протонов, 88 нейтронов) становится индием-116 (49 протонов, 67 нейтронов), затем, отдав бета-частицу, становится оловом-116 (50 протонов, 66 нейтронов), которое является стабильным.

Существует более 100 изотопов, поглощающих нейтроны и в конце концов становящихся изотопами элементов, занимающих место на одну строчку выше в шкале атомных номеров. Ферми удалось наблюдать несколько таких случаев. Осуществив задуманное, он задумался над тем, что произойдет, если бомбардировать нейтронами уран. Возрастет ли атомный номер изотопа с 92 до 93? Если это действительно произойдет, то случай можно считать уникальным, поскольку у урана самый высокий атомный номер в шкале. Никому не удавалось обнаружить образец элемента с номером 93, потому что его не существовало в природе. Это значит, что его можно было только создать в лаборатории.

Поэтому в 1932 году Ферми продолжал бомбардировать уран нейтронами, надеясь получить атомы 93-го элемента. Нейтроны поглощались, то, что образовывалось, выпускало бета-частицы, следовательно, не приходилось сомневаться в существовании 93-го элемента. Но затем элемент испускал четыре разных типа бета-частиц (различных по содержавшейся в них энергии) и дело окончательно запутывалось. Ферми никак не удавалось точно определить существование атомов 93-го элемента, впрочем, и другие исследователи также не могли этого сделать. Постепенно он занялся другими проблемами, которые оказались гораздо более существенными.

Прежде чем рассказать о них, заметим, что в результате опытов Ферми действительно образовывался элемент 93, хотя ученый так и не смог этого подтвердить. Только в 1939 году американские физики Эдвин Макмиллан и Филипп Абельсон, бомбардируя уран медленными нейтронами, смогли определить 93-й элемент.

Поскольку уран был назван в честь планеты Уран, новый элемент, следующий за ураном, соответственно назвали в честь планеты Нептун, которая располагалась за Ураном. 93-й элемент стали называть нептунием.

Как говорится, что ожидали, то и получили. Атом урана-238 (92 протона, 146 нейтронов) поглощал нейтрон, превращаясь в уран-239 (92 протона, 147 нейтронов), а затем, испустив бета-частицу, превращался в нептуний-239 (93 протона, 146 нейтронов).

Фактически нептуний также испускал бета-частицы, так что ему было суждено стать изотопом элемента, занимавшего еще более высокую строчку в цифровой шкале. Этот новый, 94-й элемент был назван плутонием в честь планеты Плутон, расположенной за Нептуном. Изотоп, плутоний-239, образовавшийся от нептуния-239, оказался единственным слабо радиоактивным, однако его не удавалось определить вплоть до 1941 года.

На самом деле открытие плутония произошло годом ранее, когда впервые получили нептуний-238. Он испускал бета-частицу и превращался в плутоний-238, изотоп, оказавшийся достаточно радиоактивным, чтобы его удалось обнаружить и определить, что и сделали Гленн Сиборг (1912 – 1999) и его помощники, которые завершили эксперименты Макмиллана, когда того отозвали для выполнения других, военных разработок.

Нептуний и плутоний оказались первыми трансурановыми элементами, полученными в лаборатории, но далеко не последними. На протяжении последующих 30 лет были найдены изотопы, которые обладали большим числом протонов в ядрах и, следовательно, имели большие атомные номера. К началу третьего тысячелетия были обнаружены изотопы каждого элемента вплоть до 105-го номера.

Ряд полученных новых элементов назвали в честь ученых, внесших свой вклад в историю ядерных исследований. 96-й элемент назвали «кюрием» в честь Пьера и Марии Кюри, 99-й элемент – эйнштейнием (в честь Альберта Эйнштейна), 100-й – фермием (в честь Энрико Ферми), 101-й элемент получил название «менделевий» в память о русском химике Дмитрии Менделееве, который еще в 1869 году оказался первым, кто предложил разумный и полезный порядок расположения элементов. Элемент 103 (лоуренсий) назван в честь Э. Лоуренса, элемент 104 («резерфордий») – Э. Резерфорда (в учебниках по химии советских времен 104-й элемент называется курчатовий в честь выдающегося советского физика Игоря Васильевича Курчатова (1903 – 1960)), элемент 105 (ханий) – в честь Отто Хана (1879 – 1968), немецкого физика и химика.

Однако нептуний не оказался первым новым элементом, созданным в лаборатории. В начале 1930-х годов оставались еще 2 элемента с относительно низкими атомными номерами, которые не были обнаружены. Это элементы с атомными номерами 43 и 61. В 1937 году в лаборатории Лоуренса в Соединенных Штатах подвергли нейтронной бомбардировке молибден (атомный номер 42). В результате проведенного эксперимента было получено небольшое количество 43-го элемента. Работавший с Ферми итальянский физик Эмилио Сегре (1905 – 1989) получил образец подвергшегося бомбардировке молибдена и доказал существование элемента 43. Он стал первым новым элементом, произведенным искусственным путем, поэтому его назвали технецием, от греческого слова «искусственный».

Полученный изотоп технеция оказался радиоактивным. Действительно, все изотопы технеция радиоактивны. Обнаруженный в 1945 году 61-й элемент, названный прометием, также не имел стабильных изотопов. Технеций и прометий являются единственными элементами с атомными номерами; меньше чем 84, у которых нет ни одного стабильного изотопа.

После того как Ферми доложил о результатах своих исследований, другие физики повторили его наблюде-

ния и также получили разнообразные бета-частицы. Но никто из них так и не смог объяснить причину данного явления.

Один из путей для выяснения того, что происходило, заключался в добавлении к системе какого-либо стабильного элемента, который в химическом отношении оказывался бы похожим на крошечные следы радиоактивных изотопов, получавшиеся в ходе бомбардировки урана. После опыта стабильный элемент отделялся от смеси и, возможно, уносил с собой радиоактивный след. Другими словами, этот элемент должен был стать «носильщиком».

Среди тех, кто работал над проблемой, оказались немецкий физик Отто Хан и его помощница Лиза Мейтнер (1878 – 1968). Испытывая разные элементы, они добавили к урану барий с атомным номером 56. Выделив элемент из смеси, они обнаружили, что значительная часть радиоактивности действительно связана с барием. Ученые вполне естественно предположили, что радиоактивность вызвана присутствием какого-то радиоактивного изотопа. Наиболее вероятным претендентом оказался радий (атомный номер 88), который очень напоминал барий, в том числе и по химическим свойствам. Однако обстоятельства сложились так, что они не смогли продолжить эту работу.

Лиза Мейтнер и Отто Хан [141]

Лиза Мейтнер была еврейкой и после 1933 года могла работать в Германии только потому, что оставалась гражданкой Австрии. После того как в марте 1938 года Германия вторглась в Австрию, ставшую частью немецкого государства, австрийское гражданство более не защищало Мейтнер, и ей пришлось уехать. Она переехала в столицу Швеции, Стокгольм. Хан остался в Германии и продолжал работу над той же проблемой, но уже с немецким физиком и химиком Фрицем Штрассманом.

Прежде всего, они попытались разделить радий и барий. Хотя эти элементы обладали похожими химическими свойствами, между ними были и различия. Хан и Штрассман попытались изолировать радиоактивные изотопы, собрать их и детально исследовать. Но сколько ни пытались, разделить барий и предполагаемый радий им так и не удалось.

Наконец Хан понял, что невозможность разделения бария и радиоактивного изотопа означает, что никаких изотопов другого элемента нет и радиоактивным стал сам барий. Однако он не решался обнародовать свои результаты, потому что предположение показалось ему слишком невероятным.

Атомный номер радия был равен 88, всего лишь на 4 меньше, чем у урана, чей атомный номер составлял 92. Можно было предположить, что поглощенный ядрами урана нейтрон обусловил нестабильное состояние последнего, заставив барий выпустить 2 альфа-частицы и превратиться в радий.

Но ведь барий имел атомный вес 56, что составляло чуть более половины атомного веса урана. Значит, ядро урана могло превратиться в ядро бария, только разделившись надвое. Но никто еще не наблюдал ничего подобного, поэтому Хан и отказывался поверить в происходящее.

Лиза Мейтнер, находившаяся в Стокгольме, получила сообщение о том, что происходило в лаборатории Хана. Размышляя над всеми обстоятельствами, она решила, что не следует оглядываться по сторонам, а нужно найти одно-единственное объяснение. Ядра урана действительно разбивались на половинки.

Получилось так, что, испытав настоящий научный шок, один исследователь перестал думать о проблеме, другому же случившееся вовсе не показалось невероятным. Ядерные силы действуют на столь малом расстоянии, что их едва хватает на удержание таких огромных ядер, как у урана. В спокойном состоянии он действительно остается стабильным, но при добавлении хотя бы одного нейтрона равновесие нарушается и ядро превращается в нечто похожее на колеблющуюся каплю жидкости.

Однако иногда ядра урана удерживают нейтрон, испускают бета-частицу и возвращаются в стабильное состояние. В других случаях ядерные силы не могут удержать их. Ядро приобретает форму гантели, и электромагнитное отталкивание обоих половинок (в данном случае положительно заряженных) разбивает ядро надвое. Но это вовсе не равные части. В результате деления получаются самые разные сочетания фрагментов (если происходит несколько разрушений). И все же чаще уран разбивается на барий и криптон (с соответствующими ядерными номерами 56 и 36, в сумме равными 92).

Лиза Мейтнер и ее племянник Отто Фриш (1904 – 1979), работавший в столице Дании Копенгагене, в январе 1939 года напечатали сообщение обо всем происшедшем. Экземпляр статьи Фриш передал датскому физику Нильсу Бору (1885 – 1962), с которым тогда работал. Американский биолог Уильям Арнольд, также работавший в то время в Копенгагене, предложил назвать расщепление атомных ядер на половинки делением, по аналогии с процессом деления клеток. Термин прижился и вошел в употребление.

В январе 1939 года, как раз к тому времени, когда было опубликовано сообщение Мейтнер и Фриша, Бор

прибыл в США на конференцию физиков. Сообщение Бора о результатах работ Хана и Мейтнер вызвало потрясение среди американских ученых. Проверкой этой гипотезы занялись во многих лабораториях. Через несколько недель факт ядерного деления подтвердили несколько исследователей.

Самым поразительным оказался тот факт, что в ходе деления ядра освобождалось огромное количество энергии. В принципе всегда происходило так, что очень массивные ядра превращалась в ядра с меньшим весом, и из-за этого освобождалась энергия. Такую возможность Астон показал еще в 1920-х годах.

Когда ядра урана разбивались в ходе обыкновенных радиоактивных процессов и становились менее массивными ядрами свинца, то соответственно освобождалась и энергия. Однако когда ядра разбивались на два, чтобы превратиться в менее массивные ядра бария и криптона (или в другие, расположенные рядом в таблице), то отдавалось намного больше энергии.

Вскоре выяснили, что в ходе деления урана отдавалось примерно в десять раз больше ядерной энергии, чем в ходе всех других известных в то время ядерных реакций. Даже при условии, что каждый нейтрон, столкнувшийся с атомом урана, вызывал деление этого атома, количество энергии, освобожденной в ходе деления урана, было всего лишь крошечной частью энергии, что использовалась для получения нейтронов, вызывавших деление.

В этой ситуации оставалось в силе предположение Резерфорда, что человечество никогда не сможет воспользоваться возможностями ядерной энергии (Резерфорд умер за два года до открытия деления атомного ядра).

Однако в дальнейшем оказалось, что при определенных условиях это далеко не так.

Выше мы обсуждали цепные реакции, во время которых выделялась химическая энергия. После запуска реакции выделялась энергия, достаточная для развития реакции в соседней секции системы, которая, в свою очередь, производила новую энергию и т. д. Подобно тому как пламя одной спички может заставить гореть листок, от которого воспламенится весь лес, отданная горящим лесом энергия во много раз превысит энергию вспыхнувшей спички.

Ганс Гейгер (слева) и Эрнст Резерфорд в Манчестерском университете (примерно 1910) [141]

А может ли подобный процесс происходить при цепной ядерной реакции? Можно ли инициировать ядерную энергию, которая будет поддерживать сама себя и развиваться до бесконечности?

Для того чтобы вызвать такую реакцию, нужен всего лишь один нейтрон, то есть требуется ничтожная затрата энергии. В то же время в ходе распада ядер выделится огромное количество энергии. Значит, такая реакция может принести огромную выгоду.

Более того, поскольку цепная ядерная реакция развивается с огромной скоростью, распространяясь за миллионные доли секунды, и за кратчайший промежуток времени разбивается так много ядер, процесс приобретает форму взрыва. Его мощность в миллионы раз превысит обыкновенные химические реакции, при которых задействовано то же самое количество взрывчатых материалов, поскольку в них используется только электромагнитное взаимодействие, в то время как в первом случае используется гораздо более сильное ядерное взаимодействие.

Впервые о подобной ядерной реакции задумался венгерский физик еврейского происхождения Лео Сциллард (1898 – 1964). Он работал в Германии и в 1933 году, когда пришел к власти Адольф Гитлер, был вынужден покинуть страну. Сциллард отправился в Великобританию и там в 1934 году открыл существование нескольких новых типов ядерных реакций.

Сциллард показал, что быстрые нейтроны могли поразить ядро с такой энергией, что при этом выделялись 2 нейтрона. Тогда, поглотив 1 нейтрон и выпустив 2 ядра, они становились более легкими изотопами того же самого элемента. Но что произойдет, если каждый из 2 выпущенных нейтронов из первоначального ядра, подвергшегося бомбардировке, ударит новое ядро и побудит выделение по паре нейтронов из каждого? Тогда получится всего 4 нейтрона, разбежавшиеся по территории, и с каждым новым ударом нового ядра станет образовываться уже теперь 8 нейтронов и так далее по нарастающей. Другими словами, единичный нейтрон может стать причиной образования миллионов нейтронов, каждый из которых в свою очередь инициирует ядерную реакцию.

Предчувствуя приближение войны, Сциллард опасался, что лидеры Германии могут использовать ядерную цепную реакцию для изготовления сверхмощного оружия. Поэтому он тайно запатентовал свое открытие, надеясь, что цепную реакцию удастся использовать и в полезных целях. Передав своё изобретение британскому правительству, Сциллард надеялся, что, обладая им, оно сможет обуздать нацистов и сохранить мир.

Однако это не сработало. Чтобы вызывать выделение 2 нейтронов, требовался удар весьма высокоэнерге-

тичного нейтрона. В противном случае выделившиеся из ядер нейтроны просто не обладали достаточной энергией, чтобы вызвать ядерную реакцию (происходящее можно сравнить с попыткой поджечь спичкой отсыревшее полено).

Но как насчет деления урана? Оно вызывалось медленными нейтронами. Что будет, если в ходе деления урана также появятся нейтроны, аналогично расщеплению ядер при нейтронной бомбардировке? Разве не могли эти нейтроны вызывать деление новых ядер, что приводило к образованию новых нейтронов, и так далее, до бесконечности?

Все это казалось весьма вероятным, и Ферми, выступавший на конференции по делению, поддержал эту гипотезу. В массивных ядрах на один протон приходилось больше нейтронов, чем в менее массивных ядрах. При их делении на два менее массивных ядра вполне могло образоваться достаточное число нейтронов.

Предположим, например, что уран-238 разбивается на барий-138 и криптон-86. Барий-138 состоит из 82 нейтронов, крип нейтронов, в сумме составляя 132. Однако ядро урана-238 состояло из 146 нейтронов. Следовательно, при делении должно образоваться 14 нейтронов.

Тогда физики разных стран начали изучать деление урана, чтобы убедиться в том, действительно ли при нем испускаются нейтроны, и вскоре несколько ученых, включая и самого Сцилларда, пришли к выводу, что подобный процесс действительно имеет место. Это была та самая цепная ядерная реакция, существование которой предположил Сциллард.

В этой реакции участвовали только медленные нейтроны, и при расщеплении ядер образовывалось достаточно много энергии. Если запустить ядерную реакцию даже в небольшом куске урана, можно было получить совершенно невообразимую энергию. При расщеплении всего 1 грамма урана выделялось столько же энергии, сколько

получалось при полном сгорании 3 тонн угля, причем всего лишь за кратчайшие доли секунды.

Приехавший в 1937 году в США Сциллард четко представлял огромную разрушительную силу оружия, которое позже получит название «атомная бомба». Он опасался того, что Гитлер может получить к ней доступ, прибегнув к шпионажу или от немецких физиков-ядерщиков. Частично благодаря усилиям Сцилларда и преобладанию антифашистских настроений приехавшие в США ученые с 1940 года стали добровольно засекречивать результаты своих исследований, чтобы избежать просачивания любой информации в Германию. Более того, Сциллард при посредничестве двух других венгерских беженцев, физиков Юджина Вигнера (1902 – 1995) и Эдварда Теллера (1908 – 1999) обратился к Эйнштейну, также бежавшему из Германии и приехавшему в Америку.

В то время Эйнштейн был самым известным физиком, жившим в США. Поэтому Сциллард и его коллеги считали, что именно его письмо, написанное президенту США, произведет должное впечатление. Эйнштейн подписал такое письмо, где говорилось о возможностях атомной бомбы и связанной с этим опасности, в заключение он настаивал на том, чтобы США не позволили возможным врагам овладеть им первыми.

Во многом благодаря этому письму в США была организована мощная исследовательская группа ученых, с которой сотрудничали исследователи в других западных странах. Все они преследовали одну цель — создать ядерную бомбу.

Хотя теория ядерной бомбы казалась ясной и простой, ее реализация потребовала значительных усилий. Во-первых, чтобы началось деление атомов урана, он должен быть достаточно чистым. Иначе нейтроны будут сталкиваться с ядрами других элементов и просто поглощаться, исключая возможность цепной реакции. Получение чистого урана оказалось сложной задачей, поскольку уран так редко использовался, что не имелся в необходимом большом количестве, кроме того, не была разработана эффективная методика его очистки. Во-вторых, массив урана должен быть достаточно большим, поскольку далеко не всегда нейтроны входили в первый же атом урана, к которому приближались. Хаотически двигаясь, они беспорядочно сталкивались с атомами урана и лишь в некоторых случаях действительно входили в ядро, вызывая выделение новых нейтронов. Наконец, они могли просто пройти сквозь уран, так и не совершив никакого полезного действия.

По мере увеличения массы урана все больше нейтронов вызывали деление ядер, соответственно создавалось все больше и больше нейтронов и возникала цепная реакция. Ее скорость возрастала, и при достижении некоторой критической массы цепная реакция становилась самоподдерживающейся и приобретала характер взрыва.

Выяснилось также, что для начала процесса вовсе не нужно было направлять в уран поток нейтронов. В 1941 году русский физик Георгий Николаевич Флёров (1913 – 1997) обнаружил, что внутри куска урана постоянно происходит спонтанное деление под действием свободных нейтронов. Время от времени произвольно колеблющиеся ядра разбиваются, также выделяя нейтроны.

В грамме урана «стихийное деление» происходит в среднем каждые две минуты. Следовательно, необходимо собрать достаточное количество урана, чтобы оно достигло опасной критической массы и взорвалось в считанные секунды, поскольку начавшие делиться первые ядра вызовут цепную реакцию.

Однако проведенные подсчеты показали, что для достижения критической величины требуется огромное количество урана. Вместе с тем выяснилось, что почти 99,3% природного урана составляет уран-238, в котором деления не происходит. Датский физик Нильс Бор теоретически доказал, что существует изотоп уран-235 (составляющий 0,7% его массы), который только и способен к делению.

В ходе экспериментов его предположение подтвердилось. Действительно, оказалось, что ядра урана-238 поглощают медленные нейтроны без деления и испускают бета-частицы, в результате чего образуются изотопы нептуния и плутония. В отличие от него уран-238 расщеплялся под воздействием нейтронов, в результате чего и возникала цепная реакция.

При увеличении содержания урана-235 и уменьшении массы урана-238 цепная реакция начинается легче и критическая масса может быть весьма незначительной. Следовательно, были предприняты многочисленные усилия, чтобы получить обогащенный уран, то есть разделить два изотопа и повысить концентрацию урана-235.

Конечно, ученые не хотели, чтобы во время экспериментов, связанных с ядерной реакцией, процесс вырвался из-под контроля, и произошел опасный взрыв. Прежде чем сконструировать бомбу, надо было тщательно изучить механизм действия цепной реакции. Можно ли было так провести ядерную реакцию, чтобы управлять количеством выделяемой энергии? Это позволило бы применить ее не только в военных, но и в мирных целях.

Намереваясь выяснить это, собрали определенное количество урана, достаточное для начала цепной реакции. Для управления ее интенсивностью использовали стержни из вещества, которое легко поглощало нейтроны и тем самым замедляло цепную реакцию. Для этой цели прекрасно подошел металл кадмий.

Затем оказалось, что образующиеся в результате такой реакции нейтроны обладают слишком высокой энергией и необычайно активны. Они слишком быстро разлетались в стороны, не успевая столкнуться с атомами урана. Чтобы вызвать цепную реакцию, которую можно было изучать, требовалось уменьшить их энергию, соответственно замедлив скорость движения. Лучшим средством было взаимодействие с какими-либо небольшими ядрами, которые не поглощали бы нейтроны, а только отбирали у них некоторую энергию при столкновении. Лучшими «замедлителями» оказались ядра водорода-2, бериллия-9 или углерода-12. Когда получавшиеся в ходе деления нейтроны замедлялись, их поток увеличивался, что приводило к дополнительному сокращению критической массы, необходимой для протекания реакции.

К концу 1942 года ученые, наконец, приблизились к завершающей стадии проекта. Реактор состоял из набора графитовых блоков, перемежавшихся блоками металлического урана и окиси урана (тогда еще не получили обогащенный уран), достаточного, чтобы достичь критической величины. Внутри графитовых слоев поместили кадмиевые стержни для поглощения нейтронов. Это знаменательное событие произошло под трибунами футбольного стадиона в Чикагском университете с участием Энрико Ферми (прибывшего в США в 1938 году), ответственного за мероприятие.

Вначале получившуюся огромную структуру назвали «атомной кучей», потому что блоки графита были скреплены вместе. Лишь спустя некоторое время было принято называть подобное устройство «ядерным реактором».

2 декабря 1942 года на основании подсчетов стало ясно, что ядерный реактор оказался достаточной величины и содержащаяся в нем масса урана достигла критического состояния. От начала цепной реакции отделяли только стержни из кадмия, которые были введены внутрь графита и поглощали выделявшиеся нейтроны.

Во время эксперимента один за другим стержни кадмия стали удалять, выдвигая наружу. Количество атомов урана, претерпевавших деление, росло с каждой секундой, и, наконец, в 3 часа 45 минут деление урана стало самопроизвольным. Оно продолжалось само по себе, а ученые были готовы мгновенно вернуть кадмиевые стержни на место, если бы скорость реакции стала возрастать, но в этом не было никакой нужды, хотя расчеты показали, что не все обстоит именно так.

Артур Комптон (1892 – 1962) тут же позвонил в Белый дом и передал сообщение об успехе помощнику президента Джеймсу Коненту. Поскольку разговор велся по обычной линии, Комптон использовал эзопов язык. Он сказал: «Итальянский летчик приземлился в Новом Свете». Конент ответил: «Как отнеслись к этому событию местные жители?» И услышал в ответ: «Очень дружелюбно».

Именно в этот день наступил исторический момент, когда мир вступил в «ядерный век». Впервые человек сконструировал приспособление, с помощью которого была получена ядерная энергия, намного превосходившая все затраты. Человечество ухватилось за возможность использовать ядерную энергию и теперь собиралось ее применять. Если бы Резерфорду удалось прожить еще шесть лет, он смог бы увидеть, что ошибся в прогнозах, когда заявлял о том, что это событие никогда не случится. Однако человечество еще долго не знало о том, что происходит в Чикаго, и физики продолжали работать над созданием атомной бомбы.

Удачно завершились эксперименты по получению обогащенного урана. Его применение позволило настолько существенно снизить критическую массу, что стало реальностью создание небольшой по величине атомной бомбы, которую можно было разместить в самолете и направить на определенную цель.

Ее устройство не отличалось сложностью. Предположим, имелись два куска обогащенного урана, каждый из которых был меньше критической величины, но при их объединении количество урана превышало ее.

Предположим также, что с помощью специального взрывного устройства в определенный момент можно мгновенно соединить Куски обогащенного урана воедино. Произойдет мгновенный взрыв разрушительной силы. В другом устройстве обогащенный уран расположили в виде нескольких небольших кусков, в каждом из которых не могла начаться цепная реакция. Соответствующим образом подготовленный взрыв спрессовывал уран в плотный шар. Тогда нейтронное поглощение оказывалось более продуктивным, и происходил взрыв.

Первое такое устройство было построено на полигоне близ поселка Аламогордо (штат Нью-Мексико) и размещено на небольшой башне. 16 июля 1945 года физики, находившиеся на безопасном расстоянии, привели в действие механизм, вызвавший ядерный взрыв. Устройство сработало превосходно, причем взрыв оказался необычайной разрушительной силы.

К тому времени нацистская Германия была повержена, но военные действия в Японии продолжались. Именно там использовали еще две атомные бомбы. После предупреждения одну бомбу мощностью 21 килотонна взорвали над японским городом Хиросима 6 августа 1945 года, а другую – над Нагасаки спустя два дня. Разрушения после взрывов были такими значительными, что их последствия сказываются до сих пор.

Именно после взрыва над Хиросимой мир узнал, что наступил ядерный век и существует такое устрашающее оружие, как ядерная бомба (самым распространенным наименованием со временем стало «атомная бомба», или «А-бомба»).

Во время войны немецкие ученые также пытались создать атомную бомбу, но так и не смогли этого сделать. Если бы их работа увенчалась успехом, то, вполне возможно, Германия не потерпела бы поражения в войне.

С начала 1940-х годов над этой проблемой работали и советские ученые под руководством Игоря Васильевича Курчатова (1903 – 1960). Сложности военного времени, большие разрушения помешали советским ученым так же быстро продвинуться в решении задач, связанных с атомной бомбой, как это удалось сделать американским исследователям. В 1949 году советские ученые взорвали первую атомную бомбу, за ними последовали англичане (1952 год), французы и китайцы (1964 год), и, наконец, Индия взорвала свою бомбу в 1974 году. Однако все эти бомбы были взорваны на специальных полигонах в ходе плановых экспериментов, и только две взорванные над Хиросимой и Нагасаки использовались как реальное оружие массового уничтожения.

Чем больше времени проходило после взрывов в Хиросиме и Нагасаки, тем отчетливее все понимали, что ядерные бомбы могут применяться только как разрушительное оружие. Слишком большую опасность для всего живого представляли последствия такого взрыва. Поэтому и приняли ряд договоров, запрещающих проведение испытаний ядерного оружия на земле, под водой и в воздухе. А в конце XX в. ведущие ядерные державы объявили полный мораторий на проведение ядерных испытаний.

Как часто бывает, ядерный синтез оказался не единственным способом получения полезной ядерной энергии.

Еще в 1920 году Астон показал, что ядра среднего размера упакованы более плотно, чем крупные. Отсюда следовало, что при образовании крупных ядер должна выделяться энергия. Таким образом, в результате деления энергия образовывалась не только за счет разрушения массивных ядер, но и при объединении получавшихся при этом маленьких ядер в большие по размерам структуры. Этот процесс и получил название «ядерный синтез».

Боле того, в ходе экспериментов Астона стало ясно, что в процессе ядерного синтеза производилось гораздо больше энергии, чем при ядерном делении. Например, при превращении водорода в гелий, то есть образовании из 4 ядер водорода ядра гелия, содержащего 2 протона и 2 нейтрона. При превращении 1 грамма водорода в гелий должна была выделяться в 15 раз большая энергия, чем при делении 1 грамма урана.

Уже в начале 1920-х годов английский астроном Артур Эддингтон (1882 – 1944) предположил, что взаимодействие субатомных частиц может быть источником солнечной энергии. Тогда казалось, что какой-то вид ядерной реакции является единственно возможным источником огромной энергии, постоянно производимой Солнцем.

С каждым годом предположение Эддингтона становилось все более правдоподобным. Сам Эддингтон, изучавший структуру звезд, к 1926 году выдвинул вполне убедительные теоретические обоснования того, что центр Солнца испытывает огромное сжатие и действие высоких температур. По его расчетам выходило, что температура в центре Солнца составляла от 15 до 20 миллионов градусов.

При таких температурах атомы вели себя иначе, чем на Земле. Удерживаемые вместе сильным гравитационным полем Солнца, они сталкивались с такой энергией, что все или почти все их электроны соскакивали, и оставалось только само ядро. Такие «голые» ядра могли приближаться друг к другу гораздо ближе, чем целые атомы (вот почему центр Солнца оказался намного плотнее, чем земное вещество). При огромных температурах, существовавших в центре Солнца, эти чистые ядра могли склеиваться и образовывать более сложные ядра. Вызываемые таким сильным теплом (миллионы градусов) ядерные реакции называются «термоядерными реакциями».

Проведенные в 1920-х годах исследования химической структуры Солнца показали, что оно более богато водородом, чем предполагали ранее. В 1929 году американский астроном Генри Рассел (1877 – 1957) опубликовал данные, что водород составляет 60% вещества Солнца (современные исследования показывают, что эта величина составляет 80%). Если солнечная энергия образуется в ходе ядерных реакций, то ее источником может быть только превращение водорода в гелий. Ничего другого на Солнце просто не было в таком количестве, чтобы использоваться в качестве топлива.

Постепенно ученые открывали все новые и новые подробности взаимодействия ядер и количества выделяемой при этом энергии. Оказалось возможным подсчитать, что может произойти внутри Солнца, учитывая его

плотность и температуру, вид и количество возможных различных ядер и количество энергии, которая могла быть произведена. В 1938 году немецко-американский физик Ганс Бете и немецкий астроном Карл Вайцзекер независимо друг от друга показали, что из всех возможных реакций источником солнечной энергии может быть только деление ядер водорода. Расчеты показывают, что запасы водорода, имеющиеся на Солнце, вполне достаточны, чтобы оно продолжало излучать энергию на протяжении, по крайней мере, последующих 5 миллиардов лет. Если каждую секунду на Солнце 6,5 миллиарда тонн водорода превращаются в гелий, то в ходе этого процесса масса Солнца уменьшается на 4,6 миллиона тонн. И лишь ничтожная часть этой немыслимо огромной энергии достигает Земли.

Ученые задались вопросом: а могут ли термоядерные реакции происходить на Земле? Конечно, воспроизведение тех условий, которые существовали в центре Солнца, оказывалось необычно трудоемким, но ученые продолжали поиски такого вида ядерного синтеза, который мог вызвать энергию, аналогичную той, что получалась на Солнце.

Существует 3 известных изотопа водорода. Обыкновенный водород почти полностью состоит из водорода - 1, в ядрах которого находится по одному протону. Небольшое количество составляют ядра водорода - 2 (дейтерия), состоящие из 1 протона и нейтрона, причем такие атомы оказывались абсолютно стабильными.

В 1934 году Резерфорд, работавший вместе с австралийским физиком Марком Олифантом (1901 – 2000) и австрийским химиком Паулем Хартеком, заставили ядра водорода-2 столкнуться с мишенями также из водорода-2, в результате чего был получен водород-3 (названный тритием, от греческого слова «третий») с ядрами, состоявшими из 1 протона и 2 нейтронов. Водород-3 был слегка радиоактивным. Выяснилось, что превращение водорода-2 в гелий происходило гораздо легче и не требовало таких высоких температур, как реакция с водородом-1. Водород-3 требовал еще более низких температур, но и они должны были составлять миллионы градусов. Кроме того, водород-3, который легче всего поддавался синтезу, существовал в природе в крайне малых количествах.

Следовательно, наиболее предпочтительным видом сырья для получения водорода-3 оказался водород-2 (дейтерий). Только 1 атом из каждых 6000 атомов водорода был водородом-2, но и этого оказывалось вполне достаточно. На Земле существовал обширный океан, который почти целиком состоял из молекул воды, и в каждой молекуле воды присутствовали 2 атома водорода. Даже если только 1 из 6000 атомов водорода оказывался дейтерием, это означало, что в мировом океане имелось примерно 35 триллионов тонн дейтерия.

Более того, этот дейтерий всегда находился под рукой. Если воду океана пропустить через разделительную станцию, то дейтерий извлекался без всяких дополнительных усилий. Фактически извлечение дейтерия с помощью современных методов и без всяких особых усовершенствований оказывалось всего лишь на одну сотую дороже добычи угля.

Если постепенно использовать тот запас дейтерия, который содержится в мировом океане, то человечество (даже по приблизительным подсчетам) будет обеспечено энергией на 500 миллиардов лет. Чтобы убедиться в том, что использование дейтерия практически выгодно, небольшие количества этого элемента можно получить посредством нейтронной бомбардировки редкоземельного металла лития.

Ко всему прочему нет никакой опасности в том, что водородные электростанции могут выйти из-под контроля. В реакции участвуют только небольшие количества дейтерия. Если что-нибудь и пойдет не так, поступление сырья можно перекрыть, и процесс деления сам собой сойдет на нет. Более того, не стоит волноваться и по поводу радиоактивных отходов, поскольку наиболее опасные продукты – тритий и нейтроны – легко контролируются.

Ситуация была бы радужной, если бы не одно но: следовало каким-либо способом инициировать процесс деления. Конкретно это означало найти возможность получения температуры в миллион градусов.

К 1945 году стал известен один из способов получения нужной температуры с помощью взрыва ядерной бомбы. Если соединить ядерное устройство с дейтерием, то в ходе взрыва начиналось деление, которое во много раз увеличивало освобождаемую энергию. В результате получался эффект «термоядерной бомбы». Широкой общественности это устройство стало известно как «водородная бомба», или «Н-бомба».

В 1952 году США взорвали первое водородное устройство на Маршалловых островах. Через несколько месяцев свою водородную бомбу взорвал СССР, со временем были построены и взорваны термоядерные бомбы в тысячи раз более мощные, чем первые бомбы, упавшие на Хиросиму и Нагасаки.