**Механика. Античность и эллинский период**

Ильичев А. Т.

Исторический экскурс в прошлое физики, вне всякого сомнения, позволяет лучше понять логику формирования и развития этой науки, приведшую к современному ее состоянию. Нам представляется, что понимание причины возникновения физики, ее изначальных целей, знакомство с этапами ее развития и ходом мысли ее творцов, способствует интеграции физического научного знания в мировоззренческий комплекс учащегося и препятствует обособлению этой науки в отдельную мировоззренческую категорию. Мы надеемся, что знакомство с историей науки помогает формированию независимого мышления, которое, как писал знаменитый физик Дж. Дж. Томсон, приводит "…к вере в Бога, которая есть основание религии". Кроме чисто гуманитарных сведений об исторических этапах развития физики и биографиях наиболее выдающихся ученых, сыгравших значительную роль в ее формировании и развитии, знакомство с историей физики может способствовать эффективности усвоения концептуальных положений этой науки, так как информация о развитии науки очевидным образом имеет и чисто методическую составляющую.

Мы приступаем к публикации серии материалов, в которых будет рассказано о возникновении и основных этапах развития разделов физики, изучаемых в средней школе. Начнем с механики материальной точки и твердого тела, которой принадлежит несомненное право открывать любой курс физики. Для настоящей публикации использованы материалы книги Марио Льоцци "История физики", переведенной на русский язык в издательстве "Мир" в 1971 г.

**Уровень техники и культуры.**

Наличие обширного комплекса практических знаний и технических навыков, высокий общий культурный уровень, а также язык, уже отточенный на тонких философских и математических исследованиях,— все это создало почву в Греции в IV веке до н. э. для начала работы по описанию, упорядочению и объяснению явлений природы. Вокруг этого ядра в течение веков сформировалась физика (от слова physis — природа) в современном ее понимании.

Практические знания и технический опыт, как и некоторые начатки научных исследований, пришли к грекам от народов еще более древней культуры, в первую очередь из Вавилона и Египта; самые древние научные достижения Китая, начало которых можно отнести к XIII веку до н. э., по-видимому, не оказали влияния на греческую культуру.

Из глубокой древности, возможно более чем за 3000 лет до н. э., пришли такие изобретения, как обожженный кирпич, гончарный круг, колесный экипаж. Практическое применение этих изобретений относится примерно к периоду около 3000 лет до н. э., который в истории техники носит название первой промышленной революции. Несколько позднее были открыты способы выплавки и обработки металлов, изобретены весельные и парусные суда, применены плуг, весы, отвес, уровень, угломер, циркуль, клещи. Во втором тысячелетии до н. э. были изобретены кузнечные мехи, рычаги, клин, домкрат, блоки, сифон, водяные часы.

Вместе с первыми гражданскими институтами появляется соответствующая техника, уже достаточно развитая на заре греческой цивилизации: водоснабжение, орошение и осушение земель; техника, связанная с производством продуктов питания (обработка зерновых, приготовление муки и хлеба, использование процессов брожения и т. п.); техника изготовления красок, лаков, применение которых в самой глубокой древности обусловлено не столько стремлением к красоте, сколько религиозным значением изображений; производство и применение благовоний и притираний, употреблявшихся первоначально по гигиеническим и ритуальным соображениям и лишь потом уже в косметических целях.

Если представить себе, какого уровня знаний, какой высокой организации и изобретательности требовала эта техника, то становится понятно, почему большая часть историков вопреки распространенному мнению считает теперь, что не техника возникает как применение науки, а, наоборот, наука развивается на базе широкого технического опыта, постепенно накопленного человечеством в течение тысячелетий. Лишь значительно позднее, приблизительно в эллинский период, наука начинает приносить некоторую пользу технике, в свою очередь, обогащаясь за ее счет.

Трудно допустить, что разнообразнейшие практические знания, которые человек, побуждаемый необходимостью сделать свою жизнь более безопасной и более легкой, накопил в столкновении с силами природы, были приобретены пассивно, без длительного наблюдения основных явлений природы, без какого бы то ни было эксперимента, хотя бы самого примитивного. Есть некоторые указания, что и до древних греков люди не ограничивались чисто пассивным восприятием. Так, еще в Вавилоне и Древнем Египте был предпринят ряд попыток упорядочения данных опыта и наблюдения: введение уже к 2500 г. до н. э. фиксированных единиц измерения длины, веса и емкости; осознание периодического чередования времен года; разделение года на месяцы, дни и часы. Но эти примеры еще столь немногочисленны и неопределенны, что мы вынуждены рассматривать весь комплекс практических знаний древних народов лишь как сырье для последующего построения физики.

Общий уровень греческой культуры, несомненно, способствовал тому, что техника выросла в науку, связывающую воедино и объясняющую совокупность накопленных сведений и позволяющую таким образом предвидеть явления и влиять на них.

Уровень культуры определялся не только литературными традициями, пышным расцветом философских школ в течение двух столетий, начиная с Фалеса Милетского (около 642—548) и вплоть до Платона (428—348). Как известно, труды тех философов, которые жили до Сократа, сохранились главным образом в виде цитат, рассеянных в трудах более поздних авторов. Но из этих отрывков, как и из других древних источников, не видно, чтобы греческие философы вплоть до Платона интересовались собственно физическими вопросами, т. е. отдельными явлениями природы и свойствами конкретных предметов. Наоборот, они со свойственными юности порывом, дерзостью и свежестью отваживались сразу на исследование первоначала всех вещей, ставя перед собой общие проблемы мироздания, что при незнании конкретных законов природы неизбежно принимало явно метафизический характер. Поэтому их умозрительные построения, представляющие интерес для истории философии, не имеют существенного значения для истории физики.

Этот исторический обзор не означает, что мы отрицаем влияние греческой философии первых двух веков на историю физики. Рассуждения философов ионической школы о первоначале, пифагорейское учение о четырех стихиях, атомизм Левкиппа и Демокрита, анимизм Платона послужат путеводными вехами и источником вдохновения также и для физиков, когда, как мы убедимся в дальнейшем, они, вооруженные знанием конкретных фактов, вновь вернутся к попытке создать более обширную и уже более обоснованную единую картину мира.

Именно поэтому труды первых философских школ представляют собой элемент культурного фона, который способствует развитию научных исследований и делает возможным появление научного языка. Была создана та совокупность способов выражения, причинных связей, логических подходов, та основа "общепринятого смысла", или научного "здравого смысла", который всегда будет "общепринятым" и "здравым" не в абсолютном смысле, а лишь относительно уровня культуры человечества определенной эпохи.

**Аристотель.**

Если бы труды философов того времени не были утрачены, возможно, мы обнаружили бы уже в трудах, созданных в первые два века греческой философией, следы наблюдений и опытов над конкретными явлениями и телами.

Это предположение подтверждается первой значительной попыткой научной систематизации — трудами Аристотеля о природе, включенными в обширную энциклопедию знаний, которая явно не могла быть итогом творчества одного человека, а представляла собой результат сотрудничества многих людей или многих поколений. Организаторский гений Аристотеля позволил свести обширный материал в единое целое, в единую систему, которая в течение почти двух тысяч лет служила каркасом науки.

Аристотель родился в Стагире, во Фракии, в 384 г. до н. э. Он был учеником Платона. Покинув Афины после смерти своего учителя, он отправился путешествовать по Греции. С 343 по 340 г. он находился при дворе Филиппа Македонского в качестве воспитателя его сына — будущего Александра Великого. В 335 г. Аристотель вернулся в Афины и основал там свою школу — "Ликей", названную так по имени священного сада Аполлона, в котором она была расположена. Он руководил этой школой 12 лет, пока после смерти Александра Великого верх в Афинах не взяла антимакедонcкая реакция, и Аристотелю пришлось бежать и искать убежища в Халкиде, где он и умер в 322 г. до н. э. в возрасте 63 лет.

Сочинения Аристотеля в форме диалогов в основном утеряны, тогда как его труды, написанные в повествовательной манере, почти все сохранились. Среди них с точки зрения физики представляют интерес следующие трактаты: "Physical ("Физика"), "De Coelo" ("О небе"), "De generatione et corruptione" ("О возникновении и уничтожении"), "Мeteorologia" ("Метеорология"). К ним следует добавить "Problemata" ("Проблемы") и "Mechanical ("Механика"), написанные в форме вопросов и ответов, хотя авторство Аристотеля для этих двух произведений точно не установлено.

Натурфилософские работы Аристотеля систематизируют все физические знания того времени; них излагаются, а местами и опровергаются воззрения предшествовавшей эпохи. Аристотель, борясь с пифагорейской и платоновой мистикой, пытался основать физику на наблюдении и эксперименте.

Особый интерес для нас представляет аристотелево учение о движении, которое господствовало в физике в течение полутора тысячелетий и стало подвергаться ожесточенным нападкам лишь позже, начиная с эпохи Возрождения. Движению Аристотель придавал значительно более широкий смысл, чем принято в физике со времен Галилея. Аристотель понимает под движением любое количественное или качественное изменение, благодаря которому явление реализуется. Такое широкое понимание движения позволяет ему утверждать, что в природе все есть движение. Частному понятию изменения положения тела с течением времени он дал наименование локального движения, а локальные движения он разделял на естественные и насильственные, тем самым отрицая непрерывность явлений и их однородность, и вводя зависимость от того, происходят ли эти движения по естественным или по случайным причинам.

Естественные движения бывают прямолинейными, как, например, те движения, которые мы постоянно видим вокруг себя (падение тяжелых тел, подъем легких тел), или круговыми, подобно круговращению звезд. Регулярность и вечность круговращения звезд должны иметь какую-то причину, которую Аристотель усматривал в неподвижном перводвигателе, сообщающем движение всем сферам, к которым прикреплены звезды и центр которых совпадает с центром Земли. Если представление о неподвижном перводвигателе было понятием, безусловно, метафизическим и даже теологическим, то помещение Земли в центре мироздания соответствовало данным повседневного опыта, который показывал, что звезды обращаются вокруг Земли.

Данным грубых наблюдений соответствуют также законы Аристотеля для естественного движения тел в подлунном мире. Из повседневного опыта известно, что есть тела, которые падают вниз, и тела, которые возносятся вверх (например, дым или огонь). Отсюда делается заключение, что тяжелые тела, естественно, стремятся к "своему месту", находящемуся в центре Земли, а легкие стремятся ввысь, к граничной поверхности мировой сферы. Во всех случаях все тела, тяжелые или легкие, стремятся к своему естественному месту.

По Аристотелю, траектория ядра или брошенного тела состоит из трех частей: первая часть — прямолинейная наклонная, третья — прямолинейная вертикальная, а вторая — круговая, соединяющая первую с третьей. Эта точка зрения продержалась вплоть до 1546 г., когда появился труд Тартальи "Проблемы и различные изобретения".

Но каким же образом брошенное тело поддерживает свое движение? Причина этого не может крыться ни в самом теле, ни в механизме, который привел тело в движение и уже покинут телом, так что не может более на него воздействовать. Значит, кроется она в среде. И Аристотель придумывает замысловатую теорию, согласно которой брошенное тело непрерывно подталкивается, как парус на ветру, воздухом, стремящимся занять место, освобождаемое в своем движении брошенным телом.

Вытекающая отсюда динамика весьма непохожа на современную. В динамике Аристотеля движущееся тело непрерывно находится под действием некоторой силы и скорость его прямо пропорциональна приложенной силе и обратно пропорциональна сопротивлению среды. Отсюда следует, что в пустоте, где сопротивление среды отсутствует, скорость стала бы бесконечно большой, т. е. тело приобрело бы свойство вездесущности. Это следствие настолько противоречит обычным представлениям, что Аристотель приходит к выводу о невозможности существования пустоты в природе. Такой вывод прямо противоположен утверждению атомистов, для которых движение как раз было невозможно в заполненном пространстве. По этому вопросу Аристотель пространно полемизирует с атомистами, приводя в поддержку своего положения другие аргументы. Если принять существование пустоты, говорит Аристотель, то невозможно было бы сказать, почему тело, находящееся в движении, должно остановиться именно тут, а не там, ибо пустота как таковая не несет в себе никакого различия. Более того, можно даже сказать, что в пустоте все должно быть в покое, потому что нет никаких оснований для того, чтобы тело начало двигаться в том или ином направлении, с большей или меньшей скоростью. В общем главный аргумент Аристотеля против существования пустоты заключается в том, что в ней нельзя выделить никакого предпочтительного направления: ни верха, ни низа, ни правого, ни левого. Пустота пассивна и невозмутима. Следовательно, ее нет в нашем ограниченном мире. Очевидно, здесь мы имеем пример скорее злоупотребления, нежели употребления принципа достаточного основания.

Боязнь пустоты (horror vacui) стала впоследствии основой аристотелевой физики, и полемика между сторонниками и противниками пустоты продолжалась вплоть до эпохи научного Возрождения (а может быть, и позже, ибо споры об эфире можно считать ее продолжением). Но чтобы услышать новое слово об этой физической проблеме, нужно было дождаться опыта Торричелли в 1644 г.

Вторым непосредственным следствием аристотелевой динамики был вывод о том, что скорость падения тела в данной среде пропорциональна весу тела. Этот вывод соответствовал повседневным наблюдениям: яблоко падает быстрее, чем лист. Обнаружение же постепенного увеличения скорости падающего тела является плодом неторопливых, но внимательных и продолжительных наблюдений. Аристотель приписывал это увеличение скорости постепенному увеличению веса тела по мере приближения к предопределенному месту.

Некоторые историки науки хотели видеть в споре Аристотеля со сторонниками пустоты формулировку принципа инерции. Но то место в "Физике" (Аристотель Физика, М. 1937; IV, 8, 215—219), в котором действительно излагается этот принцип, приведено лишь как доказательство абсурдности выводов, к которым привело бы допущение существования пустоты; этот смысл и был односторонне развит в дальнейшем последователями Аристотеля.

Большой заслугой аристотелевой кинематики была формулировка точного правила сложения перемещений, пусть лишь для частного случая перемещений, перпендикулярных друг к другу.

К данным современной науки ближе стоят также исследования Аристотеля по статике. Он дает формулировку правила равновесия рычага, родственную будущему принципу возможных перемещений, и описывает действие весов и блоков.

В трудах Аристотеля, особенно в "Проблемах", содержатся многочисленные сведения из области музыки, метеорологии, физики, прикладной механики: там имеется намек на понятие кинетической энергии, описание осмотических явлений, правильные мысли о распространении звука в воздухе, объяснение эха как явления отражения, аналогичное (но ошибочное) объяснение радуги, попытка экспериментального определения веса воздуха, размышления о распространении света и т. д. Весь этот комплекс сведений достоин самого большого уважения и еще раз показывает, что аристотелева физика была основана на наблюдениях и частично на опытах. Чего не хватало аристотелевой физике — это аналитической обработки, критичности и осторожности при обобщениях. Можно сказать, что современная физика относится к данным эксперимента с критической осторожностью, тогда как аристотелева наука относилась к ним с наивным простодушием. Чтобы быть конкретными, укажем на то, что аристотелева механика не обладала силой абстракции, достаточной для выработки понятия пассивного сопротивления, а физика не почувствовала, что при изучении явлений в искусственных условиях можно иной раз выяснить такие вещи, которые не могут быть обнаружены путем простых наблюдений. Эти замечания не могут, конечно, служить объяснением неудач Аристотеля в области физики; они лишь указывают на недостаточность его методов исследования. Объяснение же причин, почему Аристотель и его школа не сумели воспользоваться абстракцией и интуицией в указанном выше смысле, — это старая проблема, до сих пор еще не решенная.