

## Античная натурфилософия и современная физика

*Доклад на заседании № 12 Семинара 29 января 2012г.*

Излишне, наверное, доказывать, что тема сегодняшнего доклада выбрана не случайно. Прежде всего, необходимо заметить, что тема эта была задумана и включена в план работы нашего Семинара Евгением Евгеньевичем Ковалёвым. Напомню, что в своём докладе по итогам 2010 года Евгений Евгеньевич сказал буквально следующее (цитирую по тексту его доклада): «В этом году мы пытались приступить к обсуждению истории философии, начиная с античной философии. Ознакомление с античной философией для нас особенно важно, так как именно в этот период в философии зарождались идеи, которые впоследствии нашли много последователей в европейской философии и получили дальнейшее развитие. Пока удалось лишь заслушать доклад о жизни семи античных философов (Гераклита, Сократа, Демокрита, Платона, Диогена, Аристотеля и Пифагора). На следующий год планируется доклад из этого цикла под названием „Натурфилософия Аристотеля и ее влияние на западноевропейскую философию“.» Конец цитаты. Таким образом, сегодняшний доклад также является данью памяти Евгения Евгеньевича Ковалёва.

Всем известно, что по мере развития классической физики античная натурфилософия постепенно отодвигалась в историческую область, то есть рассматривалась в аспекте истории развития философии. Гордые своими достижениями физики способствовали тому, что античная натурфилософия рассматривалась во многих учебных курсах и философских трудах как некий комплекс наивных представлений об устройстве мира. Представлений людей, безусловно умных, но не вооружённых современными знаниями и потому просто заблуждающимися. Переход от классической физики к квантовой теории, вызванный необходимостью объяснения выявляемых парадоксов в мире элементарных частиц, заставил по-новому взглянуть на рассуждения и выводы античных философов. Сразу надо заметить, что до нашего времени сохранились не просто далеко не все труды, например древнегреческих философов, но, скорее всего лишь их малая толика. Большинство древних книг, свитков, манускриптов были варварски уничтожены в разные периоды человеческой истории. В частности, знаменитая Александрийская библиотека была полностью уничтожена. Эта наиболее известная в древности библиотека, была основана в Александрии при Александрийском музееоне в начале 3 в. до н. э. при первых Птолемах. Возглавляли её крупнейшие учёные: Эратосфен, Зенотот, Аристарх Самосский, Каллимах и др. Древние учёные насчитывали в ней от 100 тыс. до 700 тыс. томов. Кроме произведений древнегреческой литературы и науки, составлявших основу библиотеки, в ней имелись книги на восточных языках. В 391 н. э. при императоре Феодосии 1 часть библиотеки, была уничтожена

христианами-фанатиками; последние остатки её погибли, видимо, при господстве арабов в 7—8 вв. Подобным же образом уничтожались древние книги в период средневековья инквизицией. Лишь с наступлением периода Возрождения сохранившиеся к тому времени остатки античной культуры удалось спасти от дальнейшего уничтожения и сохранить до нашего времени.

В мае прошлого года на нашем Семинаре мы уже слушали доклад Ларисы Ивановой об античных философах, что в значительной мере облегчает мою задачу, поскольку Лариса Иванова довольно подробно рассказала нам о жизненном пути и о судьбах наиболее знаменитых философов древности, и мне не придётся уже останавливаться на биографических сведениях об этих учёных. Я постараюсь сосредоточить ваше внимание на сущности их философских воззрений в области физики в контексте сравнительного анализа с современными выводами квантовой теории.

В качестве основного исходного материала для моего доклада я использовал по рекомендации Станислава Яржембовского книгу знаменитого немецкого физика Вернера Гейзенберга, наиболее известного как одного из лидеров германского атомного проекта и о котором нам рассказывал в своём докладе господин Гюнтер Майер. **Вернер Гейзенберг** – лауреат Нобелевской премии по физике 1933 года – являлся одним из создателей современной квантовой теории. Для нас, живущих в Вюрцбурге, немаловажным обстоятельством является тот факт, что Вернер Гейзенберг родился именно здесь, и поэтому его имя, как уроженца Вюрцбурга и великого учёного увековечено в названии одной из улиц нашего города.

Именно Вернер Гейзенберг ввёл в квантовую теорию математический аппарат матричной механики, которую Нильс Бор оценил как новую эру взаимного стимулирования механики и математики. При этом Гейзенберг, основным видом деятельности которого была теоретическая физика, никогда не забывал одного из основных увлечений своей юности – философии, обладая поистине энциклопедическими знаниями философских трудов от Платона до Канта, что и послужило основанием выбора его книги «Физика и философия» в качестве исходного материала к сегодняшнему докладу.



Возникновение квантовой теории связано с известным явлением, которое вовсе не принадлежит к центральным разделам атомной физики. Любой кусок вещества, будучи нагрет, начинает светиться и при повышении температуры становится красным, а затем - белым. Цвет почти не зависит от вещества, и для черного тела определяется исключительно температурой. Поэтому излучение, производимое таким черным телом при высокой температуре, является интересным объектом для физического исследования. Поскольку речь идет о простом явлении, то для него должно быть дано и

простое объяснение на основе известных законов излучения и теплоты. Попытка такого объяснения, предпринятая Рэлеем и Джинсом в конце XIX века, столкнулась с весьма серьезными затруднениями. К сожалению, эти трудности нельзя объяснить с помощью простых понятий. Последовательное применение известных в то время законов природы не привело к удовлетворительным результатам.



Когда научные занятия привели **Макса Планка** в 1895 году в эту область исследований, он попытался на первый план выдвинуть не проблему излучения, а проблему излучающего атома. Хотя поворот в сторону излучающего атома и не устранил серьезных трудностей, однако благодаря этому стали проще их интерпретация и объяснение эмпирических результатов. Как раз в это время, летом 1900 года, Курльбаум и Рубенс произвели новые чрезвычайно точные измерения спектра теплового излучения. Когда Планк узнал об этих измерениях, он попытался выразить их с помощью несложных математических формул, которые на основании его исследований взаимосвязи теплоты и излучения представлялись ему правдоподобными. Формула, которую предложил Планк для объяснения результатов измерений Рубенса, показала полное соответствие:

$$E = h \cdot \nu$$

где  $\nu$  — частота излучения в Гц,

$h$  — постоянная Планка,

$$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}.$$

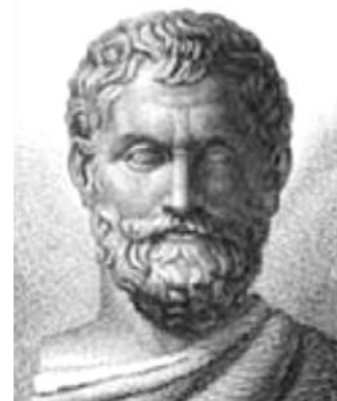
Таким образом был открыт закон теплового излучения Планка. Для Планка это открытие было только началом интенсивных теоретических исследований. Дело в том, что удовлетворительная, казалось бы, формула уже появилась, а такого же удовлетворительного объяснения описываемых ею физических явлений так и не было. Стоял вопрос: какова правильная физическая интерпретация новой формулы? Так как Планк на основании своих более ранних работ мог истолковать эту формулу как утверждение об излучающем атоме (так называемом осцилляторе), он вскоре понял, что его формула имеет такой вид, как если бы осциллятор изменял свою энергию не непрерывно, а лишь отдельными квантами и если бы он мог находиться только в определенных то есть в дискретных состояниях энергии. Этот результат так отличался от всего, что знали в классической физике, что вначале Планк, по-видимому, отказывался в него верить. Но в период наиболее интенсивной работы, осенью 1900 года, он наконец пришел к убеждению, что уйти от этого вывода невозможно.

Дальнейшее становление и развитие квантовой теории было преисполнено драматизма и мучительных поисков объяснения странных противоречий и парадоксов в поведении атомов и элементарных частиц, о

которых мы уже неоднократно рассуждали на заседаниях нашего Семинара. Здесь важно ещё раз подчеркнуть, что все эти парадоксы стали выявляться, когда физики перешли от рассмотрения поведения осязаемых физических тел к рассмотрению поведения атомов и составляющих их элементарных частиц.

Понятие "атом" много старше естествознания нового времени. Оно имеет свои истоки в античной натурфилософии, являясь центральным понятием материализма Левкиппа и Демокрита. С другой стороны, современное понимание атомных явлений имеет весьма малое сходство с пониманием атома в прежней материалистической философии. Более того, можно сказать, что современная атомная физика столкнула естествознание с материалистического пути, на котором оно стояло в XIX веке. Поэтому было бы интересно сопоставить становление понятия атома в древнегреческой философии и его понимание в современной науке.

Идея о существовании наименьших неделимых частиц материи возникла в тесной связи с развитием понятий материи, бытия и становления, характеризующих первый период греческой философии. Этот период начался в VI веке до н.э. с **Фалеса**, основателя милетской школы, который, согласно Аристотелю, считал, что вода есть материальная основа всех вещей. Каким бы странным ни казалось это высказывание, оно, как подчеркнул Ницше, выражает три основные философские идеи. Во-первых, это высказывание содержит вопрос о материальной основе всех вещей. Во-вторых, оно содержит требование рационального ответа на этот вопрос без ссылки на мифы и мистические представления. В-третьих, оно содержит предположение о возможности понять мир на основе одного исходного принципа.



Высказывание Фалеса было первым выражением идеи об основной субстанции, об основном элементе, из которого образованы все вещи. В этой связи слово "субстанция", не имеет еще четкого материалистического смысла, который в настоящее время приписывается этому слову. В это понятие о субстанции включалось и понятие жизни; согласно Аристотелю, Фалес также утверждал, что все вещи "полны богов". Все это имеет отношение и к материальной основе вещей. Нетрудно представить, что Фалес пришел к своим взглядам главным образом путем метеорологических наблюдений. Очевидно, что среди множества вещей именно вода может принимать самые разнообразные формы и быть в самых разнообразных состояниях. Зимой она становится льдом и снегом. Она может превратиться в пар. Из нее состоят облака. Она превращается в землю, где река образует свою дельту, и она в виде родника может образоваться из земли. Вода является условием всякой жизни. Следовательно, вообще если имеется что-либо, подобное основному элементу, основной материи, то естественно считать в качестве основного элемента воду.



Идея первоматерии (основного вещества) развивалась Анаксимандром, учеником Фалеса. **Анаксимандр** отрицал, что первоматерией может быть обыкновенная вода или какая-нибудь другая известная субстанция. Он учил, что первоматерия бесконечна, вечна, неизменна и заполняет собой весь мир. Эта первоматерия преобразуется в различные, известные нам из опыта субстанции. Анаксимандр считал, что из чего возникают вещи, в то же самое они должны и вернуться, согласно справедливости, ибо за несправедливость они должны нести наказание в установленное время. В этой философии решающую роль играет антитеза бытия и становления. Первоматерия - неизменное, бесконечное, недифференцированное бытие - в процессе становления принимает разнообразные формы, пребывающие в непрерывной, вечной борьбе. Процесс становления рассматривается как некоторое ограничение, уменьшение бесконечного бытия, как разрушение в борьбе, как проклятие, которое в конце концов искупается возвратом в невещественное бытие (неопределенность). Борьба, о которой идет речь, есть противоположность между горячим и холодным, между огнем и водой, между влажным и сухим и т.п. Временная победа одного над другим является несправедливостью, которая в установленное время приводит к искуплению. Согласно Анаксимандру, существует вечное движение, непрерывное творение и разрушение миров - из бесконечного в бесконечное.

Для сравнения античной философии с нашими современными проблемами, пожалуй, представляет интерес то, что в современной атомной физике в новой форме возникает проблема: является ли первоматерия одной из известных субстанций или она нечто их превосходящее? В наше время пытаются найти основной закон движения материи, из которого могут быть математически выведены все элементарные частицы со своими свойствами. Это фундаментальное уравнение движения может быть отнесено или к волнам известного вида, например протонным или мезонным, или к волнам принципиально иного вида, не имеющим ничего общего с волнами известных элементарных частиц. В первом случае это означало бы, что все множество элементарных частиц может быть объяснено с помощью нескольких "фундаментальных элементарных частиц". Фактически в последнее время теоретическая физика главным образом исследует эту возможность. Во втором случае всё многообразие элементарных частиц объясняется некоторой универсальной первоматерией, которую можно назвать энергией или материей. В этом случае ни одна из элементарных частиц принципиально не выделяется среди других в качестве фундаментальной частицы. Последняя точка зрения соответствует учению Анаксимандра, и такой взгляд правилен и в современной физике.

Однако вернемся снова к греческой философии. Третий милетский философ, **Анаксимен**, по всей вероятности ученик Анаксимандра, учил, что первома́терией, из которой состоит всё, является воздух. Он считал, что так же как наша душа есть не что иное, как воздух, и нас объединяет, так дуновение и воздух объединяют весь мир. Анаксимен ввел в милетскую философию идею, что причиной превращения первома́терии в другие субстанции является процесс сгущения и разрежения.



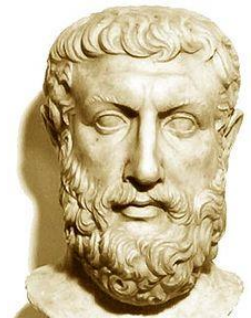
В философии Гераклита первое место заняло понятие становления. **Гераклит** считал первома́терией движущийся огонь. Трудность соединения идеи единого принципа с наличием бесконечного превращения явлений разрешалась Гераклитом посредством предположения о том, что непрерывно происходящая борьба между противоположностями и есть своего рода гармония. Для Гераклита мир одновременно и единое и многое, именно напряжение противоположностей образует единство целого. Он утверждал: борьба есть всеобщая основа всякого бытия, и эта борьба есть одновременно уравнивание; все вещи возникают и снова исчезают в процессе борьбы.

Если окинуть взором греческую философию с ее возникновения до момента, когда появилась философия Гераклита, то легко увидеть, что с самого начала она несла в себе противопоставление понятий единого и многого. В наших представлениях мир раскрывается как бесконечное многообразие вещей и событий, цветов и звуков. Но, чтобы его понять, необходимо установить определенный порядок. Порядок означает выяснение того, что тождественно. Он означает единство. На основании этого возникает убеждение, что должен существовать единый принцип; но в то же время возникает трудность: каким путем вывести из него бесконечное многообразие вещей. Естественный исходный пункт: существует материальная первопричина вещей, так как мир состоит из материи. Однако при доведении до логического конца идеи о принципиальном единстве приходят к бесконечному неизменному, бессубстанциональному "бытию", которое само по себе не может объяснить всё бесконечное многообразие вещей безотносительно к тому, считаем ли мы это бытие материальным или нет. Отсюда полярность бытия и становления и, в конце концов, идея Гераклита, что основной принцип – это изменение, вечное превращение, которое обновляет мир. Но само превращение-то не является материальной причиной! Этим объясняется, что в философии Гераклита материальная причина представлена в виде огня. Огонь как первоэлемент является одновременно и материей и движущей силой.

Мы теперь можем сказать, что современная физика в некотором смысле близко следует учению Гераклита. Если заменить слово "огонь" словом "энергия", то почти в точности высказывания Гераклита можно считать

высказываниями современной науки. Фактически энергия это то, из чего созданы все элементарные частицы, все атомы, а потому и вообще все вещи. Одновременно энергия является движущим началом. Энергия есть субстанция, ее общее количество не меняется, и, как можно видеть во многих атомных экспериментах, элементарные частицы создаются из этой субстанции. Энергия может превращаться в движение, в теплоту, в свет и электрическое напряжение. Энергию можно считать первопричиной всех изменений в мире. Однако более детальное сравнение греческой философии с современными естественнонаучными представлениями мы осуществим немного позднее.

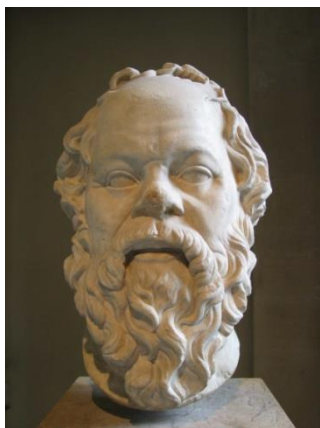
Греческая философия в учении **Парменида** на некоторое время возвратилась к понятию "единого". По-видимому, его важнейшим вкладом в греческую философию является введение им в метафизику одного чисто логического аргумента. Согласно этому аргументу, нельзя знать того, чего нет; не может существовать то, что в то же время нельзя выразить; не может быть одно и то же - то, что немыслимо, и то, что может существовать. Поэтому существует только единое, и нет никакого становления и уничтожения. Такое утверждение относится по всей вероятности к философскому течению монизма, о котором, если вы помните шла речь в докладе о философских взглядах Циолковского при рассмотрении его работы «Монизм Вселенной». На основании логических соображений **Парменид** отрицал существование пустого пространства. Так как всякое изменение предполагает понятие пустого пространства, то он отрицал как иллюзию и всякое изменение.



Однако философия не могла долго останавливаться на этих парадоксах. **Эмпедокл** перешел от монизма к одной из разновидностей плюрализма. Чтобы устранить трудность, заключающуюся в том, что ни один из первоэлементов не дает достаточной основы для объяснения многообразия вещей и событий, он рассматривал четыре основных элемента - землю, воду, воздух и огонь. Элементы соединяются и разделяются под воздействием любви и вражды. Любовь и вражду, которые обуславливают вечное изменение, и четыре первоэлемента он представлял как нечто телесное. Эмпедокл следующим образом описывал происхождение мира: сначала существовала бесконечная сфера единого. Последнее утверждение совпадает с подобным утверждением философии Парменида. В первоначальной теории Эмпедокла в отличие от первоначальной Парменида смешаны под влиянием любви четыре "корня", четыре первоэлемента. Когда любовь отступает и наступает вражда, элементы отчасти разделяются, отчасти снова объединяются. Наконец элементы полностью разделяются, и любовь совершенно исчезает из мира. Затем любовь снова наступает и соединяет элементы, и вражда исчезает. Так что опять все возвращается в первоначальное состояние. Здесь уместно вспомнить о

современном представлении о вакууме, который буквально кипит виртуальными элементарными частицами и античастицами. Возникая из вакуума попарно частицы и античастицы тут же схлопываются. Некоторые не успевают схлопнуться (кстати, их можно успеть растащить сильным электрическим полем, такие эксперименты успешно проводились) и, если их, разделённых частиц, окажется достаточное количество, то при определённых условиях может сформироваться материя. То есть по Эмпедоклу именно разделение элементов, то есть вражда, и сопутствует материальному миру. Любовь же существует только в виртуальном мире. Если рассуждать категориями теологическими, бог есть любовь. А божественное – это не материальное. Материальный же мир основан на зле, то есть на вражде по Эмпедоклу, и представляет собой в сущности ад. Более подробное рассуждение на эту тему вы можете найти в эссе Станислава Яржембовского «Знамение Силоама», опубликованном в журнале «Звезда» №4 за 2010 год.

Учение Эмпедокла, хотя в нем большую роль играют не очень ясные понятия любви и вражды, представляет в известной мере поворот в греческой философии к более конкретным и в этом смысле материалистическим представлениям. Четыре элемента являются не столько основными началами, сколько материальными субстанциями. Этим впервые выражается мысль, что соединение и разделение нескольких принципиально различных субстанций объясняет бесконечное многообразие явлений. Плюрализм будет всегда казаться неудовлетворительным тем, кто привык думать последовательно (принципиально). Плюрализм представляет собой весьма разумный компромисс, устраняющий трудности монизма и в то же время допускающий определенный порядок.



Следующий шаг в направлении к понятию атома был сделан **Анаксагором**, современником Эмпедокла. Он жил в Афинах, по всей вероятности в первой половине V века до н.э. Анаксагор развивал идею, что всё изменение в мире происходит благодаря соединению и разъединению различных элементов. Он считал, что существует бесконечное многообразие бесконечно малых "семян", из которых состоят все вещи. Эти семена не имеют отношения ни к одному из четырех элементов Эмпедокла. Напротив, существует бесконечное множество семян. Семена соединяются и разъединяются, и таким образом происходит изменение. Учение Анаксагора впервые дало геометрическое толкование выражению "соединение": **так** как он говорил о бесконечно малых **семенах**, то их соединение можно представить как соединение песчинок разного цвета. Семена могут изменяться в числе и в относительном положении. Анаксагор полагал, что все семена имеются во всех телах, но изменяется только их отношение от тела к телу. Анаксагор утверждал, что все вещи во всем, и невозможно им полностью разделиться, но все вещи имеют некоторую часть всего. Вселенная Анаксагора



создается не посредством любви и вражды, а посредством "нуса", что в переводе примерно означает "ум" или «разум».



Для перехода от философии к понятию атома необходим был только один шаг, и этот шаг был сделан **Левкиппом и Демокритом** из Абдеры. Полярность бытия и небытия философии Парменида здесь была заменена полярностью "заполненного" и "пустого". Бытие не есть только единое; оно может бесконечно повторяться. Оно



Демокрит

атом, мельчайшая неделимая частица материи. Атом вечен и неразложим, но он обладает конечной величиной. Движение невозможно без существования пустого пространства между атомами. Так впервые в истории была выражена мысль о существовании в качестве первичных кирпичей наименьших частиц материи, мы бы сказали теперь – элементарных частиц. После того, как физикам стало известно строение атома, после того, как даже атомное ядро удалось расщепить на более мелкие частицы, которые, как только что было сказано, мы называем сегодня элементарными, термин «атом» изменил своё значение, но античные философы под этим термином понимали всё-таки некие, хоть им и неизвестные, но априори самые мельчайшие и абсолютно неделимые частицы материи.

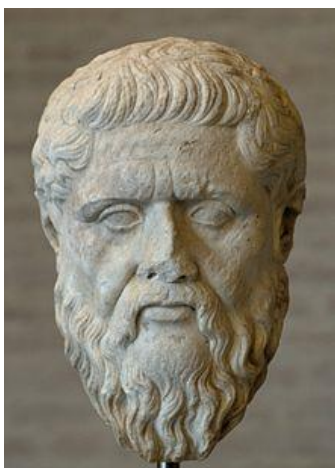
Логическое обоснование возражения Парменида против пустого пространства, против того, что небытие не может существовать, просто игнорировалось на основании опыта. С точки зрения современной науки мы бы сказали, что пустое пространство между атомами Демокрита – это **не** ничто; оно является носителем геометрии и кинематики и делает возможным порядок и движение атомов. До сих пор возможность пустого пространства осталась нерешенной проблемой. В общей теории относительности Эйнштейна показано, что геометрия и материя взаимно обуславливают друг друга. Такой ответ соответствует взгляду, представляемому во многих философских системах и заключающемуся в том, что пространство определяется протяженной материей. Демокрит сохранил представление о пустом пространстве для того, чтобы иметь возможность объяснить изменение и движение.

Атомы Демокрита суть та же самая субстанция, которая прежде обладала одним свойством - "быть"; но они имеют различную величину и форму. Поэтому их можно считать делимыми в математическом, а не в физическом смысле. Атомы могут двигаться и занимать различное положение в пространстве. Но они не обладают никакими другими физическими свойствами. У них нет ни цвета, ни запаха, ни вкуса, то есть они не осязаемы в отличие от тех физических тел, свойства и движение которых описываются классической физикой и, разумеется, химией в том числе. Свойства материи, воспринимаемые нашими органами чувств, согласно этому взгляду создаются путем расположения атомов в пространстве и их движения. Этим объясняется, что в развитии атомистической философии геометрия и кинематика, обусловленные пустотой, имели большее значение, чем чистое бытие. Как известно, Демокрит утверждал,

что только кажется, что вещи имеют цвет; только кажется, что они сладкие или горькие. В действительности существуют только атомы и пустота.

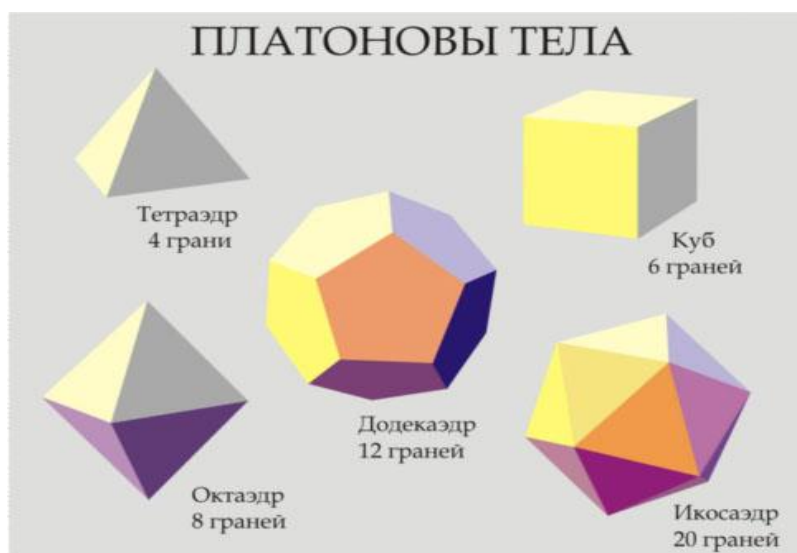
Атомы в философии Левкиппа не двигались просто случайно. Левкипп, по-видимому, полностью исходил из детерминизма, ибо он говорил, что ничто не возникает из ничего, а всё – из определенной причины и необходимости.

Атомисты не дали никакого объяснения происхождения и причины первого толчка, вызывающего первоначальное движение атомов. Это хорошо согласуется с их положением о причинном описании движения атомов. Причинность всегда объясняет последующие события через предыдущие, но никогда не может объяснить исходное начало. В дальнейшем основные идеи атомического учения частично были восприняты последующими греческими философами, частично – изменены.



Для сравнения с современной физикой атома представляет интерес понимание материи Платоном, высказанное им в диалоге "Тимей". Платон не был атомистом. По свидетельству Диогена Лаэртского, Платон до такой степени не одобрял философию Демокрита, что у него было желание сжечь все его книги. Но Платон в своем учении соединил представления, близкие атомистам, с представлениями пифагорейской школы и философией Эмпедокла. Школа пифагорейцев была связана с орфическим культом, которому покровительствовал Дионис. Именно в пифагорейской школе установлена взаимосвязь между религией и математикой, которая начиная с того далекого времени оказывала сильнейшее влияние на человеческое мышление. По-видимому, пифагорейцы впервые осознали творческую силу математики. Их открытие, что две струны производят гармоническое звучание при условии, если их длины находятся в определённом рациональном соотношении, показало им значение математики для понимания явлений природы. Собственно, для них дело заключалось не только в рациональном понимании. Для них математическое отношение длин струн создавало гармонию звуков. Бертран Рассел сказал: "Я не знаю ни одного человека, который бы оказал такое влияние на человеческое мышление, как Пифагор".

Платон знал о пяти правильных геометрических телах, открытых пифагорейцами, и о том, что их можно сопоставить с элементами Эмпедокла.



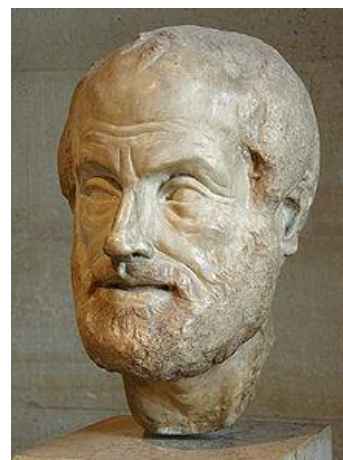
Наименьшие части элемента земли он ставил в связь с кубом, наименьшие части элемента воздуха – с октаэдром, элементы огня - с тетраэдром, элементы воды – с икосаэдром. Не было элемента, соответствующего додекаэдру. Здесь Платон сказал, что существует еще пятый элемент, который Бог использовал, чтобы создать Вселенную. К слову сказать, в ЦЕРНе на Большом Адронном коллайдере до сих пор пытаются обнаружить теоретически предсказанный бозон Хиггса, называемый также частицей Бога, которая обеспечивает массой все остальные элементарные частицы.

13 декабря 2011 года в ЦЕРНе были представлены самые последние данные по поиску хиггсовского бозона на LHC. Предварительные данные указывают на то, что существует некая частица с массой около 125 ГэВ, которая выглядит очень похоже на хиггсовский бозон. Для более сильных утверждений потребуется дальнейший набор статистики, который начнется лишь весной 2012 года.

Правильные геометрические тела в некотором отношении можно сравнить с атомами; однако Платон категорически отрицал их неделимость. Он конструировал свои правильные тела из двух видов треугольников: равностороннего и равнобедренного прямоугольного. Соединяя их, он получал грани правильных тел. Этим объясняется частичное превращение элементов друг в друга. Правильные тела можно разложить на треугольники, а из этих треугольников можно построить новые правильные тела. Например, тетраэдр и два октаэдра можно разложить на 20 равносторонних треугольников. Эти последние можно вновь соединить и получить икосаэдр, то есть один атом огня и два атома воздуха в сочетании дают один атом воды. Обратите внимание на эту формулировку Платона (повторю ещё раз): **один атом огня и два атома воздуха в сочетании дают один атом воды**. Попробуйте в этой формулировке заменить огонь кислородом, а воздух водородом. Что получится? Треугольники, утверждает Платон, нельзя считать материей, так как они не имеют объёма. Только в том случае, если треугольники объединены в правильные тела, возникает частица материи. Поэтому наименьшие частицы материи у Платона не являются первичными образованиями, как это имело место у Демокрита, и они

представляют собой математические формы. Понятно, что в этом случае форма имеет большее значение, чем вещество, из которого форма состоит или в которой оно выявляется.

Пятый первоэлемент, который пытался определить Платон, впоследствии был назван его учеником Аристотелем. Он назвал этот элемент эфиром, т.е. небесной субстанцией. **Аристотель**, живший в 4 веке до нашей эры, являвшийся воспитателем Александра Македонского и основавший первый в истории Ликей, т.е. лицей, как бы завершил в основном формирование натурфилософии как законченного философского учения. Наиболее влиятельный из диалектиков древности, основоположник формальной логики, он создал понятийный аппарат, который до сих пор пронизывает философский лексикон и сам стиль научного мышления. Аристотель был первым мыслителем, создавшим всестороннюю систему философии, охватившую все сферы человеческого развития — социологию, философию, политику, логику, физику. Его взгляды на онтологию имели серьезное влияние на последующее развитие человеческой мысли. Метафизическое учение Аристотеля было принято Фомой Аквинским, и развито схоластическим методом.



Теперь, после краткого обзора развития греческой философии вплоть до формирования понятия атома, мы снова возвратимся к современной физике и спросим, как наше современное понимание атома и квантовая теория относятся к развитию античной натурфилософии. Исторически слово "атом" в физике и химии нового времени было связано с самого начала со сложным объектом. Это произошло в XVII веке, когда началось возрождение наук. В то время атомами именовались те части химического элемента, которые с точки зрения современной науки являются довольно сложными образованиями. Единицы, еще меньшие, чем атом химического элемента, сегодня называются элементарными частицами. И если что из современной физики подлежит сравнению с атомами Демокрита, так это элементарные частицы: протон, нейтрон, электрон, мезон.

Демокриту было совершенно ясно, что если атомы посредством своего движения и конфигурации объясняют свойства материи – такие, как цвет, вкус, запах, - то сами они не могут обладать этими свойствами. Поэтому Демокрит лишил атомы этих свойств, и атом у Демокрита представляет собой довольно абстрактную единицу материи. Атом у Демокрита обладает свойством существования и движения, имеет форму и пространственное протяжение. Без этих свойств было бы трудно говорить об атоме. Отсюда следует, что понятие "атом" не объясняет геометрическую форму, пространственное протяжение и существование материи, поскольку эти свойства **предполагаются** и ни к чему более первичному не сводятся. Современное понимание элементарных частиц в решении этих вопросов является более последовательным и радикальным.

Например, мы очень просто и легко употребляем слово "нейтрон". Но мы не в состоянии дать никакого определенного образа нейтрона и не можем сказать, что, собственно, мы понимаем под этим словом. Мы пользуемся различными образами и представляем нейтрон то как частицу, то как волну или волновой пакет. Но мы знаем, что ни одно из этих описаний не является точным. Очевидно, нейтрон не имеет цвета, запаха, вкуса. Тем самым он подобен атомам греческой философии. Но элементарные частицы в некотором отношении лишены и других свойств. Обычные представления геометрии и кинематики о частице, такие, как форма или движение в пространстве, не могут применяться в отношении элементарных частиц непротиворечивым образом. Если хотят дать **точное** описание элементарной частицы, то единственное, что может быть пригодно в качестве этого описания, - это функция вероятности. Отсюда делают вывод, что вообще если речь идет о "свойстве", то свойство "быть" не подходит без ограничения к элементарной частице. Есть только тенденция, возможность "быть". Поэтому элементарные частицы современной физики значительно абстрактнее, чем атомы у греков. Именно по этой причине они представляют более подходящий ключ для понимания природы материи.

В философии Демокрита все атомы состоят из одной и той же субстанции (материала), поскольку вообще здесь можно применить это слово. Элементарные частицы современной физики имеют массу. По теории относительности масса и энергия, в сущности, одно и то же, и поэтому можно сказать, что все элементарные частицы состоят из энергии. Таким образом, энергию можно считать основной субстанцией, первомагией. Фактически она обладает существенным свойством, принадлежащим понятию субстанции: она сохраняется. На этом основании, представления современной физики очень сходны с представлениями Гераклита, если только элемент "огонь" интерпретировать как энергию. Энергия есть движущее. Она рассматривается как конечная причина всех изменений и может превращаться в материю, теплоту и свет. Борьба противоположностей, характерная для философии Гераклита, находит здесь свой прообраз во взаимодействии различных форм энергии.

В философии Демокрита атомы являются вечными и неразложимыми единицами материи: они не могут превращаться друг в друга. Современная физика выступает против положения Демокрита и встает на сторону Платона и пифагорейцев. Элементарные частицы не являются вечными и неразложимыми единицами материи, фактически они могут превращаться друг в друга. При столкновении двух элементарных частиц, происходящем при большой скорости, образуется много новых элементарных частиц. Вот почему в поисках новых элементарных частиц и строятся гигантские коллайдеры, в которых пучки элементарных частиц разгоняются до огромных скоростей и при этом ещё и направляются навстречу друг другу, чтобы сложением скоростей увеличить энергию до гигантских значений. Возникая из энергии движения, столкнувшиеся частицы могут при этом и исчезнуть. Такие процессы наблюдаются часто и являются лучшим доказательством того, что все частицы состоят из одинаковой субстанции - из энергии. Но сходство воззрений современной физики с воззрениями Платона и пифагорейцев простирается еще дальше. Элементарные

частицы, о которых говорится в диалоге Платона "Тимей", ведь это, в конце концов не материя, а математические формы. "Все вещи суть числа" – это положение, которое приписывается Пифагору. Единственными математическими формами, известными в то время, являлись геометрические и стереометрические формы, подобные правильным телам и треугольникам, из которых образована их поверхность. В современной квантовой теории едва ли можно сомневаться в том, что элементарные частицы в конечном счете суть математические формы, только гораздо более сложной и абстрактной природы. Греческие философы думали о статических геометрических формах и находили их в правильных телах. Естествознание нового времени при своем зарождении в XVI и XVII веках сделало центральной проблемой проблему движения, следовательно, ввело в свое основание понятие времени. Неизменно со времен Ньютона в физике исследуются не конфигурации или геометрические формы, а динамические законы. Уравнение движения относится к любому моменту времени, оно в этом смысле вечно, в то время как геометрические формы, например орбиты планет, изменяются. Поэтому математические формы, представляющие элементарные частицы, в конечном счете должны быть решением неизменного закона движения материи.

В последующие годы развитие физики пришло к такому состоянию, что физики стали стремиться сформулировать основной закон для материи. Экспериментальная физика собрала большой материал о свойствах элементарных частиц и их превращений. Теоретическая физика может попытаться, исходя из этого материала, вывести основной закон для материи. Как вы возможно помните, на нашем Семинаре обсуждался вопрос о том, как Эйнштейн ещё в двадцатых годах прошлого века пытался создать единую теорию поля. Такая теория должна была объединить электромагнитное и гравитационное поля на общей математической основе и заложить таким образом теоретический фундамент основного закона для материи. Однако те несколько работ, которые он опубликовал по этому вопросу, не удовлетворили его самого. Попытки создать некую единую Теорию Всего продолжаются и до сих пор. Собственно говоря, сейчас уже существует так называемая M – Теория. Это современная физическая теория, созданная в середине 90-х годов с целью объединения фундаментальных взаимодействий. Еще раньше был предложен простой вид уравнения материи. Хотя лишь в будущем выяснится, насколько верно это уравнение, все же эта первая попытка показывает такие черты физики и философии (которые с большой вероятностью могут быть установлены из изучения элементарных частиц), что, по крайней мере, качественно эту попытку следует описать.

Речь идет о нелинейном волновом уравнении для операторов поля. Вернер Гейзенберг, упоминая в своей книге об этом уравнении, имеет в виду, по-видимому, уравнение Дирака - релятивистское волновое уравнение, играющее фундаментальную роль в релятивистской квантовой механике и квантовой теории поля. Рассмотрим только общий вид этого уравнения без объяснения компонентов и их соотношений.

$$\left( mc^2 \alpha_0 + c \sum_{j=1}^3 \alpha_j p_j \right) \psi(\mathbf{x}, t) = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}(\mathbf{x}, t)$$

Назовём лишь некоторые компоненты:  $m$  – это масса элементарной частицы;  $c$  – скорость света; «пси» - четырёхмерная волновая функция; «хи» - комплекс из трёх пространственных координат;  $t$  – время. Кроме того, здесь присутствуют операторы, описываемые матрицами. Их объяснение сопряжено с определёнными сложностями и не укладывается в рамки сегодняшнего доклада.

Но это уравнение рассматривается как математическое представление всей материи, а не какого-либо определенного вида элементарных частиц или полей. Это волновое уравнение математически эквивалентно сложной системе интегральных уравнений, которые, как говорят математики, обладают собственными значениями и собственными решениями. Собственные решения представляют элементарные частицы. Следовательно, они суть математические формы, которые заменяют правильные тела пифагорейцев.

Это уравнение содержит большое количество различных свойств симметрии, и, по-видимому, богатый экспериментальный материал о превращении элементарных частиц точно соответствует этим свойствам симметрии.

Следовательно, современная физика идет вперед по тому же пути, по которому шли Платон и пифагорейцы. Это развитие физики выглядит так, словно в конце его будет установлена очень простая формулировка закона природы, такая простая, какой ее надеялся видеть еще Платон. Трудно указать какое-нибудь прочное основание для этой надежды на простоту, помимо того факта, что до сих пор основные уравнения физики записывались простыми математическими формулами. Подобный факт согласуется с религией пифагорейцев, и многие физики в этом отношении разделяют их веру, однако до сих пор еще никто не дал действительно убедительного доказательства, что это должно быть именно так.

Можно привести соображение, касающееся часто задаваемого вопроса относительно понятия элементарной частицы в современной физике. Почему физики говорят о том, что элементарные частицы не могут быть разложены на меньшие частицы. Ответ на этот вопрос отчетливо показывает, насколько современное естествознание абстрактнее греческой философии. Современное соображение на этот счет примерно такое: как можно разложить элементарные частицы? Единственные средства эксперимента, имеющиеся в нашем распоряжении, - это другие элементарные частицы. Поэтому столкновения двух элементарных частиц, обладающих чрезвычайно большой энергией движения, являются единственными процессами, в которых такие частицы, пожалуй, могут быть разложимы. Они распадаются при таких процессах иногда даже на много различных частей. Однако сами составные части – снова элементарные частицы, а не какие-нибудь маленькие части их, и их массы образуются из энергии движения столкнувшихся частиц. Другими словами: благодаря превращению

энергии в материю составные части элементарных частиц – снова элементарные частицы того же вида.

После такого сравнения современных представлений атомной физики с греческой философией необходимо предостережение, которое исключало бы возникновение недоразумения. С первого взгляда всё это может выглядеть так, как будто греческие философы благодаря гениальной интуиции пришли к таким же или, по крайней мере к очень сходным результатам, к которым мы продвинулись в новое время после нескольких веков труднейшей работы в области эксперимента и математики. Но такое толкование нашего сравнения несло бы в себе опасность грубого непонимания. Существуют очень большие различия между современным естествознанием и греческой философией, и одно из важнейших различий состоит именно в эмпирическом основании современного естествознания. Со времен Галилея и Ньютона естествознание основывается на тщательном изучении **отдельных** процессов природы и на требовании, согласно которому о природе можно делать только высказывания, подтвержденные экспериментами. Мысль, что посредством эксперимента можно выделить процессы природы, чтобы изучить их детально и при этом вскрыть неизменные законы, содержащиеся в постоянном изменении, не возникала у греческих философов. Поэтому современное естествознание покоится на более скромном и более прочном фундаменте, чем античная философия. Если, например, Платон, говорил, что наименьшие частицы огня суть тетраэдры, то очень нелегко представить, что он в действительности думал. Символически ли форма тетраэдра принадлежит элементу огня или наименьшие частицы огня ведут себя механически как жесткие или упругие тетраэдры, и посредством какой силы они могут быть разложены на треугольники, о которых писал Платон? Современное естествознание должно бы, наконец, спросить: как можно экспериментально решить, что атомы огня суть тетраэдры и не могут быть чем-либо иным, например кубами. Поэтому если современная теория поля утверждает, что протон представляется посредством некоторого определенного собственного решения основного уравнения материи, то это означает, что из данного решения математически выводятся **все** возможные свойства протона и что правильность решения может быть доказана в каждом отдельном случае посредством эксперимента. Возможность экспериментально доказать справедливость высказывания с очень большой точностью придает высказываниям современной физики больший вес, чем тот, которым обладали высказывания античной натурфилософии.

И все-таки некоторые высказывания античной философии удивительно близки высказываниям современного естествознания. А это показывает, как можно далеко пойти, если связать наш обычный опыт, не подкрепленный экспериментом, с неустанным усилием создать логический порядок в опыте и попытаться, исходя из общих принципов, понять его.