СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .2

Расстояния . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .3

Времена . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .4

Массы тел . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .6

Атомы. Появление на свет . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 7

От атомов к молекулам . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .13

Заключение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .20

# МИР, В КОТОРОМ МЫ ЖИВЁМ

# ВВЕДЕНИЕ

Стремление постичь тайны времени, пространства, и своё место во Вселенной издавна не давало покоя человеку. Вот и сегодня, как отмечает известный писатель-фантаст Е. И. Парнов, человек снова «стоит на перекрёстке бесконечностей. Одна дорога уводит его в мир галактик, туда, где разлетающееся вещество достигает почти световых скоростей, другая - в микромир с исчезающе малыми масштабами расстояний и длительностей...»

И уже несколько тысячелетий, не зная покоя, человеческая мысль блуждает по этим дорогам. Отправной точкой в её странствиях всегда была Земля. Когда-то и она казалась необозримо большой и граница видимого горизонта считалась краем света. Но в 1521 г. завершилось первое кругосветное плавание португальца Фернандо Магеллана, и люди узнали, что их мир измеряется двумя годами путешествия. А ещё через 440 лет российский космонавт Юрий Алексеевич Гагарин «уменьшил» его до 89 минут! Размеры Земли перестали казаться фантастически большими, и сама она «превратилась» в рядовую планету, обращающуюся вокруг Солнца, путешествующего по бескрайним просторам Вселенной.

В Средние века люди воспринимали мир как грандиозное представление, главным героем которого был человек. Именно он считался центром Вселенной. «Кто же, - писал французский учёный Анри Пуанкаре, - освободил нас от этой иллюзии? Те, кто показал нам, что Земля есть лишь одна из самых малых планет Солнечной системы и что сама Солнечная система - только незаметная точка в беспредельных пространствах звёздной Вселенной».

Чтобы осознать своё место в ней, человечеству потребовалось не одно тысячелетие. И лишь в XX столетии люди, наконец, поняли, в каком мире они живут. Открытие пространственно-временной структуры Вселенной явилось величайшим достижением науки.

Ещё в середине XVII в. французский учёный Блез Паскаль писал, что «не огромность мира звёзд вызывает восхищение, а человек, который измерил его». За прошедшие с тех пор столетия наука обогатилась многими новыми открытиями. Однако чем больше мы узнавали о Вселенной, тем скромнее оценивали своё место в ней. Поэтому, когда Альберта Эйнштейна спросили: «Что бы вы ответили на смертном одре на вопрос: успешной или напрасной была прожитая жизнь?» - великий учёный сказал: «Ни на смертном одре, ни до него подобный вопрос не мог меня интересовать... Я ведь только крошечная частица природы»

# РАССТОЯНИЯ

Диаметр нашей планеты составляет около 12800 км, Солнца - в 109 раз больше. Если представить себе Землю в виде крупинки размером 1 мм, то диаметр Солнца окажется равным примерно 11 см. При этом Земля (в выбранном масштабе) будет двигаться вокруг светила по орбите радиусом чуть меньше 12 м. Диаметр же всей Солнечной системы превысит 900 м!

Выйдем за её пределы. Ближайшая к Солнцу звезда Проксима Кентавра находится от нас на расстоянии, почти в 7 тыс. раз превышающем радиус Солнечной системы. Чтобы преодолеть такой путь, свету требуется более четырёх лет. Если же выразить это расстояние в километрах, получится 14-значное число. В астрономии для измерения столь больших расстояний используется специальная единица, называемая парсеком (пк);1 пк = 3,09 1013 км. Расстояние до Проксимы Кентавра равно 1,31 пк. Космическая станция, движущаяся с третьей космической скоростью (16,67 км/с), доберётся до неё не ранее чем за 70 тыс. лет! А ведь это наша ближайшая «соседка», остальные звёзды расположены ещё дальше.

В середине XVIII в. первый российский учёный-естествоиспытатель Михаил Васильевич Ломоносов писал:

*Открылась бездна звёзд полна;*

*Звездам числа нет, бездне дна.*

Точное количество звёзд во Вселенной действительно не сосчитать. Однако известно, что невооружённым глазом в ясную безлунную ночь над горизонтом можно увидеть около 3 тыс. звёзд. Приблизительно столько же находится под горизонтом. Все они составляют лишь малую часть гигантской звёздной системы, называемой Галактикой. Наша Галактика (Млечный Путь) включает более 200 млрд. звёзд, обращающихся вокруг общего центра, находящегося в созвездии Стрельца.

За пределами Млечного Пути простираются триллионы других галактик. Все вместе они образуют Метагалактику. Свет даже ближайшей из них (Малого Магелланова Облака) идёт до нас 170 тыс. лет.

Малое Магелланово Облако - это сравнительно небольшая звёздная система, которая наряду с Большим Магеллановым Облаком относится к спутникам Млечного Пути. Значительно дальше находится Туманность Андромеды - ближайшая из числа похожих на нашу Галактику. Свет от неё идет до нас около 2 млн. лет.

А самые далёкие из известных нам космических объектов находятся от Земли на расстоянии 5000 Мпк. Глядя на них сегодня, мы видим их такими, какими они были около 15 млрд. лет назад!

Обратим теперь свой взгляд в обратную сторону - ту, которая уводит нас в глубь материи. «Мир, - писал американский физик Ричард Филлипс Фейнман, - если смотреть на него издали, кажется круглым, гладким, чисто отполированным шариком, но если посмотреть на него вблизи, он оказывается очень сложным: миллиарды крохотных атомов, всевозможные неровности».

Атомы настолько малы, что их нельзя увидеть ни в один оптический микроскоп. По своим размерам (примерно 10-10 м) они во столько же раз меньше обыкновенного яблока, во сколько раз яблоко меньше земного шара. А число атомов в яблоке так же велико, как и число звезд в наблюдаемой Вселенной.

Ещё меньше протоны и нейтроны, образующие ядро атома. Если попытаться изобразить атом, в котором ядро имеет вид пятнышка диаметром 1 мм, получится рисунок поперечником 100 м!

Протоны и нейтроны, в свою очередь, тоже имеют сложное строение. Они состоят из частиц, называемых кварками. Кварки, а также лептоны, к которым относится, например, электрон, по сегодняшним представлениям, - самые маленькие частицы материи. Их размеры столь малы, что даже не поддаются определению: известно лишь, что они меньше 10-18 м. В теориях, описывающих поведение кварков и лептонов, они рассматриваются как точечные бесструктурные образования.

# ВРЕМЕНА

Когда-то Вселенная представлялась людям вечной и неизменной. Одно время так думал даже великий Альберт Эйнштейн. Но в 1929 г. американский астроном Эдвин Пауэлл Хаббл (1889-1953) установил, что Вселенная расширяется: галактики и их скопления удаляются друг от друга, причём со скоростью, пропорциональной расстоянию между ними. Но если это так, то раньше все галактики располагались ближе друг к другу, чем сейчас. Был, очевидно, и такой момент, когда всё вещество Вселенной находилось в сжатом до бесконечно большой плотности состоянии. Потом оно стало стремительно расширяться, что и происходит до сих пор.

Начало расширения Вселенной в астрономии называется Большим взрывом, а время, прошедшее от Большого взрыва до наших дней, - возрастом Вселенной. По приблизительным оценкам, он составляет около 15 млрд. лет.

Что же произошло за это время в нашей Вселенной? Чтобы легче было проследить эволюцию нашего мира во времени, американский астроном Карл Саган (1934 - 1996-) придумал любопытный способ изложения космической хронологии. Всю историю Вселенной он описал в масштабе, при котором одной «космической секунде» соответствует 500 реальных земных лет. Продолжительность существования нашего мира «сжалась» в результате до одного воображаемого «космического года». В соответствии с масштабом, выбранным Саганом, первые люди появились «вечером» последнего дня первого «года» в истории Вселенной. Как ни удивительно, но на тот же день приходятся и современные события. Этот день ещё не закончился, до «нового года» осталось около 40 мин. В реальном измерении они истекут через миллион с лишним лет.

Наряду со сверхбольшими интервалами времени, сравнимыми с возрастом Вселенной и даже превышающими его (например, период полураспада изотопа свинца 204РЬ составляет 1,4×1017 лет), сегодня наука имеет дело и со сверхмалыми временами, поражающими воображение в не меньшей степени, нежели приведённые выше.

Так, солнечный свет достигает Земли примерно за 8 мин. Период колебаний напряжения в розетке осветительной сети составляет лишь 0,02 с. Время же, за которое свет от экрана включённого телевизора доходит до человека, расположившегося в 2 м от него, в 3 млн. раз меньше! Но и это время, измеряемое миллиардными долями секунды, является огромным по сравнению с периодом жизни элементарных частиц, называемых *резонансами*. Оно составляет порядка 10-22–10-24с и приблизительно во столько же раз меньше возраста Вселенной, во сколько размер протона уступает размерам наблюдаемой Вселенной.

# МАССЫ ТЕЛ

Наименьшей массой во Вселенной обладают элементарные частицы. Масса электрона равна 0,9×10-30 кг. Примерно в 1800 раз тяжелее протон и нейтрон. В состав Земли входит около 3,5×1051 протонов и нейтронов, а 1,2×1057 этих частиц образуют Солнце. Следовательно, масса Земли приблизительно равна 6×1024 кг, а масса Солнца - 2×1030 кг, т. е. в 300 тыс. раз больше.

Основная масса живого вещества на Земле сосредоточена в растениях - это 2400 млрд. т. Что касается людей, их общая масса составляет около 300 млн. т.

Масса Галактики равна примерно 1,5×1011 массы Солнца. Чтобы оценить массу всей наблюдаемой Вселенной, следует учесть, что она содержит более 1023 звёзд. Если считать Солнце типичной звездой средней величины, то масса всего звёздного вещества во Вселенной составит 1053 кг – 1054 кг.

Приведённые данные стали известны лишь в XX столетии. И хотя они приблизительны, тем не менее, как заметили авторы знаменитого Берклиевского курса физики, «самое замечательное в этих числах - это то, что мы их вообще знаем».

# АТОМЫ. ПОЯВЛЕНИЕ НА СВЕТ

*Начала Вселенной – атомы*

*и пустота. Всё же остальное*

*существует лишь во мнении.*

*Демокрит*

«Все люди от природы стремятся к знанию... - писал древнегреческий учёный Аристотель. - Удивление побуждает людей философствовать... Мудрый, насколько это, возможно, знает всё, хотя он и не имеет знания о каждом предмете в отдельности... Из наук ближе всего к мудрости та, которая желательна ради неё самой и для познания, нежели та, которая желательна ради извлекаемой из неё пользы... Тот, кто предпочитает знание ради знания, больше всего предпочтёт науку наиболее совершенную, а такова наука о наиболее достойном познания. А наиболее достойны познания первоначала и причины, ибо через них и на их основе познаётся всё остальное».

Родоначальник античной науки, древнегреческий философ Фалес (около 625 - около 547 до н. э.), такой первоосновой считал воду. Уплотняясь, она образует твёрдые тела, испаряясь - воздух. Всё произошло из воды, говорил Фалес, и Земля плавает на воде, подобно куску дерева.

Впоследствии Эмпедокл из Агригента (около 490 - около 430 до н. э.) довёл количество элементов, являющихся первоначалами мира, до четырёх. При горении дерева, рассуждал он, сначала поднимается дым (воздух), а затем возникает пламя (огонь). При этом на холодной поверхности, оказавшейся рядом с пламенем, образуется влага (вода), а после сгорания дерева остаётся зола (земля). И потому основными элементами мира (или «корнями», как он их называл) следует считать огонь, воздух, воду и землю. К ним Эмпедокл добавил два «возбудителя движения» - любовь, стремящуюся соединить разнородные элементы, и вражду, разделяющую их.

Не всех удовлетворяло сведение всего существующего к проявлению четырёх стихий. Является ли образующая мир материя непрерывной? Существует ли пустота, где нет никакой материи? Не состоят ли и эти четыре стихии из каких-то первичных сущностей? Что получится, если делить, например, ту же воду на всё более и более мелкие капли? Будет ли такое деление бесконечным или, дойдя до какой-либо мельчайшей частицы, мы уже не сможем далее продолжить его? Над этими вопросами размышляло не одно поколение философов.

В V в. до н. э. древнегреческим учёным Левкиппом. а затем его учеником из города Абдера (Фракия) Демокритом (около 460 - 371 до н. э.) была выдвинута атомистическая гипотеза. В соответствии с ней всё в мире состоит из атомов, различающихся своей формой, порядком и ориентацией в теле; между атомами находится пустота.

По легенде, идея о существовании атомов возникла у её автора, когда он разрезал яблоко. До каких пор можно рассекать яблоко на части? Мысль о том, что существует предел такого деления, и побудила назвать мельчайшие (далее уже неделимые) частицы материи атомами (в буквальном переводе с языка древних греков слово «атом» означает «неразрезаемый», «нерассекасмый»).

Развивая атомистические идеи Левкиппа, Демокрит создал всеобъемлющую научную систему, включающую в себя учение о космосе, теорию познания, логику, этику, математику, биологию и психологию. Согласно его учению, в природе существуют лишь два начала - пустота и атомы. Атомы обладают различными выступами, углублениями и крючками, позволяющими им сцепляться друг с другом и тем самым образовывать устойчивые соединения. Философ был настолько убеждённым атомистом, что даже человеческую душу и богов представлял в виде комбинаций атомов.

Последователем Левкиппа и Демокрита был Эпикур (341-270 до н. э.). Их учение о существовании частиц противоречило другой идее - идее о бесконечной делимости материи философа Анаксагора (около 500 - 428 до н. э.) из города Клазомены в Малой Азии. Аргументы в пользу атомистического учения можно найти в знаменитой поэме древнеримского поэта и философа Тита Лукреция Кара (I в. до н. э.) «0 природе вещей».

Удивительна судьба атомистической гипотезы! Уже через несколько десятилетий после смерти Демокрита она была подвергнута серьёзной критике со стороны Аристотеля из Стагиры (384-322 до н.э.). Если атомы - это мельчайшие и неделимые частицы, то, как они могут отличаться друг от друга? Разве можно говорить о форме и ориентации того, что не имеет частей? «У неделимого, - подчёркивает Аристотель, - нет ни края, ни какой-либо другой части». Впрочем, отмечает философ, не правы и те, кто верит в бесконечную: делимость материи. Ибо что останется после такого деления? Не имеющие размеров точки? Но это – «ничто». «Значит, - пишет Аристотель, - ничего не осталось бы и тело уничтожилось бы, превратившись в [нечто] бестелесное. И тогда оно вновь могло бы возникнуть или из точек, или вообще ни из чего. Но разве это возможно?.. Ведь хотя бы даже все точки сложились вместе, всё равно они не составили бы никакой величины».

Согласно Аристотелю, основу мира составляет некая первичная материя. Она непрерывна: ни атомов, ни пустоты в ней не существует. Первичная материя может принимать форму какой-либо из четырёх стихий - огня, воздуха, воды или земли. Вступая во всевозможные соединения, они образуют различные вещества.

Впоследствии Католическая церковь превратила учение Аристотеля в догму, в которую следовало лишь слепо верить, не пытаясь, что-либо менять. В XI в. кардинал Пётр Дамиани (10071072) объявил науку «служанкой теологии». Существование атомов не укладывалось в систему религиозных представлений о мире (если Бог построен из атомов, то кто и когда создал атомы?), и о мельчайших частицах материи надолго забыли.

«Мы были свидетелями гибели учёных, - писал в XI в. персидский и таджикский поэт, и естествоиспытатель Омар Хайям (настоящее имя Гиясаддин Абу-ль-Фатх Омар ибн Ибрахим; около 1048 – после 1122), - от которых осталась малочисленная, но многострадальная кучка людей. Суровость судьбы в эти времена препятствует им всецело отдаться совершенствованию и углублению своей науки. Большая часть из тех, кто в настоящее время имеет вид учёных, одевает истину ложью и, не выходя в науке за пределы подделки и лицемерия, использует тот запас знаний, которыми они обладают, только для низменных, плотских целей».

Лишь в XIII и XIV вв. вновь появляются отдельные сторонники атомизма. Например, французский учёный Никола из Отрекура (около 1300 - после 1350) считал, что в явлениях природы нет ничего, кроме движения, соединения и разъединения атомов. Но и он в 1347 г. был вынужден публично отречься от своих взглядов, а его сочинение, осуждённое Церковью, было публично сожжено.

Потребовалось ещё 300 лет, прежде чем, наконец, появился учебник «Наставления физики» (1638 г.) Иоганна Шперлинга (1603-1658), в котором решительно утверждалось:

«Учение об атомах не столь ужасно, как это кажется многим. Позорной язвой нашего века являются осмеяние, освистание, осуждение всего, о чём не сразу можно высказать своё мнение... Ничего не стоит сказать, что Эпикур бредил, что Демокрит безумствовал, что древние были дураки».

В начале XVII в. французский учёный Пьер Гассендй (1592-1655) для обозначения частицы, состоящей из нескольких атомов, впервые вводит термин «молекула» (что в переводе с латинского означает «маленькая масса»). Атомно-молекулярные представления начинают привлекать внимание химиков и физиков. Однако до реабилитации Демокрита было ещё далеко: Церковь упорно придерживалась взглядов Аристотеля и карала каждого инакомыслящего.

Летом 1624 г. группа французских учёных решила организовать в Париже публичный диспут, на котором предполагалось подвергнуть учение Аристотеля резкой критике. 14-й тезис подготовленной программы возрождал атомистическую гипотезу. Однако этому диспуту не суждено было состояться. В назначенный день одного из его устроителей, де Клава, арестовали, а другому, Виллону, пришлось скрыться. Остальным участникам диспута было предписано покинуть Париж в 24 часа. При этом французский парламент принял постановление, по которому организация подобной полемики и распространение учения об атомах впредь запрещались под страхом смертной казни.

Прошло ещё почти 100лет, прежде, чем идеи о мельчайших частицах вещества стал развивать Михаил Васильевич Ломоносов (1711-1765). Различая два вида «нечувствительных частиц» материи, он даёт им названия «элементы» (равные понятию «атом») и «корпускулы» (равные понятию «молекула»). По Ломоносову, «элемент есть часть тела, не состоящая из каких-либо других меньших и отличных между собою тел»; корпускула есть собрание элемента в одну небольшую массу».

Но в наибольшей степени вторым рождением атомов человечество обязано английскому учёному Джону Дальтону (1766-1844), который впервые предпринял попытку количественного описания их свойств. Именно им было введено понятие атомного веса и составлена первая таблица атомных весов различных химических элементов.

Но тот же Дальтон ввёл в химию представление о «сложных атомах», итальянский физик и химик Лоренцо Романо Амедео Карло Авогадро ди Кваренья эди Черрето (1776 - 1856) - понятие об «элементарных молекулах». Возникшая путаница в понятиях и отсутствие единой общепринятой терминологии стали затруднять дальнейшее развитие химии. Важную роль в уточнении используемых понятий сыграл Международный химический конгресс в Немецком городе Карлсруэ, собравший в 1860 г. 140 учёных из разных стран. После блестящего и «воодушевлённого» (по словам Дмитрия Ивановича Менделеева) доклада итальянского химика Станислао Каннилццаро (1826-1910) конгресс путем голосования принял решение о различии понятий «атом» и «молекула», раз и навсегда покончив с существовавшей ранее путаницей.

Между тем многие учёные и после этого продолжали считать атомы и молекулы не реально существующими частицами, а лишь рабочими гипотезами, придуманными ради удобства. Например, немецкий физикохимик Вильгельм Фридрих Оствальд (1853-1932) утверждал, что «атомы будут существовать только в пыли библиотек». Другой известный учёный, австрийский физик и философ Эрнст Мах (1838-1916), на все доводы в пользу существования атомов обычно отвечал: «А вы видели хотя бы один атом?».

Иной точки зрения придерживался австрийский физик-теоретик Людвиг Больцман (1844 - 1906). Несмотря на дружбу с Оствальдом и огромное уважение, которое он испытывал к Маху, сам Больцман, в отличие от них, был страстным и убеждённым сторонником атомно-молекулярного учения и много сделал для его развития. Однажды во время обсуждения атомистической теории в Венской академии наук он вдруг услышал, как Мах лаконично заметил: «Я не верю в существование атомов». «От этого высказывания, - вспоминал впоследствии Людвиг Больцман, - у меня голова пошла кругом...»

Учёный не дожил до того времени, когда были осуществлены решающие опыты, неопровержимо доказавшие реальность существования атомов. Он тяжело переживал разногласия с коллегами-современниками и, в частности, поэтому в 1906 г. покончил с собой. «То, на что жалуется поэт, - писал Больцман, - верно и для теоретика: творения его написаны кровью его сердца, и высшая мудрость граничит с высшим безумием».

Сегодня никто уже не сомневается в существовании атомов, однако, реально существующие атомы оказались совсем не такими, какими их представлял Демокрит. Уже Больцман по этому поводу писал: «В неделимость атома не верит в настоящее время ни один физик».

Однако установить истинную структуру атома удалось лишь спустя пять лет после его смерти, когда на основе продолжительных и кропотливых экспериментов английский физик Эрнест Резерфорд (1871 - 1937) пришёл к выводу, что атом представляет собой положительно заряженное ядро, окружённое электронной оболочкой.

Обнаружение этой структуры ознаменовало третье рождение атома. Так из умозрительной гипотезы он превратился в реальную и осязаемую единицу материи.

# ОТ АТОМОВ К МОЛЕКУЛАМ

Означает ли многообразие веществ, существующих в природе, что и число различных видов атомов также бесконечно велико?

«В мире существует бесконечное число атомов... Атомы обладают бесконечным числом форм. Число форм бесконечно, потому что в природе нет оснований, чтобы оно было ограничено определённым значением, чтобы оно было таким, а не иным». Так, по свидетельству философа Симплиция (VI в.), отвечал на этот вопрос Левкипп, а вслед за ним его друг и ученик Демокрит.

Однако уже Аристотель заметил, что для объяснения наблюдаемых явлений не обязательно допускать существование бесконечного числа различных атомов, ибо и на основе их «ограниченного числа можно было доказать всё то же самое».

Здесь Аристотель оказался прав. В настоящее время известно, что число различных атомов действительно ограниченно, - их лишь немногим более 100. Большинство же веществ построено из молекул - разнообразных сочетаний этих атомов. Например, молекула углекислого газа состоит из одного атома углерода и двух атомов кислорода (СО2), молекула воды - из двух атомов водорода и одного атома кислорода (Н2О) и т. д. Но это мы знаем сейчас. В конце XVIII в., когда английский физик, химик и метеоролог Джон Дальтон приступал к исследованию свойств мельчайших частиц вещества, об атомах и молекулах знали почти столько же, сколько за 2 тыс. лет до этого. Тем не менее, учёный не побоялся бросить вызов природе, взявшись «взвесить» то, что увидеть было невозможно.

Немногим ранее французский химик Антуан Лоран Лавуазье (1743 - 1794) открыл закон сохранения массы в химических реакциях и впервые разделил все вещества на химические элементы и химические соединения. Дальтон пошёл дальше. Он возродил атомистику и в основу своей теории положил следующие постулаты:

* Все химические элементы состоят из мельчайших частиц, называемых атомами.
* Атомы данного химического элемента имеют одинаковые массу и химические свойства.
* Атомы разных элементов имеют различные массу и химические свойства.
* Атомы могут соединяться в простых целочисленных отношениях, образуя соединения.

Возможно ли определить массу того или иного конкретного атома? Никому раньше в голову не приходило, что такое реально. Да и сами атомы – существуют ли они? У Дальтона на этот счёт сомнений не возникало. Он был настолько убеждён в существовании атомов, что иногда ему казалось: он их видит воочию.

«Взвесить» атомы Дальтон не мог. Тогда он решил определить их относительную массу, т. е. принять, например, массу атома водорода за единицу и посмотреть, чему будут равны массы всех остальных атомов в сравнении с массой атома водорода.

К тому времени уже был известен состав многих химических соединений. Например, удалось установить, что вода состоит из водорода и кислорода. Химический анализ показывал, что при образовании воды 1 г водорода соединяется с 8 г кислорода. Первым, кто попытался объяснить этот факт, был Дальтон. Не имея возможности руководствоваться какими-либо иными соображениями, он решил исходить из «принципа простоты».

Если известно только одно соединение двух данных элементов А и В, то оно должно состоять из двухатомных молекул (которые сам Дальтон называл «сложными атомами») типа AB. Следующими по простоте являются комбинации АВ2 и А2В; поэтому, если известны два или три соединения данных элементов, их молекулы должны описываться тремя формулами.

Основываясь на этом принципе, Дальтон предположил, что молекула воды двухатомна и имеет (в современных обозначениях) формулу НО. Отсюда следовало, что в 1 г водорода и 8 г кислорода содержится одинаковое число частиц. Но если это, верно, значит, каждый атом кислорода в восемь раз тяжелее атома водорода. Так Дальтон впервые получил значение относительной атомной массы кислорода.

Изучение иных химических соединений позволило Дальтону составить целую таблицу относительных атомных масс всевозможных химических элементов. В 1803 г. он обнародовал результаты этих исследований. Учёный сознавал, что является первопроходцем в новой, неизведанной пока области, и потому в своём сообщении подчеркнул: «Рассмотрение роли относительной тяжести мельчайших частичек тел, насколько я знаю, является совершенно новым предметом исследования. Я начал недавно эти работы и достиг некоторых успехов». Значение его исследований трудно переоценить. Ничего подобного в науке ещё не было. Впервые человек своим разумом проник в микромир и на языке чисел описал то, что невозможно было увидеть.

Однако «принцип простоты», которым руководствовался Дальтон, сильно подвёл его. Позволив в одних случаях получить правильные результаты, во многих других он привёл к неверным выводам. Ошибочной оказалась и формула молекулы воды, предложенная Дальтоном, а вместе с ней и относительная атомная масса кислорода.

Эти ошибки были обнаружены и исправлены итальянским учёным Амедео Авогадро. В 1811 г. вышла его статья под названием «Очерк метода определения относительных масс элементарных молекул тел и пропорций, согласно которым они входят в соединения», В ней указывалось, что все проблемы, связанные с установлением относительных масс частиц вещества, могут быть легко решены, если предположить, что при одинаковых условиях в равных объёмах любых газов содержится одинаковое число молекул. Теперь это утверждение называют *законом Авогадро*. Из него следует, что отношение масс молекул газов совпадает с отношением их плотностей при одинаковых давлениях и температурах

Так Авогадро обнаружил удивительно простое решение задачи о нахождении относительной молекулярной массы. Для этого, оказывается. необходимо знать лишь плотности р соответствующих газов. В качестве примера он рассчитал относительную молекулярную массу кислорода. Подставив в свою формулу плотности кислорода и водорода, учёный пришёл к выводу, что масса молекулы кислорода примерно в 15 раз превышает массу молекулы водорода (несколько позднее было получено более точное значение - 16).

Понятие относительной молекулярной массы сохранилось до нашего времени. Только теперь (начиная с 1960 г.) при её расчёте за основу берут не массу атома водорода, а 1/12 массы атома углерода (её называют атомной единицей массы; а.е.м.= 1,6605655(86) 10 -27 кг).

Следующим шагом в развитии молекулярных представлений было определение состава молекул различных соединений, в частности воды. Для этого Авогадро воспользовался экспериментальным фактом, установленным несколькими годами ранее французским химиком и физиком Жозёфом Луи Гей-Люссаком (1778-1850). В 1808 г. он обнаружил, что для образования водяного пара объемом 2V нужно, чтобы в реакции участвовали водород такого же объёма и кислород объёма V. Схематически это можно изобразить следующим образом:

*2V(водород) + V(кислород) →2V(вода).*

До открытия закона Авогадро этот факт мало о чём говорил. Ведь частицы газообразного водорода могли быть расположены вдвое дальше друг от друга, чем атомы газообразного кислорода, и потому обнаруженная разница в объёмах могла не иметь никакого отношения к числу молекул. Однако после того, как закон был установлен, ситуация резко изменилась. Равные объёмы газов (при одинаковых условиях) содержат одинаковые количества молекул. Пусть в объёме V находится N молекул, тогда в объёме 2 V будет содержаться 2 N молекул и приведённое выше уравнение примет вид:

*2N (водород) + N (кислород) →2 N (вода)*

или (после сокращения на N)

*2 молекулы водорода + 1 молекула кислорода → 2 молекулы воды.*

Проанализировав полученное соотношение, Авогадро пришёл к выводу, что молекулы водорода и кислорода двухатомны. Если бы это было не так и молекулы водорода и кислорода были одноатомными, то имело бы место следующее уравнение:

*2Н+O – Н2О,*

Но здесь образуется лишь одна молекула воды, в то время как на самом деле их должно быть две. Если молекулы водорода и кислорода содержат по два атома, то мы сразу приходим к правильному уравнению:

*2Н2+O→2Н2О.*

Так Авогадро впервые установил, из скольких атомов состоят молекулы водорода, кислорода и воды. Впоследствии им, а затем и другими учёными была определена структура всех остальных известных молекул. Оказалось, что число атомов в молекулах может достигать нескольких десятков, а в отдельных случаях даже сотен и тысяч (у некоторых витаминов и белков).

Несмотря на всю важность полученных Авогадро результатов, у многих учёных XIX в. осталось чувство неудовлетворённости. Большинство из них продолжали сомневаться: а существуют ли на самом деле атомы? Ведь их по-прежнему никто не видел. Французский химик Жан Батист Дюма (1800-1884) писал: «Если бы это зависело от меня, я бы искоренил в науке слово *атом*, потому что я убеждён, что оно выходит за пределы проверяемого опытом, а химия никогда не должна выходить за границы проверяемого экспериментом».

Между тем в 1827 г. английский ботаник Роберт Браун (1773-1858) сделал открытие, которому было суждено сыграть очень важную роль в победе атомно-молекулярного учения. Наблюдая в микроскоп взвесь цветочной пыльцы в воде, он обнаружил странное явление: частицы взвеси непрерывно двигались, описывая самые причудливые траектории. Впоследствии беспорядочное движение взвешенных в жидкости мелких частичек другого вещества стали называть *брауновским движением*.

Понимание истинной причины этого движения пришло не сразу. Потребовалось почти полвека, прежде чем бельгийский учёный Иньяс Карбонелль предположил, что брауновское движение частицы вызвано ударами молекул окружающей жидкости.

В ходе изучения брауновского движения было установлено, что это движение универсально (поскольку наблюдалось решительно у всех веществ, взвешенных в распылённом состоянии в жидкости), непрерывно (в закрытой со всех сторон колбе его можно наблюдать неделями, месяцами, годами) и хаотично (беспорядочно). Причём движения даже тех брауновских частиц, которые располагались довольно близко друг к другу, были совершенно независимыми, так что не могло быть и речи о том, что их причиной служат какие-либо потоки в самой жидкости. Всё это свидетельствовало о том, что молекулы жидкости находятся в состоянии непрерывного и беспорядочного движения.

Первая количественная теория брауновского движения появилась лишь в 1905 г. Её автором был Альберт Эйнштейн. Составив уравнение, описывающее брауновское движение, и решив его, учёный получил следующее соотношение: <х 2> = b(T/NA)t, (2) где <х> - среднее значение квадрата смещения брауновской частицы вдоль оси Х за время t, Т - абсолютная температура жидкости, b - коэффициент пропорциональности, зависящий от размеров брауновских частиц и вязкости жидкости, а NA - универсальная физическая константа, называемая постоянной Авогадро. Она показывает, во сколько раз атомная единица массы (а. е. м.) меньше одного грамма (г). Узнав, чему она равна, можно сразу же пересчитать все относительные массы атомов и молекул в граммах и килограммах.

Для определения постоянной Авогадро методом Эйнштейна достаточно измерить значения <x 2>, b, T, и t, и подставить их в формулу (2). «Не перестаёшь удивляться этому результату, - писал известный американский физик-теоретик Абрахам Пайс (родился в 1918 г.), - полученному как бы из ничего: приготовьте взвесь сферических частиц, размер которых довольно велик по сравнению с диаметром простых молекул, возьмите секундомер да микроскоп и, пожалуйста, определяйте постоянную Авогадро!»

Теория Эйнштейна нашла полное подтверждение в экспериментальных исследованиях французского физика Жана Батиста Перрена (1870 - 1942). Он начал проводить их в 1908 г. и продолжал затем в течение нескольких лет. Через равные промежутки времени (Δt = 30 с) Перрен отмечал последовательные положения брауновской частицы, видимые в поле зрения микроскопа, и соединял затем эти положения прямолинейными отрезками,

Измерения, проведённые Перреном, показали, что постоянная Авогадро выражается числом 6×10 23. Измерения этой постоянной другими методами привели к такому же результату. (Современное значение - . 6,022045(31)×10 23)

Определение постоянной Авогадро позволило рассчитать массу m0 отдельных атомов и молекул, а путём деления массы всего тела m на m0 - и число частиц в этом теле.

Ссылаясь на эксперименты по брауновскому движению, и Вильгельм Фридрих Оствальд был вынужден признать, что они «позволяют даже осторожному учёному говорить об экспериментальном подтверждении атомного строения вещества». Перрен за свои работы по брауновскому движению получил Нобелевскую премию. Подводя итоги в 1912 г., он заявил: «Атомная теория восторжествовала. Некогда многочисленные, её противники повержены и один за другим отрекаются от своих взглядов, в течение столь долгого времени считавшихся обоснованными и полезными».

Для определения размеров молекул был проведён ряд опытов. В одном из них, осуществлённом в начале XX в. английским физиком Джоном Уильямом Стреттом, лордом Рэлеем (1842-1919),на поверхность воды поместили каплю масла. Масло стало растекаться, образуя плёнку. По мере растекания масла плёнка становилась всё тоньше и тоньше. Через некоторое время растекание прекратилось. Рэлей предположил, что это произошло, когда все молекулы масла образовали мономолекулярный слой, т. е. плёнку толщиной в одну молекулу. Разделив объём капли на площадь образовавшегося пятна, физик нашёл диаметр одной молекулы масла. Он оказался равным примерно 1,6×10-9 м.

Атомы и молекулы нельзя увидеть невооружённым глазом, так как разрешающая способность глаза не лучше 0,1 мм, что существенно больше размеров этих частиц. Оптические микроскопы позволяют достигнуть увеличения до 1500 крат, в результате чего становится возможным различать структуры с расстоянием между элементами до 2×10-7 м. Но даже такое расстояние намного больше атомных размеров.

Однако в середине XX в, удалось создать так называемые электронные микроскопы, в которых вместо световых лучей используются ускоренные пучки электронов. Они позволяют наблюдать и фотографировать изображения объектов при увеличении до 106 раз

Разрешающая способность таких микроскопов достигает десятых долей *нанометра* (от греч. «нанос» - «карлик» и «метрео» - «измеряю»; 1 нм = 10-9 м), благодаря чему стало возможно фотографировать изображения атомарных структур. Человеку удалось увидеть то, что 2,5 тыс. лет казалось принципиально недоступным познанию.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наука не стоит на месте. Появляются сканирующие микроскопы, в которых датчиком наблюдательного устройства является остро заточенная игла, перемещающаяся над изучаемой поверхностью и реагирующая на изменение силы притяжения к её атомам или молекулам. Их разрешающая способность может составлять уже сотые доли нанометра. Наблюдение структур с масштабами порядка нанометра и менее делает возможным конструирование сверхминиатюрных электронных устройств. Роль проводов в подобных структурах выполняют химические связи, а элементами таких «молекулярных компьютеров» становятся соединённые этими связями фрагменты молекул. Нанометрия становится основой будущей технологии - *нанотехнологии* XXI столетия.