



Александр Петрович Тыщенко окончил в 1960 году физико-технический факультет Томского политехнического института по специальности «инженер-физик». С 1960 по 1963 гг. – аспирант физико-технического факультета ТПИ. В 1964 г. принят на работу старшим инженером лаборатории радиоактивных излучений Института Ядерной Физики АН КазССР, где занимался исследованием эффекта Мёссбауэра. В 1973 г. перевелся в лабораторию физики полупроводников, руководимую известным советским ученым М. И. Корсунским. Через год защитил диссертацию на звание кандидата физ.-мат наук. С 1974 по 1977 годы преподавал физику в Днепродзержинском индустриальном институте. С 1977 по 1978 гг. – доцент кафедры общей физики Курганского сельскохозяйственного института. С 1978 года работает в должности доцента кафедры физики Курганского государственного педагогического института, который позднее был реорганизован в Курганский государственный университет. Автор более 40 научных публикаций, двух учебников по молекулярной физике и термодинамике.

А. П. Тыщенко

**НЕКОТОРЫЕ
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ**

Монография

ISBN 978-5-4217-0501-7



9 785421 705017

Курганский
государственный
университет



Библиотечно-издательский
центр

65-48-12

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«Курганский государственный университет»

А. П. Тыщенко

*Некоторые концептуальные
вопросы современной физики*

Курган 2019

УДК 530.1+101

ББК 22.3+87.2

Т 93

Рецензенты:

А. А. Бутюгина – канд. с.-х. наук, доцент, зав. кафедрой физики, математики и информационных технологий Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т. С. Мальцева;

И. М. Белозёров – доктор физ.- мат. наук, ООО НПЦ «Эйдос», г. Новосибирск.

Печатается по решению научного совета Курганского государственного университета.

Тыщенко, А. П.

Некоторые концептуальные вопросы современной физики : монография / А. П. Тыщенко. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2019. – 96 с.

Книга предназначена для читателя, интересующегося современными проблемами физики и философии.

ISBN 978-5-4217-0501-7

© Курганский
государственный
университет, 2019
© Тыщенко А. П., 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ГЛАВА 1. МЕХАНИКА	5
1.1 Пространство и время	6
1.2 Движущаяся материя: материя и движение	13
1.3 Импульс: масса и скорость.....	19
1.4 Сила.....	29
1.5 Взаимодействие конечных тел при вращательном движении	33
1.6 Колебательное и волновое движение.....	35
1.7 Кинетическая энергия	39
1.8 Работа.....	41
1.9 Поле сил	42
ГЛАВА 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА	45
2.1 Общие вопросы молекулярной физики	46
2.2 Температура	49
2.3 Энтропия	58
2.4 Замечание о термодинамике	65
ГЛАВА 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА И ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА ..	67
3.1 Электрон – квант энергии или частица вещества?	68
ГЛАВА 4. ПРИЛОЖЕНИЕ	79
4.1 Законы Ньютона как следствие закона сохранения импульса	80
4.2 Вывод обобщенной формулы для силы взаимодействия тел при поступательном движении	81
4.3 Вывод закона всемирного тяготения Ньютона из общего соотношения для взаимодействия двух тел при их поступательном движении	82
4.4 Формула для расчета гравитационной постоянной.....	84
4.5 Расчет гравитационной постоянной для различных планет.....	85
ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ	88
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	94

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта монография, являясь плодом более чем полувековых размышлений, подводит итог моей жизни. Я достаточно долго думал и над тем, как назвать эту книгу. Можно было измыслить что-нибудь тривиальное, ну, скажем, «Основы мироздания, окончательная и непогрешимая теория в последней инстанции». Но после некоторых колебаний остановился на более скромном названии, которое читатель видит на обложке.

Основные идеи настоящей работы, базирующиеся на материалистическом мировоззрении, были сформулированы на рубеже 70-х годов. Поскольку по большей части эти идеи находились в противоречии с официальной доктриной, естественно, что они не могли быть опубликованы в то время. В наше время новая беда: материализм не в моде. Однако автор, как и ранее, придерживается того мнения, что именно философия диалектического материализма может быть положена в основу подлинно научного знания. К тому же любой уважающий себя ученый должен, на мой взгляд, как и английский джентльмен, отстаивать от моды на полшага.

Нынче принято на обложке такого рода трудов размещать фотографию автора. Я хотел бы, чтобы это была фотография более, чем пятидесятилетней давности. Причин для этого несколько. Во-первых, основные идеи, изложенные ниже, возникли в те годы, когда именно тому молодому человеку почему-то взбрело на ум серьезно заняться философией и потратить уйму времени на конспектирование философских работ от Аристотеля до Гегеля. Стало быть, никто меня нынешнего не сможет упрекнуть в плагиате трудов того молодого человека. Во-вторых, читателю (особенно, надеюсь, женщинам) гораздо приятнее будет видеть на обложке книги портрет симпатичного юноши, а не изображение седого дряхлого, хоть (может быть) и умудренного жизненным опытом, старика. В-третьих, говорят, что в старости человек часто выживает из ума. Если кто-то теперь скажет, что изложенные ниже соображения безумны, так я с чистой совестью могу возразить, что это отнюдь не безумство выжившего из ума старика.

Век нынешний – это век выдающихся научных открытий, блестящих технических достижений и, как это ни печально, век извращенцев и мракобесов. Хотелось бы, чтобы мой скромный труд способствовал уменьшению числа нелепостей, которые нагромождены в современном естествознании. Я не буду также кокетничать, говоря, что полностью лишен всякого тщеславия. Конечно же, как сказал поэт «...без неприметного следа мне было б грустно мир оставить...». Насколько этот след останется заметным и полезным – пусть рассудит читатель и время.

Глава 1

Механика

Открылась бездна звезд полна;
Звездам числа нет, бездне дна.
М. В. Ломоносов

1.1 ПРОСТРАНСТВО И ВРЕМЯ

В настоящей работе мы не будем касаться истории рассматриваемой проблемы, которая достаточно подробно описана в литературе. Отметим лишь, что за последнее столетие не было выдвинуто сколько-нибудь заметных идей в решении проблемы пространства и времени. Не будем также ставить себе целью глобально решить эту задачу, руководствуясь тем соображением, что процесс познания бесконечен, и в принципе такая проблема не может быть решена никогда. Попытаемся лишь выяснить некоторые конкретные детали, которые могут стимулировать первые шаги в поступательном движении по формированию научного понятия пространства и времени. При этом будем исходить из признания тех истин, которые в настоящее время вызывают наименьшие возражения.

Прежде всего, будем руководствоваться тем фактом, что пространство и время объективны по своей природе, т. е. наряду с субъективными ощущениями есть нечто вне сознания человека, являющееся источником этих ощущений.

В соответствии с материалистической философией вне сознания человека существуют объекты (тела), обладающие определенными свойствами, связями, взаимодействующие между собой. Здесь мы будем руководствоваться именно материалистическим учением и соображениями, изложенными в [1]. Но если мы признаем объективность реального Мира и пространства и времени, то теперь перед нами возникает альтернатива: отнести ли пространство и время к материальным объектам или полагать, что за этими понятиями стоят связи материальных тел, их свойства, взаимодействие или нечто еще иное. Думаю, что в настоящее время ньютоновское представление о пространстве как о некотором вместилище, в котором помещены окружающие нас тела, вряд ли найдет многочисленных сторонников. Еще менее убедительными являются утверждения о том, что время – некий отдельно от тел существующий предмет, задающий определенный темп развития и взаимодействия тел в природе. Итак, склоняемся к мысли о том, что пространство и время есть понятия для отображения объективно су-

ществующих свойств материальных тел или их связей, взаимодействия или еще может быть каких-то пока не понимаемых нами атрибутов материальных тел. Что это конкретно может быть – думаю, однозначно ответить на это сейчас невозможно. Однако какой-то выбор необходимо сделать, и в дальнейшем мы будем полагать, что пространство и время есть понятия, служащие для обозначения *объективно существующих связей* материальных тел. Отметим, что ещё Д. Томсон высказывал эту же самую мысль: «Сейчас физик представляет себе пространство как совокупность особого рода *отношений* (выделено мной – А. Т.) между объектами» [2].

Формирование конкретного физического представления о пространстве и времени может быть реализовано также с учетом того факта, что действительный Мир как некое целое представляет собой также совокупность объектов, образующих бесконечную последовательность структур разного порядка малости (.....← субмикромир, микромир, макротела, мегамир →,.....). Можно сказать, что окружающий нас объективный Мир устроен наподобие известной русской игрушки – матрешки. Ф. Энгельс по этому поводу писал: «Итак, какого бы взгляда ни придерживаться относительно строения материи (здесь под материей подразумевается природа, объективный Мир как целое, т. е. то, что следует называть движущейся материей. – А. Т.), не подлежит сомнению, что она расчленена на ряд больших групп с относительно различными размерами масс, так что члены каждой отдельной группы находятся со стороны своей массы в определенных, конечных отношениях друг к другу, а к членам ближайших к ним групп относятся как к бесконечно большим или бесконечно малым величинам в смысле математики. Видимая нами звездная система, солнечная система, земные массы, молекулы и атомы, наконец, частицы эфира образуют каждая подобную группу» [3]. В связи с этим далее следует решить вопрос о том, между объектами какого порядка малости идет речь, когда используется понятие пространство. Когда мы говорим о расстоянии, мы имеем в виду обычно два объекта *одного порядка* малости (вспомним хотя бы известную армейскую шутку про сержанта, отдающего приказ: от меня и до следующего дуба бегом, марш!). Невозможно указать расстояние между, скажем, этой книгой и молекулой какого-либо другого предмета, скажем, стула. Точно так же теряет всякий смысл попытка ука-

зять расстояние между этим деревом и вот той Метагалактикой¹ Пространство – это понятие, отражающее связь материальных объектов одного порядка малости.

Опыт показывает, что взаимосвязи одних и тех же материальных тел, характер взаимодействия этих тел протекает по-разному в зависимости от формы их движения. Установить закономерности взаимодействия тел, их движения можно лишь в том случае, когда используются соответствующие пространственные координаты. Так, к примеру, поступательное движение планеты солнечной системы нельзя описать с помощью угловых координат, также как невозможно объяснить прецессию той же планеты на языке координат поступательного движения. *Пространство соответственно многомерно*, и с учетом известных форм движения можно говорить о пространстве поступательного, вращательного, колебательного движений, пространстве крутильных колебаний [1].

Пространство, как следует из приведенных выше рассуждений, отображает связь между частями целого. Говоря о размерах, расстоянии мы молчаливо предполагаем также, что эти величины изменчивы, в любой фиксированный момент развития они различны. Следовательно, пространство есть *понятие для отображения момента развития материального объекта*, оно отображает не длительные, устойчивые связи или взаимоотношения на некотором этапе развития, а отражают эти связи как момент развития. Здесь уместно привести следующую аналогию. Наши впечатления о действительном Мире, наши ощущения можно иллюстрировать, например, с помощью USB-флешнакопителя, на котором записано некоторое событие, видеофильм. Для того, чтобы указать расстояние между двумя объектами или пространственное положение объекта, мы должны выбрать один видеокадр, т. е. остановить процесс развития, выбрать один миг движения. Пространственное положение объекта отображается связями, соотношением его с другими объектами того же порядка малости только на этом фиксированном кадре (рисунок 1.1.1), его невозможно указать для одних и тех же объектов на различных кадрах. Резюмируя все изложенное выше, можно дать следующее определение пространства.

¹ По-видимому, именно эту закономерность и отображает в физике принцип неопределенности Гейзенберга.

Пространство – это понятие для отображения мгновенных объективно существующих связей тел одного порядка малости в данной форме движения.

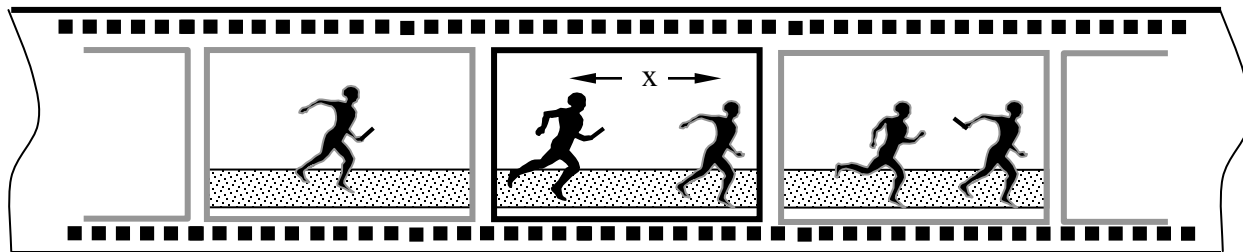


Рисунок 1.1.1 – Иллюстрация понятия «пространство»

Когда мы говорим о времени, мы также имеем в виду связи некоторого конечного материального объекта. Однако здесь речь идет не только о взаимосвязи данного материального объекта с другими параллельно существующими телами, но и с теми, что существовали ранее, и с теми, которые будут существовать тогда, когда рассматриваемый нами объект фактически прекратит свое существование как некое целое. Иными словами понятие «время» отражает связь данного тела с бесконечной последовательностью тел, существовавших в прошлом, с теми, что есть в объективном мире сейчас; с теми телами, которые составляют бесконечную последовательность, уходящую в будущее. Поясним эту мысль на конкретном примере. Когда я говорю о том, что нашествие Наполеона в Россию происходило в 1812 году, я молчаливо предполагаю, что и до Наполеона существовал изменяющийся действительный Мир: был древний Египет, была Римская империя, было средневековье, были крестовые походы, были Аристотель, Александр Македонский, Карл Великий, Кромвель, Петр I и т. д. Я также имею в виду, что после наполеоновского нашествия был Ватерлоо, была война в Крыму, Первая и Вторая мировые войны, была Хиросима, первые полеты в космос, были Веллингтон и Александр I, Толстой, Ленин, Гитлер, Рузвельт, Гагарин т. д. и т. д. Но я понимаю, что и после моей смерти будут существовать тела, будут происходить новые события, иными словами придет то, что мы называем будущим. Итак, время – это понятие для отображения связи данного объекта с некой последовательностью сменяющих друг друга тел, идущих из бесконечного прошлого и уходящих в бесконечное будущее. Но по законам

диалектики эта бесконечная последовательность, как некое снятое единство, есть нечто иное: есть некая новая единая сущность, частью которой является данный объект. Это новое единое целое есть объект бóльшего по размерам порядка. Следовательно,

Время – понятие для отображения объективно существующей связи данного предмета с материальным объектом, бóльшего по размерам порядка.

Можно привести множество наглядных моделей, иллюстрирующих эту мысль. В частности, примером временных соотношений объектов может служить, как и ранее, кинофильм, видеокассета или флешка, на которых записан некоторый процесс (рисунок 1.1.2). Для определения состояния какого-то фиксированного нами объекта в ходе этого процесса следует указать определенный кадр в последовательности других кадров, т. е. указать положение данного кадра по отношению ко всей киноленте, кассете и т. п. Категория «время», следовательно, является понятием человеческого разума, отражающим объективно существующую взаимосвязь части и целого, отношение величин различного порядка малости. Время характеризует *мгновенную* связь части и целого. И целое, и часть находятся в непрерывном движении, в диалектическом развитии. Связь целого и ее части в каждый последующий момент развития иная, чем в предыдущий миг. Соответственно, временная связь также изменчива, подвижна.

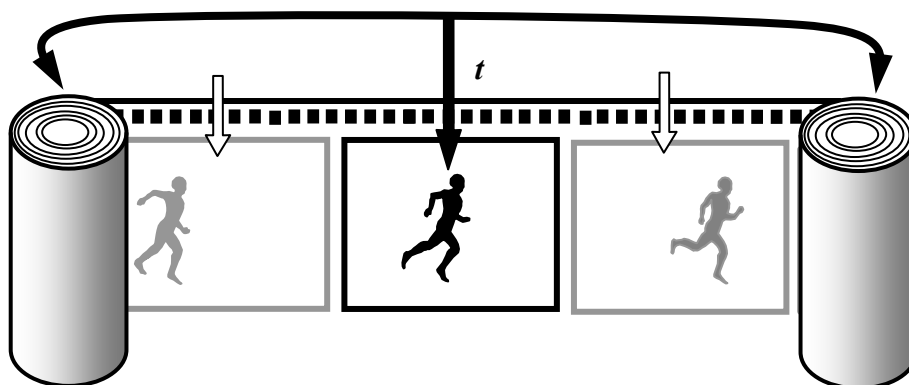


Рисунок 1.1.2 – Иллюстрация понятия «время»

Следующая проблема, которую нам надо решить, заключается в том, *что* следует понимать под целым и ее частью, когда мы говорим о временной связи. К примеру, по отношению к чему следует считать человека величиной второго порядка малости? Может быть, по отношению к нашей звездной системе, к нашей Галактике, Метагалактике и т. д. И, наконец, есть еще некая сущность, которую следует рассматривать как целое; это то, что в философии называют движущейся материей, Вселенной, объективно существующим бесконечным Миром в его самом широком смысле. В первом варианте время, безусловно, многомерно и зависит от выбора системы координат. Во втором варианте время отображает связь конечных объектов разного порядка по отношению к одной и той же единой бесконечной сущности, т. е. протекает одинаково для всех тел. В этом случае время одномерно и не зависит от выбора системы координат. Я склоняюсь к мысли, что временная связь все же одномерна. В самом деле, когда мы имеем в виду бесконечную последовательность тел, существовавших до настоящего момента, и последовательность, которая будет существовать потом, то молчаливо полагаем, что эта последовательность включает в себя все тела различного порядка малости, т. е. представляет собой бесконечный Мир как целое. Исходя из всего изложенного выше, можно дать следующее определение времени:

Время – это понятие, служащее для отображения мгновенной объективно существующей связи между данным конечным телом и движущейся материей, т. е. бесконечным Миром как целым в самом его широком смысле.

Проиллюстрируем это определение конкретными примерами. Допустим, что интервалу событий (отрезку времени), когда Золушка в фильме по известной сказке Шарля Перро находится на балу, соответствует 1500 последовательных кадров. Этот пакет кадров располагается определенным образом во всей кассете (флешке), например, появляется после просмотра половины части фильма. Расположение кадров, изображающих события на балу, относительно всей последовательности кадров, т. е. взаимосвязь отдельных кадров ко всему фильму как некоему целому, отражает, таким образом, время нахождения Золушки в королевском дворце.

Другой конкретный пример: при чтении «Фауста» Гёте мы впервые встречаемся с Мефистофелем на 40 странице книги объёмом 550 страниц. Положение сорокового листка по отношению ко всей книге в целом и отображает время появления нечистой силы в цепи событий, описанных в трагедии Гёте.

Превосходная модель для иллюстрации понятий времени и пространства – обычный отрывной календарь (в идеале такой календарь должен содержать бесконечное количество листков). Время наступления некоторого события (например, праздника Пасхи) отображается положением соответствующего листочка по отношению ко всей совокупности листков, т. е. ко всему календарю как целому. Расположение даты праздника на листке к пояснительному тексту, рисункам и прочему иллюстрирует пространственную связь объектов в данный момент времени.

При просмотре фильма изменяется как взаимное расположение объектов друг относительно друга (координаты), так и расположение кадров и изображенных в кадре объектов по отношению ко всему фильму (время). Таким образом, механическое движение, впрочем, как и всякое движение (развитие) вообще, есть изменение пространственно-временных связей тел.

В настоящее время в научной и популярной литературе широко муссируются гипотезы о так называемых черных и белых дырах, о «кротовых норах» и т. п. Суть этих гипотез сводится к тому, что в космосе есть своего рода тоннели («кротовые норы»), образовавшиеся при зарождении Вселенной, через которые чуть ли не мгновенно можно перемещаться из нашей вселенной в другую дочернюю вселенную, из настоящего – в будущее или прошедшее. Такие гипотезы – это проявления мании величия, которая периодически охватывает человечество. Человек воображает, что может создать теорию, описывающую поведение всей бесконечной Вселенной в целом. Мало того, ничтожная букашка, бесконечно малая частица Мира воображает себя Богом, существом, способным править этим Миром. Ну, а почему бы и в самом деле не управлять временем? Всего-то нужно слегка изменить взаимное расположение объектов Вселенной, заставить их чуть по-другому двигаться. Проблема, в общем-то, пустяковая, если учесть, что только в одной галактике находится несколько сотен миллиардов звезд.

В заключение отметим, что изложенные здесь соображения могут быть полезными при решении и трактовке многих физических проблем. Например, квантовая механика – это механика волновых процессов, и ее законы должны быть изложены с помощью пространственных и временных координат, имманентных этому разделу физики [4]. В настоящее время в квантовой механике используются координаты поступательного движения, поэтому многие явления микромира не могут быть правильно интерпретированы. В тоже время следует заметить, что неправомерно переносить законы, специфичные для определенной формы движения, на другие виды движения.

*Wer will was Lebendigs erkennen und beschreiben,
Sucht erst den Geist herauszutreiben.
Dann hat er die Teile in seiner Hand,
Fehlt, leider! nur geistige Band.
Faust, Goethe²*

1.2 ДВИЖУЩАЯСЯ МАТЕРИЯ: МАТЕРИЯ И ДВИЖЕНИЕ

Современная физика пользуется понятиями классической механики, основу последней составляют работы Галилея, Гюйгенса, Ньютона и др., написанные в XVII веке, т. е. задолго до возникновения диалектического метода исследования. Поэтому неудивительно, что формализм современной механики, её основные понятия в значительной степени сохранили черты метафизического и идеалистического способов мышления, господствовавших в естествознании XVII века. В настоящее время это обстоятельство является серьезным тормозом, сдерживающим дальнейшее развитие физики. Вот почему, на наш взгляд, анализ сущности основных понятий классической механики с позиции диалектического материализма является актуальнейшей задачей современного естествознания. Как известно, философия диалектического материализма изучает наиболее общие законы развития действительного Мира, проявляющиеся в любой конкретной

² *Кто хочет познать и описать сущее, тот должен сначала вышибить из него дух. После этого он имеет в своих руках части сущего, но, увы! лишенные духовной связи. Фауст, Гете.*

науке, в том числе и в физике. В связи с этим необходимо ввести определенность в некоторые принципиальные положения философии диалектического материализма и, в первую очередь, устранить встречающуюся в работах современных естествоиспытателей и философов путаницу и двусмысленность в толковании понятия материи. Именно отсутствие четкого однозначного представления об этой фундаментальной категории материалистической философии как ничто иное затрудняет раскрытие таких основных физических понятий как импульс, масса, сила, энергия и т. д.

Сразу оговоримся, что в материалистической философии в действительности существуют два неэквивалентных понятия: далее мы будем всюду говорить о **движущейся материи и материи** просто.

Исходным пунктом философии диалектического материализма является положение об объективном существовании внешнего Мира, бесконечной Вселенной, природы. Являя собой совокупность непрерывно изменяющихся предметов, связанных друг с другом, взаимодействующих между собой определенным образом, физическая природа представляет собой некое единое целое и существует независимо от отображающего её сознания человека. Представление об объективном существовании Мира, не-Я оформляется в виде основного положения диалектического материализма: **природа**, существующая вне сознания человека, реальная действительность есть **движущаяся материя**.

Как известно, процесс формирования понятия включает в себя в соответствии с материалистической теорией познания несколько этапов: непосредственное чувственное восприятие, анализ, абстрагирование, синтез и т. д. Категория «движущаяся материя» возникает, таким образом, как результат непосредственного чувственного восприятия, и по своему онтологическому содержанию она тождественна понятиям «природа», «Вселенная», «Мир» и т. п. в их самом широком смысле. Здесь уместно заметить, что серьезной ошибкой является подмена известной формулы диалектического материализма, гласящей, что «Мир есть движущаяся материя», другим, на первый взгляд, равноценным положением: в природе нет ничего, кроме движущейся материи. Последнее утверждение оставляет лазейку для протаскивания различных метафизических и идеалистических вывертов, ибо оно фактически предполагает, что природа, Вселенная является чем-то внешним по отношению к движущейся материи, выступает как своего рода вместилище движущейся материи.

Диалектический метод познания, основу которого составляет концепция развития, изменения, предполагает вскрытие двойственного противоречивого характера объектов и явлений реального Мира. Накапливая и анализируя факты, полученные в результате наблюдений и практической деятельности, человек приходит к выводу, что окружающая его объективная реальность, движущаяся материя не есть некая неизменная, раз навсегда данная сущность. Напротив, движущаяся материя является собой единство непрерывно изменяющихся объектов и, следовательно, изменчива и противоречива сама. Но если реальный Мир есть некое изменчивое бытие, то его двойственный характер заключается в том, что Мир в любой данный момент представляет некое бытие, существует как нечто таковое, и, с другой стороны, в этот же самый момент существует как нечто иное. Эта противоречивость, двойственный характер объективного Мира отображается в сознании человека с помощью понятий **материя и движение**.

Понятие *материя* отражает положительную, бытийную, устойчивую сторону действительного Мира, тогда как развитие, непрерывное отрицание, диалектическое уничтожение и возникновение этой устойчивости обозначается в материалистической теории познания категорией *движение*. Категории «материя» и «движение» возникают, следовательно, на второй стадии материалистической гносеологии, когда в ходе анализа непосредственных чувственных восприятий исходное понятие «движущаяся материя» расщепляется на две научных абстракции. Движение и материя на этом этапе обособляются, противопоставляются друг другу, они являются по отношению друг к другу внешними, чуждыми, взаимоисключающими, и потому эти отдельно взятые понятия мертвы; они являются голыми абстракциями, имеющими самостоятельное наличное существование только в сфере сознания.

На следующем этапе развития научной мысли категория «движущаяся материя» представляется мыслящему сознанию как синтез, неразрывное единство двух противоречивых, исключаящих друг друга понятий «материя» и «движение». Это единство теперь вновь проникающих внутрь друг друга, пронизывающих друг друга понятий эквивалентно понятию «движущаяся материя». В символическом виде, т. е. на языке математики, связь между понятиями «материя», «движение» и «движущаяся материя» может быть отображена следующим образом:

(Мир, природа ≡ движущаяся материя) = (материя) × (движение)

Знак умножения на языке математики как раз и есть символ этого единства, проникновения внутрь друг друга; вообще, математика есть не что иное, как чистая диалектика в символической форме, раскрытие диалектического содержания символов, их связей – также одна из важнейших задач современного естествознания.

Грубейшей ошибкой, полностью извращающей сущность диалектического материализма, является смешивание категории «движущаяся материя» и гносеологической категории «материя». Если «движущаяся материя» выступает как объективная действительность, физический Мир, Вселенная и существует вне сознания человека и независимо от него, то категория «материя» (как и «движение») является абстракцией, логической конструкцией, понятием материалистической гносеологии, не имеющим самостоятельного наличного бытия, чувственного существования вне сознания человека. Онтологическое содержание категорий «материя» и «движение» заключается, как уже отмечалось выше, в том, что они отражают двойственный противоречивый характер объективного Мира. С точки зрения материалистической гносеологии материя выступает как всеобщий бесструктурный носитель движения, но совершенно нелепыми являются поиски этого носителя вне сознания человека, ибо вне сознания человека нет отдельно движения и материи как носителя этого движения, а есть реальные чувственные объекты, есть сам действительный Мир. Уже Гегель указывал, что материя не может быть истолкована в качестве некоего первичного вещества (праматерии, как его величают сейчас философские путаники), из которого построены объекты действительного Мира. «Материя есть нечто совершенно абстрактное (– Материю нельзя ни видеть, ни осязать и т. д. – то, что видят или осязают, – это уже определенная материя, т. е. единство материи и формы)» [5]. Пожалуй, наиболее чёткое, однозначное толкование понятия «материя» находим мы у К. Маркса и Ф. Энгельса. «Материя как таковая – это чистое создание мысли и абстракция. Мы отвлекаемся от качественного различия вещей, когда объединяем их, как телесно существующие под понятие материи. Материя как таковая, в отличие от определенных, существующих материй, не является, таким образом, чем-то чувственно существующим. Когда естествознание ставит себе целью отыскать единообразную материю как таковую, то оно поступает

точно таким же образом, как если вместо вишен, груш, яблок оно желало бы видеть плод как таковой, вместо собак, овец и т. д. ... млекопитающее как таковое, газ как таковой, химическое соединение как таковое» [6]. В примечаниях к докладу Негели Ф. Энгельс пишет: «Материю как таковую и движение как таковое никто еще не видел и не испытывал каким-либо чувственным образом; люди имеют дело только с различными и реально существующими веществами и формами движения ...» [6, с. 520]. В «Лейпцигском соборе» К. Маркс высмеивает святого *Бруно*, который полагает, что у материалистов понятие «материя», научная абстракция есть наличная действительная сущность, и что лишь деятельное развертывание этой сущности порождает природу [7].

Тем не менее, и в нынешние времена сплошь и рядом в популярной литературе, в школьных учебниках, в солидных естественнонаучных и философских работах можно встретить толкование понятия материи, ничего общего с диалектическим материализмом не имеющее. Путая понятие «движущаяся материя» с гносеологической категорией «материя», авторы этих «откровений» неизменно скатываются на позиции метафизического материализма либо объективного идеализма самого примитивного толка. В первом случае материя низводится до первовещества, праматерии; материя здесь – исходный материал, первичные кирпичики, из которых сотворён действительный Мир. Во втором случае научная абстракция «материя» возводится в ранг субстанции действительного Мира (апейрона, вихрей Декарта и т. д. и т. п.), реальные же вещи есть лишь следствие развертывания, деятельности субстанции материи. Самое поразительное состоит в том, что сторонники субстанциального толкования материи действуют в строгом соответствии с рецептами спекулятивной философии, подвергнутой в свое время уничтожающей критике К. Маркса. Эти рецепты заключаются в следующем. «Когда я из действительных яблок, груш, земляники, миндаля образую общее представление «плод», когда я иду дальше и **воображаю**, что *мое*, выведенное из действительных плодов, абстрактное представление «плод» есть вне меня существующая сущность, мало того – **истинная** сущность груши, яблока и т. д., то я, выражаясь **спекулятивным языком**, объявляю «плод» «**субстанцией**» груши, яблока, миндаля и т. д. Я говорю, следовательно, что для меня несущественно, что она – груша, для яблока несущественно то, что оно – яблоко. Существенные в этих вещах, говорю я, не их действительное, чувственно созерцаемое наличное

бытие, а абстрагированная мною от них и подsunутая под их сущность, сущность в моём представлении, «плод»... Я объявляю тогда яблоко, грушу, миндаль и т. д. **модусами** «плода»... Путь этот не приводит к особому **богатству определений**» [8]. Спекулятивный философ видит убогость своих рассуждений и объявляет поэтому абстрактное понятие «плод» не мертвой, лишенной различий, покоящейся сущностью, а сущностью живой, себя в себе различающей, подвижной субстанцией «плод вообще». «Различные обыденные плоды суть различные проявления жизни *«единого* плода»; это кристаллические образования, создаваемые «плодом вообще», так что, например, в яблоке «плод вообще» придает яблоковидное наличное бытие, в груше – грушевидное» [8, с. 64]. Замените в этих рассуждениях понятие «плод» на «материя», и вы повторите слово в слово все рассуждения современных сторонников субстанциальности «материи».

Особо следует остановиться на работе В. И. Ленина «Материализм и эмпириокритицизм», которая оказала на ход развития диалектического материализма заметное и, к сожалению, отнюдь не позитивное влияние. Это чисто публицистическое произведение, не имеющее отношения к серьёзной научной философии, ставило своей целью весьма актуальную в то время задачу – критику идеалистических измышлений, порождённых работами Максвелла, Эйнштейна и др. в области электродинамики. В целом эта задача была решена, однако В. И. Ленин, не будучи ни специалистом в области естествознания, ни философом достаточно высокого уровня, допустил в этой работе ряд серьёзных ошибок, связанных, прежде всего, с элементарной путаницей в понятиях «материя» и «движущаяся материя».

Сплошь и рядом абстракция, понятие материалистической гносеологии «материя» отождествляется не только с «движущейся материей», обозначающей объективный *Мир*, бесконечную Вселенную в целом, но и с конечными телами. Приведем лишь несколько примеров такой неразберихи. «Это и есть материализм: материя, действуя на наши органы чувств, производит ощущение» [9]. «Ибо *единственное* «свойство» материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство *быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания*» [9, с. 245]. «Понятие материи ничего иного, кроме объективной реальности, данной нам в ощущении, не выражает...» [9, с. 252]. «Но ведь «тела» (т. е. материя) от этого вовсе ещё не исчезают, не перестают существовать независимо от нашего сознания» [9, с. 273].

Справедливости ради следует сказать, что вряд ли сам В. И. Ленин придавал большое значение своему экскурсу в область философии, и, скорее всего, это сочинение осталось бы практически незамеченным в философском мире, если бы затем не произошли драматические события в России. После революции 1917 года, когда диалектический материализм был объявлен единственной философией государства рабочих и крестьян, большевики решили внедрить материалистическое мировоззрение в массы. Традиционный способ формирования философских знаний, связанный с кропотливым изучением философского наследия человечества от Аристотеля до Гегеля и Маркса, в тех условиях оказался слишком хлопотным, затяжным, да и зачастую недоступным для большинства будущих материалистов. Был изобретен эрзац-метод: для того, чтобы стать материалистом достаточно, оказывается, перелистать пару брошюр из Маркса, Фейербаха и Ленина да заучить несколько цитат, вроде «материя – первична, сознание – вторично», «мир есть движущаяся материя» и т. д и т. п. Вот тогда-то более чем скромное философское упражнение В. И. Ленина было возведено в ранг талмуда материализма, а путаные цитаты из этой работы – в «фундаментальные» определения основных понятий диалектического материализма. Все это в конечном итоге привело к парадоксальному результату: в стране, где диалектический материализм был объявлен единственным научным мировоззрением, фактически диалектический метод исследования был парализован, и господствовали догматические, схоластические, метафизические способы мышления. Это обстоятельство явилось на наш взгляд, серьезным тормозом в развитии физики за последние сто лет.

1.3 ИМПУЛЬС: МАССА И СКОРОСТЬ

В отличие от философии диалектического материализма, изучающей наиболее общие законы Мира в целом, любая конкретная наука имеет предметом своих исследований относящуюся к ограниченной области действительного Мира совокупность конечных материальных объектов, объединённых конкретной формой движения. В связи с этим любая наука начинается с ограничения, абстрагирования, с помощью которых фиксируется индивидуальность исследуемых этой наукой объектов, специфика их движения. Все прочие вещи действительного Мира, не составляющие

предмет исследования данной конкретной науки, отбрасываются ею. К примеру, такая наука как история изучает процессы, происходящие при взаимодействии специфических объектов – людей, а специфической формой движения этих объектов является, по Марксу, классовая борьба. Другие предметы действительного Мира (планеты, звездные скопления, растения, атомы) не изучаются исторической наукой, и их поведение не может быть описано с помощью законов истории. В то же время наиболее общие закономерности движущейся материи, установленные диалектико-материалистической философией, находят своё проявление в любой конкретной науке, поскольку совокупность тел, составляющих предмет конкретной науки, является абстрактной моделью реального Мира.

Точные науки, в том числе и классическая механика, для описания тех или иных явлений реального Мира широко используют язык символов. Символы классической механики (также как и других наук) – не что иное, как графическое изображение понятий, с помощью которых сознание человека в виде математических соотношений отображает объекты, их связи, их взаимодействие и развитие. Сама математика представляет собой диалектику в чистом виде, и её законы выполняются поэтому в любой области действительного Мира: формула $2+2=4$ справедлива как для атомов, так и для макроскопических объектов, а операция интегрирования в равной мере отображает, к примеру, и конденсацию воды и рост кристаллов каменной соли.

Процесс познания объекта (или их совокупности) материального Мира начинается с восприятия этого объекта, его взаимодействия с другими телами и человеком. Но любой предмет не есть некая мертвая застывшая сущность; все тела реального Мира (как и сам реальный Мир) непрерывно изменяются, развиваются или, если говорить языком диалектики, отрицаются. Обратимся к конкретному примеру: будем наблюдать, скажем, за жизнью некоторого конкретного человека К. После рождения это был беспомощный младенец, затем он стал рослым стройным энергичным мужчиной; заканчивает жизнь немощным седым согбенным стариком. Тем не менее у нас есть все основания этот, казалось бы, совершенно разный в различные годы объект идентифицировать как человека К: в процессе изменения сохраняется цвет глаз, соотношения между чертами лица и другие параметры. При этом, имея в виду К, мы можем воспринимать его как некую мгновенную сущность в некоторый фиксированный момент времени

либо же использовать понятия, отражающие суть человека на определенном этапе развития, или же в течение всей жизни. Другой пример: развитие объекта, например, растения, мы можем отобразить с помощью видео- или кинофильма. Каждый кадр такого фильма – своего рода эквивалент понятия, с помощью которого отражается мгновенная суть наблюдаемого объекта; весь фильм в целом дает представление об этом растении как о некой снятой (в диалектическом смысле) сущности.

Предметом исследования классической механики являются макроскопические (наблюдаемые глазом) объекты, окружающие нас тела, планеты и т. п., участвующие в простейших видах движения. Таких видов в настоящее время известно четыре: поступательное (трансляционное), вращательное движение, линейные колебания, крутильные (торсионные) колебания. В механике поступательного движения абстрагируются от других видов движения: моделью действительного Мира является совокупность материальных точек, участвующих только в поступательном движении. Для обозначения материальных объектов, их связей, взаимодействия в механике поступательного движения используют имманентные понятия и соответствующие символы. Физическое содержание этих символов и стоящих за ними понятий определяется, как было указано ранее, тем, какой этап развития отображает тот или иной символ.

В соответствии с материалистической гносеологией процесс познания начинается с чувственного восприятия. Первичное понятие о предмете формируется как результат кратковременного взаимодействия человека с объектом через органы чувств или физические приборы, и это понятие отражает мгновенную суть объекта, мгновенный «снимок» объекта. Такое первичное понятие в механике поступательного движения называется импульсом (устаревшее название – количество движения) и обозначается обычно символом \vec{P} .

Импульс \vec{P} – это понятие, с помощью которого отображается мгновенная (текущая) сущность материального объекта в поступательной форме движения.

Аналогичное по своему физическому содержанию понятие в механике вращательного движения называется моментом импульса (устаревшее

название – момент количества движения) и обозначается чаще всего символом \vec{I} .

Момент импульса – физическое понятие, служащее для отображения мгновенной (текущей) сущности объекта во вращательном движении.

Очевидно, что в механике колебательного движения и механике крутильных колебаний должны также существовать понятия, фиксирующие мгновенную сущность объектов в этих формах движения («вибрационный импульс», «крутильный импульс»).

Можно привести множество примеров, которые дают конкретные иллюстрации к приведенным выше рассуждениям. Наблюдая, скажем, одного и того же человека в различных формах его деятельности, мы в своём сознании отображаем его различными понятиями. Когда мы видим человека в кабине космического корабля, мы говорим, что это космонавт А. Но этого же человека, передвигающего фигуры на шахматной доске, мы называем шахматистом А, а если человек управляет автомобилем, то это – водитель А и т. д. и т. п. Здесь понятия «космонавт», «шахматист», «водитель» и т. д. отображают мгновенную суть объекта в соответствующих видах деятельности.

Импульс (момент количества движения, вибрационный импульс и т. д.), отражающий предмет в сознании человека, можно сравнить ещё с фотоснимком (кино- или видеокадром), запечатлевшим один и тот же объект в различных видах движения. В качестве примера мы приводим фотоснимки шахматной фигуры, совершающей поступательное, вращательное и колебательное движение (рисунок 1.3.1). Характер изображений совершенно различен, хотя на снимках – один и тот же предмет.

Второй стадией материалистической гносеологии является анализ чувственных восприятий. Диалектический метод исследования предполагает, как известно, что бесконечная Вселенная, конечные предметы в ней не есть некие неподвижные мёртвые застывшие сущности. Любой объект действительного Мира возникает, развивается, уничтожается, следовательно, представляет в любой момент времени нечто таковое и в тот же самый момент существует как нечто иное. Объект, следовательно, есть некая противоречивая сущность: с одной стороны, он есть в действительном Море, вне

сознания человека, и в то же время он непрерывно изменяется, уничтожается, отрицается, если говорить языком диалектики. Эта двойственность природы материальных тел отражается в механике поступательного движения как двойственность, противоречивость понятия импульс \vec{P} . На стадии анализа понятие импульс в сознании человека расщепляется на две абстракции: *масса* m и *скорость* \vec{V} .



1 – неподвижный объект, 2 – поступательное движение, 3 – вращательное движение, 4 – колебательное движение

Рисунок 1.3.1 – Фотографии одного и того же предмета, участвующего в различных формах движения

Физическое понятие *масса* (m) отражает сохраняющуюся, положительную, бытийную сторону материального объекта, тогда как *скорость* (\vec{V}) служит для отображения развития, непрерывного снятия, диалектического отрицания объекта в поступательной форме движения.

Масса m – это физическое понятие, служащее для отображения устойчивой индивидуальности тела, проявляющейся в поступательной форме движения.

Линейная скорость – это абстрактное понятие механики, отображающее непрерывную изменчивость объекта, его диалектическое отрицание, непрерывное снятие в поступательной форме движения.

Понятия «масса» и «скорость» возникают в ходе анализа дефиниции «импульс», которая распадается на две научных абстракции. Масса и скорость, таким образом, являются вторичными по отношению к импульсу. Скорость и масса здесь противопоставляются друг другу, взаимно исключают друг друга. С точки зрения гносеологии абстрактное понятие масса выступает в сознании человека в качестве носителя движения, скорости, но, естественно, вне сознания человека масса лишена самостоятельного чувственного содержания; в действительном Море не существует масса как некое наличное бытие; вне сознания человека не существует и скорость, но есть только непрерывно изменяющиеся тела.

В механике вращательного движения на стадии анализа понятие «момент импульса» также расщепляется на две взаимоисключающие абстракции: «вращательную массу» I , которая получила название «момента инерции», и скорость вращательного движения, называемую «угловой скоростью» $\vec{\omega}$. Для других видов движения, очевидно, следует ввести понятия «вибрационной» массы и «крутильной» массы, а также, соответственно, «колебательную (вибрационную)» скорость и «скорость крутильных колебаний».

Отметим, что не только в механике, но и в других разделах физики можно выделить понятия, характеризующие устойчивую индивидуальность тела, проявляющуюся в той или иной форме движения. Так при поступательном движении электрических зарядов в качестве своеобразной видовой «массы» выступает активное сопротивление R , при вращательном движении тока – индуктивность и т. д. Удивительно, но ещё в конце XIX века в письме к К. Марксу об этом писал Ф. Энгельс: «Сопротивление представляет в электричестве то же самое, что и в механическом движении масса» [10].

В механике поступательного движения в настоящее время принято различать так называемую инертную массу и массу гравитационную. Дорогостоящие эксперименты показали, что в пределах достигнутой к настоящему времени точности измерения инертная и гравитационная масса тел одинаковы. Между тем эта проблема не стоит и выеденного яйца: движение тел в поле тяготения и движение по инерции являются разновидностью поступательного движения, и, следовательно, масса тела и в первом случае, и во втором есть одно и то же.

Теперь снова проиллюстрируем процесс становления понятий «масса» и «скорость» на примере формирования аналогичных понятий, характеризующих деятельность человека. Как уже отмечалось нами ранее, одного и того же человека, участвующего в различных формах деятельности, мы называем по-разному: космонавт, водитель, шахматист и т. д. Рассмотрим, к примеру, как при анализе понятия «шахматист» возникают другие дефиниции. Объясняя, *что* есть шахматист А, мы выделяем, прежде всего, две стороны этого человека. Одна состоит в том, что такой человек участвует в соревнованиях, где он переставляет шахматные фигуры по определенным правилам. С другой стороны, человек А проявляет в этой форме деятельности свою устойчивую индивидуальность – шахматную силу, талант, квалификацию. Понятие «шахматист», таким образом, на этом этапе расшифровывается как человек, имеющий определенную шахматную квалификацию и участвующий в шахматных соревнованиях. Талант шахматиста, его шахматная квалификация по своему гносеологическому происхождению аналогичны понятию «масса тела» для поступательного движения в механике, тогда как участие в соревнованиях в гносеологическом плане является аналогом скорости.

Первоначально квалификация шахматиста оценивалась с помощью системы разрядов: низший разряд – шахматист пятой категории, высшая квалификация – международный гроссмейстер. В настоящее время действует так называемая рейтинговая система, в которой текущая квалификация шахматиста измеряется с помощью индивидуальных коэффициентов по шкале профессора Эло с точностью до 5 единиц Эло. Например, рейтинг М. Карлсена в 2013 году составлял 2872 единиц Эло, В. Ананда – 2825 (2012 г.), Г. Каспарова – 2852 (1999 г.); в 1975 г. Р. Фишер имел рейтинг 2780 единиц Эло, квалификация А. Карпова оценивались в 2705 единиц Эло, а чемпионки мира среди женщин Н. Гаприндашвили – 2425 еди-

ниц Эло. Масса тела в механике, как известно, измеряется путем сопоставления её с массой другого тела, принятого за эталон (в системе СИ эталонным служит 1 кг). Очевидно, что квалификация шахматиста также может быть выражена в относительных единицах. Так, выбрав за эталон (1 Бобби) рейтинг Роберта Фишера, мы можем оценить шахматную силу (шахматную «массу») Карлсена в 1,03 Бобби, А. Карпова – в 0,973 Бобби, квалификация Н. Гаприндашвили равна 0,872 Бобби, квалификацию Г. Каспарова в 1999 г. следует считать равной 1,026 «шахматной массы» Фишера. Другие виды деятельности человека оцениваются с помощью системы чинов, таблицей о рангах; наиболее общей мерой оценки квалификации человека служит плата за труд в денежных единицах.

В некоторых разделах физики масса частицы считается одинаковой: например, в молекулярной физике масса атома кислорода $m = 1,66 \cdot 10^{-26}$ кг. Это отнюдь не означает, что частицы микромира также одинаковы, как, например, кирпичи в здании или пивные банки на конвейере завода. В отличие от человека природа обладает большей фантазией: в действительном Мире не найдешь двух одинаковых колосков пшеницы или двух абсолютно одинаковых берёз. Однако в тех областях знания, где используются законы математической статистики, где абстрагируются от индивидуальных особенностей материальных объектов, там проявляются параметры, характеризующие не отдельные частицы, а ансамбль частиц. Обратимся опять же к конкретному примеру. Человека, участвующего в таком виде деятельности как война, мы называем солдатом. Для генерала, ответственного за оборону некоторого участка фронта, не важны индивидуальные особенности его солдат: рост, вес, цвет глаз и т. п. Он не обязан учитывать то, что конкретный солдат А умеет более квалифицированно убивать себе подобных, окапываться, скрытно передвигаться и т. п. по сравнению с солдатом В. Но генерал знает, что солдаты гвардейской дивизии в центре участка обладают высокой в среднем воинской квалификацией и окажутся более стойкими к атакующим действиям противника (большая мера инертности!). Солдаты-новобранцы из дивизии слева имеют худшую квалификацию по сравнению с гвардейцами; и уж совсем плохо обстоит дело на правом фланге, где находится дивизия ополченцев. Таким образом, понятия «гвардеец», «новобранец», «ополченец» – это понятия, оценивающие усредненную квалификацию солдата, своего рода «воинскую массу», и очевидно, что гвардеец С не может в большей степени быть гвардейцем,

чем гвардеец К. Здесь термин «гвардеец» или «ополченец» не есть характеристика отдельного солдата, это усреднённый параметр достаточно большого коллектива людей.

Третьей стадией познания, в соответствии с материалистической гносеологией, является синтез. На этой стадии первоначальное понятие представляет собой уже не некое лишенное внутри себя различий определение, а синтез, единство проникающих внутрь друг друга полярных категорий. Соответственно импульс поступательного движения предстает как единство массы и скорости. В символическом виде на этапе синтеза понятие импульс отображается математической формулой:

$$\vec{P} = m \times \vec{v} . \quad (1.3.1)$$

Точно таким же образом в механике вращательного движения момент импульса \vec{L} выступает как единство двух взаимоисключающих понятий: момента инерции I и угловой скорости $\vec{\omega}$:

$$\vec{L} = I \times \vec{\omega} . \quad (1.3.2)$$

Очевидно, что аналогичные по своему физическому содержанию соотношения имеются в механике колебательного движения и в механике крутильных колебаний.

Понимание диалектики формирования основных категорий в материалистической гносеологии позволяет уяснить связь между понятиями «движущаяся материя» – «импульс», «материя» – «масса», «движение» – «поступательная (трансляционная) скорость». Соотношение между этими понятиями – это соотношение общего и частного. Категории «движущаяся материя» и «импульс» служат для обозначения объективной реальности, существующей вне сознания человека и воздействующей на его органы чувств. Однако понятие «движущаяся материя» является наиболее общим, оно обозначает весь бесконечный, находящийся вне пространства и времени действительный Мир, тогда как более узкое понятие «импульс» служит для обозначения конечного ограниченного в пространстве и времени объекта. Такая же иерархическая соподчиненность существует между понятиями «материя» и «масса». Обе эти категории являются научными абстракциями, служащими для обозначения бытийной устойчивой стороны существующей вне сознания человека объективной реальности, но масса – более узкое понятие, оно, в отличие от материи, является характеристикой конечного, ограниченного в пространстве и времени предмета и проявля-

ется в конкретной форме движения. Понимание того, что́ есть масса, позволяет в то же время лучше осмыслить и более сложную абстракцию – то, что в философии называется материей. Так становится очевидной абсурдность утверждения о том, что действительный Мир состоит из некоей универсальной субстанции – из материи: это все равно, как если бы я заявил, что все окружающие меня предметы сделаны из массы, а все шахматисты – это люди, состоящие из специфического органического вещества, которое называется шахматным талантом.

И в заключение отметим ещё одно обстоятельство. В свое время выдающийся немецкий философ Г. Ф. В. Гегель подчеркивал, что начало любой науки не может быть произвольным [11]. Изложенные выше рассуждения позволяют сделать вывод о том, что понятия «импульс», «масса», «скорость» являются первичными в механике поступательного движения, аналогично тому, как признание объективности действительного Мира, движущейся материи – исходный пункт материалистической диалектики. В материалистической философии постулируется далее, что движущаяся материя, Мир, является причиной самой себя (*causa sui*), никем не был создан, существовал и будет существовать бесконечно долгое время. Проявлением этого всеобщего закона природы в механике поступательного движения является закон сохранения импульса замкнутой системы. В самом деле, в механике используется модель действительного Мира, согласно которой объектом исследования этой науки является совокупность макроскопических тел (система материальных точек), что в символическом виде изображается формулой:

$$\vec{P}_0 = \sum \vec{P}_i, \quad (1.3.3)$$

где \vec{P}_0 – импульс системы тел. Но если в материалистической философии признается неуничтожаемость, вечность существования действительного Мира, то в частном случае, когда моделью действительного Мира служит совокупность макроскопических объектов, всеобщий принцип, распространяющийся на весь Мир как целое, проявляется в конкретном законе:

$$\vec{P}_0 = \sum \vec{P}_i = const. \quad (1.3.4)$$

1.4 СИЛА

В соответствии с основным законом динамики сила с точки зрения математики является первой производной от импульса по времени. Математика – это наука, которая с помощью определенных символов отображает диалектику явлений действительного Мира в самом общем виде. Поэтому нам, прежде всего, следует понять, какое содержание с точки зрения диалектики имеет операция дифференцирования. На наш взгляд, блестящее объяснение процесса дифференцирования было дано в свое время Ф. Энгельсом: «...Точно также обстоит дело и при испарении. Когда в стакане воды испаряется верхний слой молекул, то высота всего слоя x молекул воды уменьшится на dx , и дальнейшее улетучивание одного слоя молекул за другим фактически есть продолжающееся дальше дифференцирование...» [12]. Далее Энгельс отмечает, что одно дифференцирование совершается сознательно человеческой головой, а другое бессознательно – природой. Таким образом, *математическое дифференцирование $\frac{d}{dt}$ в философском плане есть не что иное как диалектическое отрицание.*

Как было показано выше, импульс есть отображение мгновенного состояния материального объекта в данной форме движения, а сам материальный объект предстает как бесконечная последовательность импульсов. Сила же выступает как мгновенное диалектическое отрицание импульса, она отображает то, что теряет (приобретает) импульс в каждое мгновение, то, что связывает два последовательных импульса объекта (рисунок 1.4.1). Сила, таким образом, отображает объект, существующий в стадии его диалектического уничтожения (становления). Сила есть некое вторичное по отношению к импульсу, и в символическом виде отображается формулой:

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(\vec{P}). \quad (1.4.1)$$

Это соотношение известно под название второго закона Ньютона в обобщенном виде.

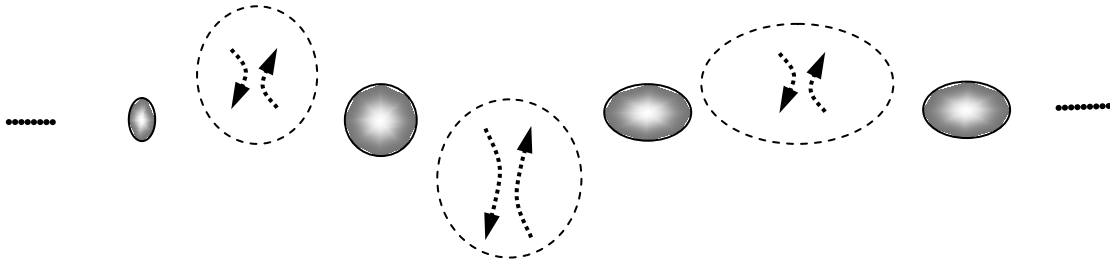


Рисунок 1.4.1 – Понятие «сила»

Если объект в механике – это непрерывная последовательность импульсов, то сила в механике поступательного движения – это некоторое промежуточное состояние объекта при переходе от одного импульса к другому (рисунок 1.4.1).

В общем случае импульс является функцией массы скорости, поэтому при дифференцировании импульса системы тел получаем:

$$\sum_i \frac{d}{dt} \vec{P}_i = \sum_i \frac{d}{dt} (m_i \vec{v}_i) = \sum_i \frac{dm_i}{dt} \vec{v}_i + \sum_i m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \sum_i \vec{F}_{ip} + \sum_i \vec{F}_{iv}, \quad (1.4.2)$$

где $\sum_i \vec{F}_{ip}$ – сумма сил, обусловленных изменением массы объектов, получившая название реактивных сил.

Соотношение (1.4.2) в механике поступательного движения известно под названием основного закона динамики для системы тел, оно отображает взаимодействие дискретных тел в самом общем случае. В частном случае, когда не происходит изменения массы объекта, соотношение принимает более простой вид:

$$\sum_i \frac{d}{dt} \vec{P}_i = \sum_i \frac{d}{dt} (m_i \vec{v}_i) = \sum_i m_i \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \sum_i \vec{F}_i. \quad (1.4.3)$$

Для так называемой замкнутой или изолированной системы сумма внешних сил равна нулю. Для системы, состоящей из двух объектов, последнее соотношение выглядит следующим образом

$$\sum_{i=1}^2 \frac{d}{dt} \vec{P}_i = \sum_{i=1}^2 \frac{d}{dt} (m_i \vec{v}_i) = m_1 \frac{d\vec{v}_1}{dt} + m_2 \frac{d\vec{v}_2}{dt} = 0. \quad (1.4.4)$$

Отсюда следует:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = 0 \quad (1.4.5)$$

или

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2 . \quad (1.4.6)$$

Формула (1.4.6) известна в механике поступательного движения под названием третьего закона Ньютона. Ньютон назвал силу \vec{F}_1 действием, а силу \vec{F}_2 – противодействием. В формулировке Ньютона третий закон звучит так [13]:

«Ationi contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi», т. е. «**Действие всегда равно и противоположно противодействию, или действия двух тел друг на друга всегда равны и прямо противоположно направлены**».

Абсолютные скорости объектов в декартовой системе могут быть выражены через скорости относительные:

$$\vec{v}_i = \vec{v}_k + \vec{v}_{ik} , \quad (1.4.7)$$

где v_0 – скорость некоторого фиксированного тела \vec{P}_k . Тогда сила, действующая на это выделенное тело, в соответствии с формулой (1.4.1) может быть представлена следующим образом:

$$\vec{F}_r = \frac{d}{dt}(m_k \vec{v}_k) = -\frac{d}{dt} \left[\sum_{i \neq k} m_i (\vec{v}_k + \vec{v}_{ik}) \right] = -\frac{d}{dt} \left[\sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_k + \sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_{ik} \right]. \quad (1.4.8)$$

Перепишем последнее равенство в другом виде:

$$\frac{d\vec{v}_k}{dt} \sum_i m_i = -\frac{d}{dt} \sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_{ik} . \quad (1.4.9)$$

Разделив обе части полученного соотношения на $\sum_i m_i$ и умножив на m_k , получим в обобщенном виде формулу для силы, действующей на дискретный объект \vec{P}_k , участвующий в поступательном движении относительно других тел:

$$\vec{F}_k = -\frac{m_k}{\sum_i m_i} \frac{d}{dt} \sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_{ik} = -\frac{m_k}{\sum_i m_i} \frac{d}{dt} \sum_{i \neq k} \vec{P}_{ik} . \quad (1.4.10)$$

Для замкнутой системы, состоящей только из двух тел P_l и P_k , последнее соотношение приобретает следующий вид:

$$\vec{F}_k = -\frac{m_k \cdot m_l}{m_k + m_l} \cdot \frac{d\vec{v}_{lk}}{dt} = -\frac{m_k \cdot m_l}{m_k + m_l} \cdot \frac{d^2\vec{r}_{lk}}{dt^2}. \quad (1.4.11)$$

Здесь F_k – сила, действующая на объект k со стороны тела l , m_k и m_l – массы этих тел, $\frac{d\vec{v}_{lk}}{dt}$ – относительная скорость и $\frac{d^2\vec{r}_{lk}}{dt^2}$ – относительное ускорение тела k по отношению к телу l .

Фундаментальной проблемой механики поступательного движения является вопрос о природе так называемых гравитационных сил и сил инерции. Согласно современным представлениям гравитация есть атрибут конечных материальных тел, некое внутреннее присущее им свойство, если хотите, некое духовное начало, порождающее движение тел. Такая концепция находится в явном противоречии с материалистическим пониманием Мира, согласно которому движение является причиной самого себя (*causa sui*), а взаимодействие тел, силы взаимодействия – вторичны по отношению к движению. Руководствуясь материалистической концепцией, мы будем исходить из тех соображений, что конкретный вид сил взаимодействия определяется спецификой материальных тел и конкретной формой движения этих тел.

Поступательное движение происходит либо по прямой линии, либо по криволинейной траектории: по окружности, эллипсу, параболе или гиперболе. Все виды этих траекторий в математике описываются единым уравнением, которое носит название уравнения конического сечения. Аналитическое выражение уравнения конического сечения в полярной системе координат имеет вид:

$$\rho_{lk} = \frac{p_l}{1 + \varepsilon \cos \varphi}. \quad (1.4.12)$$

Здесь ρ_{lk} – полярный радиус, φ – полярный угол, p_l , ε – параметры, определяющие конкретный вид конического сечения.

Учитывая (1.4.12) и другие конкретные условия, характеризующие поступательное движение, из (1.4.11) можно вывести формулу для взаимодействия двух конечных материальных тел – так называемый закон всемирного тяготения И. Ньютона:

$$F_{lk} = -\gamma \frac{m_k m_l}{\rho_{lk}^2}. \quad (1.4.13)$$

Вывод этого уравнения для читателя, имеющего соответствующий уровень подготовки в области математики и физики, приведен в главе 4. Там же дается вывод третьего закона Кеплера и расчет гравитационной постоянной γ с учетом параметров орбит различных планет относительно Солнца. Заметим, кстати, что вывод формулы (1.4.13) как следствие поступательного движения был сделан И. Ньютоном.

Таким образом, приведенные выше соображения и расчеты позволяют утверждать, что силы тяготения – это *силы взаимодействия между конечными материальными объектами, участвующими в поступательном движении.*

Поступательное движение является причиной и так называемых сил инерции. Соответственно гравитационная и инертная масса объектов, взаимодействующих в поступательном движении, – одна и та же физическая величина. И, конечно же, нелепостью является утверждение о фиктивности сил инерции. Достаточно привести примеры разрушения вращающихся конструкций или напомнить о перегрузках, действующих на пилотов самолетов или на космонавтов, чтобы убедиться, что силы инерции – достаточно реальное явление.

1.5 ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНЕЧНЫХ ТЕЛ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ

Очевидно, что для выяснения конкретного характера взаимодействия вращающихся тел следует руководствоваться схемой, приведенной в предыдущем разделе. Ранее мы указали, что при вращательном движении в качестве вращательной массы выступает момент инерции тела, величина которого определяется формулой:

$$I = \int_V r^2 dm. \quad (1.5.1)$$

Известно также [14], что поведение вращающегося тела (взять хотя бы так называемый гироскопический эффект) невозможно описать, если использовать параметры механики поступательного движения. В то же время решение этой проблемы оказывается относительно несложным при

использовании угловой координаты φ , угловой скорости $d\varphi/dt$, углового ускорения $d^2\varphi/dt^2$, момента инерции I и т. д.

В такой системе координат вращательный импульс тела, который называется моментом импульса, выражается соотношением:

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega} = I \cdot \frac{d\vec{\varphi}}{dt} . \quad (1.5.2)$$

Закон сохранения момента импульса («вращательного» импульса) будет в символическом виде выглядеть следующим образом

$$\vec{L}_0 = \sum_i \vec{L}_i = \sum_i I_i \vec{\omega}_i = \sum_i I_i \frac{d\vec{\varphi}}{dt} = const . \quad (1.5.3)$$

Соответственно, мерой взаимодействия тел при вращательном движении является момент силы («вращательная сила»):

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt} = \frac{d}{dt} (I \cdot \vec{\omega}) . \quad (1.5.4)$$

Соотношение (1.5.4) представляет собой основной закон динамики для вращательного движения, своего рода аналог второго закона Ньютона. Для изолированной системы, содержащей n вращающихся дискретных тел, основной закон динамики с учетом того, что момент инерции может изменяться со временем, будет иметь вид:

$$\sum_{i=1}^n \frac{d}{dt} \vec{L}_i = \sum_{i=1}^n \frac{d}{dt} (I_i \vec{\omega}_i) = \sum_{i=1}^n \frac{dI_i}{dt} \vec{\omega}_i + \sum_{i=1}^n I_i \frac{d\vec{\omega}_i}{dt} = 0 . \quad (1.5.5)$$

В частном случае, когда не происходит изменения момента инерции тел со временем, соотношение (1.5.5) принимает более простой вид:

$$\sum_{i=1}^n \frac{d}{dt} \vec{L}_i = \sum_{i=1}^n \frac{d}{dt} (I_i \vec{\omega}_i) = \sum_{i=1}^n I_i \frac{d\vec{\omega}_i}{dt} = 0 . \quad (1.5.6)$$

Для замкнутой системы, состоящей только из двух тел \vec{L}_k и \vec{L}_l , последнее соотношение приобретает следующий вид:

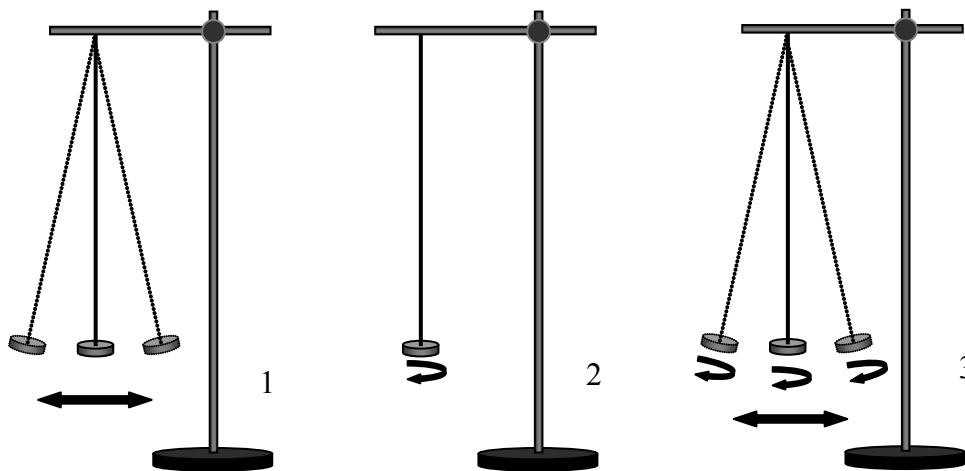
$$\vec{M}_k + \vec{M}_l = I_k \frac{d\vec{\omega}_k}{dt} + I_l \frac{d\vec{\omega}_l}{dt} = 0 . \quad (1.5.7).$$

Для нахождения конкретного вида взаимодействия тел при вращательном движении, если следовать логике рассуждений предыдущего па-

раграфа, необходимо использовать аналитическое выражение, описывающее этот вид движения в общем виде. Кроме того, необходимо иметь в виду то обстоятельство, что момент инерции тел является функцией координат. Конечно же, должна быть использована и теорема Штейнера, устанавливающая связь моментов инерции тел относительно различных систем координат. Понятно, что такая задача является непростой, но вместе с тем и весьма заманчивой, ибо она открывает широкое поле деятельности для физиков и математиков.

1.6 КОЛЕБАТЕЛЬНОЕ И ВОЛНОВОЕ ДВИЖЕНИЕ

При рассмотрении колебательного движения следует сразу оговориться, что существуют два вида колебаний: линейные колебания (поступательные) и крутильные (торсионные). В качестве конкретного примера можно привести колебания цилиндра, подвешенного на нити (рисунок 1.6.1). Далее мы будем рассматривать только линейные колебания.



1 – линейные (плоские), 2 – крутильные (торсионные),
3 – сложные (линейные + крутильные)

Рисунок 1.6.1– Виды колебаний

Выше мы отмечали, что поведение тел при вращательном движении не может быть описано в декартовой системе координат; объяснение взаимодействия вращающихся объектов возможно только с помощью системы угловых координат. Сразу же возникает вопрос: а не нужно ли для описания колебательного движения использовать свою специфическую систему координат? На первый взгляд, такая постановка вопроса кажется

излишней: вроде бы про колебательное движение всё уже давно хорошо известно. Все изучено, казалось бы, в привычной для нас декартовой системе координат. Тем не менее, не стоит торопиться со скоропалительными выводами, хотя бы потому, что в настоящее время фактически не исследованы законы взаимодействия колебательных систем. Далее мы рассмотрим некоторые соображения, свидетельствующие в пользу того, что кинематика и динамика колеблющихся объектов должна использовать имманентную для этого вида движения систему координат.

Рассмотрим движение маятника под действием упругой (квазиупругой) силы [4], причем масса маятника изменяется во времени. Из основного закона динамики

$$\frac{d}{dt}(m\dot{x}) = -kx \quad (1.6.1)$$

с учетом того, что масса осциллятора является функцией времени, т. е. $m=m(t)$, соотношение (1.6.1) следует записать по-другому:

$$\dot{m}\dot{x} + m\ddot{x} = -kx. \quad (1.6.2)$$

Вводя, как обычно, обозначение $k / \dot{m} = \omega^2$, получаем теперь дифференциальное уравнение осциллятора движения в виде:

$$\ddot{x} + \frac{\dot{m}}{m}\dot{x} + \omega^2 x = 0. \quad (1.6.3)$$

Предполагаем, что решением (1.6.3) является функция

$$x = A \sin(\psi_0 + \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}), \quad (1.6.4)$$

где ω_0 и ε – некоторые константы.

Найдем x , \dot{x} из соотношения (1.6.4) и подставим их в (1.6.3)

$$\dot{x} = A(\omega_0 t - \varepsilon t) \cos \psi, \quad (1.6.5)$$

$$\ddot{x} = -A(\omega_0 - \varepsilon t) \sin \psi - A\varepsilon \cos \psi, \quad (1.6.6)$$

$$-A(\omega_0 - \varepsilon t)^2 \sin \psi - A\varepsilon \cos \psi + \frac{\dot{m}}{m} A(\omega_0 t - \varepsilon t) \cos \psi + A\omega^2 \sin \psi = 0. \quad (1.6.7)$$

Последнее соотношение тождественно равно нулю, когда коэффициенты при $\sin \psi$ и $\cos \psi$ равны нулю

$$-(\omega_0 - \varepsilon t) + \omega^2 = 0, \quad (1.6.8)$$

$$-\varepsilon + \frac{\dot{m}}{m}(\omega - \varepsilon t) = 0. \quad (1.6.9)$$

Решая соотношение (1.6.9), получим

$$\omega = \omega_0 - \varepsilon t. \quad (1.6.10)$$

Из (1.6.10) с учетом начальных условий ($m=m_0$ при $t=0$) следует

$$m = m_0 \omega_0 / (\omega_0 - \varepsilon t). \quad (1.6.11)$$

Аналогичным образом можно показать, что, если масса маятника уменьшается по линейному закону

$$m = m_0 \omega_0 / (\omega_0 + \varepsilon t), \quad (1.6.12)$$

то решением уравнения (1.6.3) является функция

$$x = A \sin(\psi_0 + \omega_0 t + \varepsilon t^2 / 2). \quad (1.6.13)$$

График функции (1.6.13) для $A = 10$ мм, $\omega_0 = 2$ рад/с, $\varepsilon = 10$ рад/с² и $\psi_0 = 0$ приведен на рисунке 1.6.2.

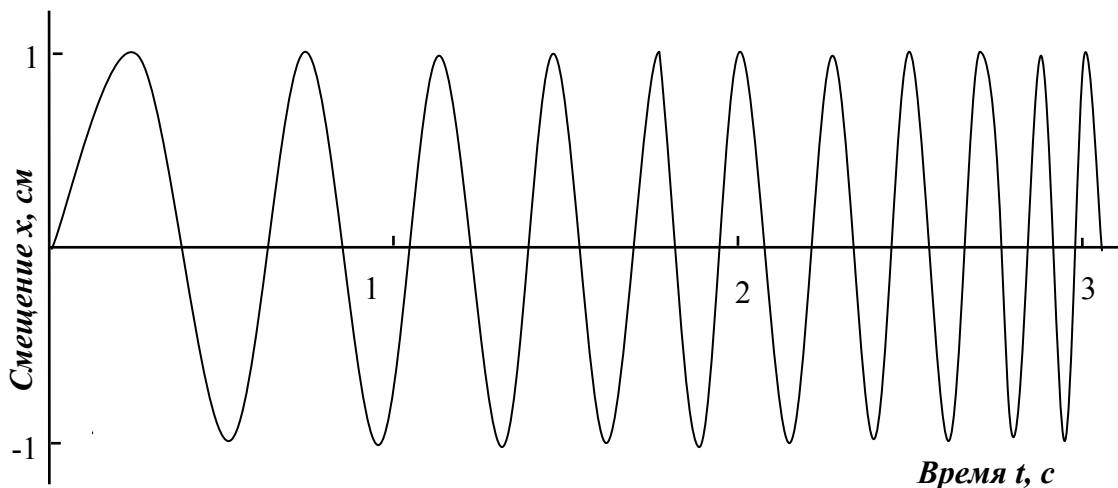


Рисунок 1.6.2 – Изменение частоты колебаний маятника переменной массы

Из анализа соотношений (1.6.10) и (1.6.13) следует, что рассмотренный процесс представляет собой равнопеременное колебательное движение. Его несложно реализовать на эксперименте, наблюдая, например, ко-

лебания подвешенного на длинной нити сосуда, из которого истекает жидкость. Колебания переменной частоты могут возникать в различных устройствах, например, в реактивных аппаратах.

Запишем формулы, описывающие состояния покоя, равномерного и равнопеременного движения для трех видов движения: поступательного, вращательного и линейных колебаний (таблица 1.6.1).

Таблица 1.6.1 – Сопоставление формул кинематики поступательного, вращательного и колебательного движений

Виды движения	Поступательное	Вращательное	Колебательное
Состояние покоя	$s = s_0$	$\varphi = \varphi_0$	$x = A \sin(\psi = \psi_0)$
Равномерное движение	$s = s_0 + vt$	$\varphi = \varphi_0 + \omega t$	$x = A \sin(\psi_0 + \omega t)$
Равнопеременное движение	$s = s_0 + vt \pm at^2/2$	$\varphi = \varphi_0 + \omega t \pm \beta t^2/2$	$x = A \sin(\psi_0 + \omega t \pm \epsilon t^2/2)$

Сопоставление этих формул позволяет, на наш взгляд, раскрыть истинное физическое содержание такого понятия как фаза колебания. Именно эта величина, а не смещение из положения равновесия X , является, очевидно, естественной физической координатой колебательного движения, поскольку именно фазовая координата однозначно определяет пространственно-временное положение колебательной системы.

Если это так, то следует подумать о построении механики колебательного движения, в которой координатой является фаза колебания $\psi = \arcsin(x/A)$ или $\psi = \arccos(x/A)$. В такой механике скорость

колеблющегося тела $\frac{d\psi}{dt} = \pm \frac{dx/dt}{A\sqrt{1-x^2/A^2}}$, импульс $P_\omega = m_\omega \frac{d\psi}{dt}$ и

т. д. В качестве меры инертности колебательного движения должна, по видимому, служить величина $m_\omega = mA^2$.

Далее, если следовать схеме, указанной в разделе 1.4, необходимо записать закон сохранения импульса системы осцилляторов и, найдя общий

закон колебательного движения, определить законы взаимодействия колеблющихся тел. Можно ожидать, что этот путь окажется весьма плодотворным.

Следует обратить особое внимание на механику крутильных колебаний. По какой-то непонятной причине этот вид движения является своего рода изгоем в физике. Очевидно, что рассуждения, приведенные в этом параграфе, распространяются и на эту форму движения.

Для описания волнового движения в настоящее время также используются системы координат, принятые в механике поступательного движения – декартовая, полярная, сферическая и т. д. Уравнение плоской волны в декартовой системе записывается обычно в виде $\xi = a e^{i(\omega t - \vec{k} \vec{r})}$, где ξ – смещение упругой среды, a – амплитудное значение смещения, $i = \sqrt{-1}$ – мнимая единица, ω – циклическая частота колебаний частиц упругой среды, \vec{k} – так называемый волновой вектор, \vec{r} – радиус-вектор точки упругой среды в момент времени, t – время.

Чрезвычайно заманчивые перспективы открывает введение фазовой координаты $\psi = \ln(\zeta / A)$ (ζ – смещение частиц упругой среды) и других соответствующих параметров для описания волнового движения. Отметим здесь, что величина ζ/A имеет вероятностный смысл.

1.7 КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ

Кинетическую энергию поступательного движения тела рассчитывают по различным формулам: либо через массу и скорость тела ($W = \frac{mv^2}{2}$), либо через импульс объекта ($W = \frac{p^2}{2m}$). Но подлинное диалектическое содержание кинетической энергии отображает, на наш взгляд, соотношение

$$W = \int_0^v \vec{p} \cdot d\vec{v}, \quad (1.7.1)$$

а сущность изменения этой величины – формула

$$\Delta W = \int_{v_1}^{v_2} \vec{p} \cdot d\vec{v} \quad (1.7.2)$$

Операция интегрирования в математике означает процесс диалектического снятия. Из формул (1.7.1) и (1.7.2) следует, что кинетическая энергия и ее изменение представляет собой интегральную величину, т. е. сумму, отображающую последовательное изменение импульса тела. Таким образом, если импульс является мгновенной динамической характеристикой конечного материального тела, то кинетическая энергия есть нечто иное, она выступает как диалектическое снятие этой последовательности непрерывно меняющихся импульсов, как нечто целое этой последовательности. Кинетическая энергия отображает изменение, развитие тела в течение конечного интервала времени, т. е. на определенном этапе развития этого тела.

Поясним эти соображения с помощью наглядных моделей. На рисунке 1.7.1. изображен отрезок киноплёнки, отображающий поступательное движение некоторого объекта.

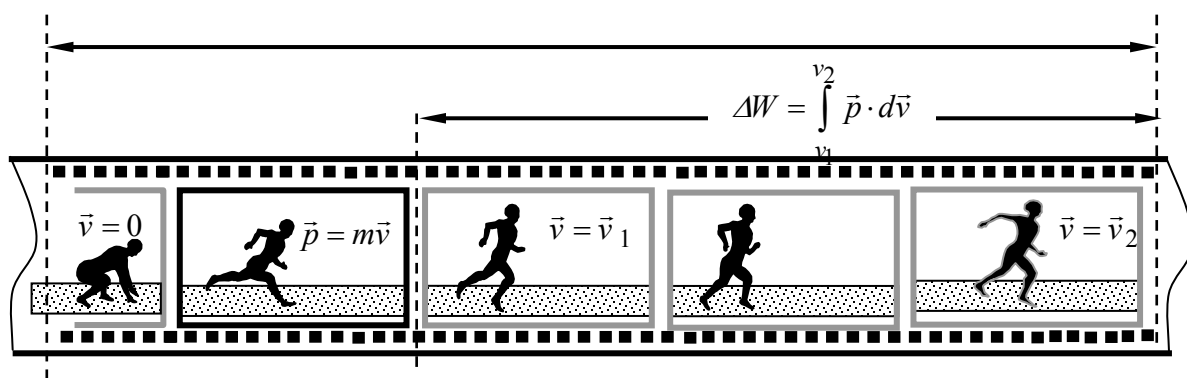


Рисунок 1.7.1 – Понятие «кинетическая энергия»

Импульс $\vec{p} = m\vec{v}$ как мгновенная динамическая характеристика соответствует одному кадру такой киноплёнки, тогда кинетическая энергия как снятая последовательность кадров отображается отрезком киноплёнки, заключенным в соответствующих пределах. Другой пример: несколькими строчкам из «Евгения Онегина» можно поставить в соответствие импульс объекта («Она ушла. Стоит Евгений, как будто громом поражен»), тогда как отдельная глава этого произведения отображает достаточно

продолжительный процесс развития системы тел – ему можно поставить в соответствие изменение кинетической энергии.

Материальный объект может участвовать в различных видах движения, соответственно соотношения, по которым рассчитывается значение кинетической энергии, учитывают специфику эти форм движения. Так, например, при вращательном движении кинетическая энергия вычисляется по формуле $W = \int_0^{\vec{\omega}} \vec{L} \cdot d\vec{\omega}$, которая фактически является соотношением (1.7.1), написанным на языке других параметров. Аналогичные по структуре формулы могут быть написаны и для других видов движения. Структурная схожесть этих формул не удивительна, поскольку они имеют одинаковое диалектическое содержание.

1.8 РАБОТА

В ходе движения материальные объекты непрерывно изменяются, взаимодействуя друг с другом. Как было отмечено нами ранее, мгновенное взаимодействие тел отображается понятием «сила». Силы, действующие между телами, в общем случае непрерывно изменяются, меняется при этом и пространственные связи между телами. Изменение тел на определенном этапе движения (развития), сопровождающееся одновременно изменением пространственных связей объектов, характеризует другая физическая величина – работа. Эта величина в диалектическом плане представляет снятую последовательность единства силы и изменения пространственной связи материального тела, на которое действует сила. Работа, таким образом, является интегральной величиной и, следовательно, должна на языке математических символов для поступательного движения отображаться формулой

$$A = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (1.8.1)$$

Для вращательного движения формула работы имеет аналогичную структуру и тоже диалектическое содержание:

$$A = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \vec{M} \cdot d\vec{\varphi} \quad (1.8.2)$$

Но в соответствии с формулой (1.8.1) при совершении работы происходит поступательное перемещение объектов, тогда как во втором случае работа совершается за счет поворота тела на некоторый угол $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$. Очевидно, что для других форм движения должны существовать сходные по структуре формулы работы.

Необходимо подчеркнуть различие между работой и кинетической энергией. Если кинетическая энергия отображает снятые изменения в данном объекте на некотором этапе развития этого объекта, то работа характеризует передачу этих изменений другим телам, с которыми взаимодействует объект. В этом плане, пожалуй, справедливы слова художника, который заявляет, что в своё новое полотно он вложил частицу самого себя. Действительно, в процессе работы над произведением творец уничтожает, отрицает себя, вкладывая это отрицаемое в свою картину, симфонию или поэму.

1.9 ПОЛЕ СИЛ

В процессе взаимодействия конечных материальных объектов происходит их непрерывное изменение. Мгновенной характеристикой изменения взаимодействующих объектов при поступательном движении тел являются силы. И здесь возникает сложная физическая проблема: каким образом происходит передача взаимодействия или, если так можно выразиться, перенос того, что отрицается в материальных объектах, т. е. перенос силы. В настоящее время существует две концепции взаимодействия конечных материальных объектов: принцип дальнего действия и принцип короткого действия (близкого действия).

В соответствии с принципом дальнего действия конечные материальные тела действуют друг на друга мгновенно на любом расстоянии без промежуточных материальных агентов, через вакуум. Согласно концепции близкого действия взаимодействие тел осуществляется с конечной скоростью через особых материальных посредников. В классической физике считалось, что, к примеру, гравитационное, кулоновское, магнитное взаи-

модействие происходит по принципу дальнего действия; взаимодействие излучающих тел происходит по принципу ближнего действия за счет переноса со скоростью света квантов электромагнитного излучения. В настоящее время концепция ближнего действия является преобладающей в физике.

Если следовать материалистическому постулату о том, что движение является причиной самого себя, первичным по отношению к силе, то необходимо признать, что и промежуточные агенты, через которые передается взаимодействие тел, являются некой материальной объективной реальностью. Такой материальной средой в физике называют поле сил. Далее будем полагать, что поле сил – объективная материальная бесструктурная сущность (среда, субстанция), через которую осуществляется взаимодействие конечных тел, это своего рода, если так можно выразиться, промежуточная стадия их существования. В соответствии с материалистическим представлением о вторичности сил, специфика поля определяется спецификой движения взаимодействующих тел. Так поступательное движение тел, т. е. движение по линиям, описываемым уравнением конического сечения, порождает гравитационное поле; линейные колебания атомов и молекул являются причиной возникновения электромагнитного поля. Поскольку колебания имеют периодический характер, соответственно энергия электромагнитного поля передается в виде квантов. Исходя из этих соображений, совершенно бессмысленным является поиск квантов поля тяготения – так называемых гравитонов. В то же время, если, к примеру, планеты движутся поступательно относительно вращающихся двойных звезд, то происходит периодическая модуляция гравитационного поля. В этом конкретном случае можно говорить о существовании волнового гравитационного поля.

Поскольку все тела действительного Мира связаны между собой, то поле сил по своей природе бесконечно в пространстве. Однако поле может быть локализовано в ограниченной области пространства, примером чему может быть остронаправленный луч электромагнитного излучения: луч радара, световой поток прожектора или фонарика, излучение лазера. Электрические и магнитные поля локализуются в ограниченной области пространства с помощью проводящих или ферромагнитных тел. Гравитационное поле может быть экранировано массивными телами: вспомним хотя бы эксперименты по определению гравитационной постоянной.

В заключение этого раздела следует обратить внимание на следующую проблему. Как уже отмечено выше, с материалистической точки зрения гравитационное поле порождается поступательным (трансляционным) движением тел, электромагнитное поле возникает как следствие колебательного движения частиц. Но ведь существуют и другие формы движения материальных тел: крутильные колебания, вращательное и вихревое движение. Этим видам движения несомненно должны соответствовать имманентные им виды полей. Задача современной физики – отыскание этого соответствия.

Глава 2

Молекулярная физика

2.1 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ

Предметом исследования молекулярной физики является вещество, поэтому логичным было бы начинать этот раздел физики с определения вещества. В [15, 16] вещество определяется как совокупность большого количества одинаковых по своим физико-химическим свойствам объектов, участвующих в одинаковой форме движения. Примером может служить вода, находящаяся в газообразном, твердом или жидком состояниях. В первом случае молекулы воды совершают колебательное движение вокруг положения равновесия, во втором – частицы воды движутся хаотично, в жидкостях движение молекул носит промежуточный характер.

Для описания поведения вещества невозможно использовать методологию, применяемую в курсе механики, ввиду громадного количества частиц, содержащихся в веществе. Поэтому здесь используется другой статистический способ: вводятся усредненные параметры ансамбля частиц, а затем с помощью этих параметров описывают поведение макроскопических объектов. К таким параметрам относятся масса и размеры молекул, их энергия, температура и пр. Так масса атома водорода принимается равной $1,674 \cdot 10^{-27}$ кг, а его диаметр – $2 \cdot 10^{-10}$ м.

Здесь уместно подчеркнуть, что эти параметры не отображают индивидуальные свойства отдельных частиц (об этом уже шла речь в разделе 1.3). Еще раз повторим, что наивно было бы думать, будто природа настолько примитивна, что атомы или молекулы она лепит наподобие того, как, к примеру, автомат на заводе делает одинаковые в соответствии с ГОСТом болты или гайки.

В окружающем нас макромире Вы не встретите две абсолютно одинаковые березы или сосны, не бывает двух одинаковых зерен пшеницы, двух песчинок и т. д. В мегамире не найдется двух одинаковых планет, звезд или галактик. И, конечно же, микромир не является в этом плане исключением. Не подлежит сомнению, что молекулы, атомы, нуклоны безусловно индивидуальны и по размерам, и по другим параметрам, но в молекулярной физике используются понятия, отображающие свойства ансамбля частиц, а не индивидуальные свойства молекул или атомов.

В курсе механики движение тел рассматривается как изменение пространственно временных координат. С этой целью вводят различные системы координат – естественную, декартову, полярную и т. д. Очевидно,

что и молекулярной физике следует выбрать определённые координаты. В [15, 16] в качестве таковых указаны объем и площадь поверхности вещества. Объем V определяется как область пространства, в которой находится вещество. Фактически объем представляет совокупность координат всех микрочастиц, входящих в рассматриваемое вещество. Площадь S определена как геометрическое место точек пространства, отделяющих одну часть вещества (одну фазу вещества) от другой.

Понятие «импульс» не используется в молекулярной физике для вещества по очевидным причинам: импульс является индивидуальной характеристикой материального объекта, это векторная величина, и её среднее значение для ансамбля частиц равно нулю. Средняя энергия микрочастиц системы определяется обычным образом

$$\bar{\varepsilon} = \sum_{j=1}^N \varepsilon_j = \sum_{j=1}^N \frac{mv_j^2}{2}. \quad (2.1.1)$$

Поскольку микрочастицы участвуют в различных видах движения, то для учета энергии, связанной с разными формами движения, используют параметр, называемый числом степеней свободы частицы.

Число степеней свободы определяют как количество независимых координат, необходимых для однозначного определения молекулы или атома в пространстве с учетом всех видов движения, в которых участвует частица. По другому определению, количество степеней свободы равно числу простых независимых перемещений, из которых складывается сложное движение молекулы или атома опять же с учетом всех форм движения частицы. Предполагается, что на каждую степень свободы приходится одинаковая энергия $\bar{\varepsilon}_j$ ввиду равноправности направлений движения в пространстве (изотропности пространства) и произвольности в выборе системы координат. Вот здесь мы сталкиваемся с одним парадоксом, суть которого заключается в том, что на колебательную степень свободы приходится вдвое большая энергия, по сравнению с энергией, приходящейся на степень свободы других видов движения. Средняя энергия $\bar{\varepsilon}$ частиц складывается, таким образом, из энергии поступательного движения частиц, энергии вращения и удвоенной энергии колебательного движения:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_{\text{пост}} + \bar{\varepsilon}_{\text{вращ}} + 2\bar{\varepsilon}_{\text{колеб}}. \quad (2.1.2)$$

Авторы учебников по молекулярной физике стараются не замечать эту исключительность колебательного движения либо придумывают, мягко говоря, подозрительные объяснения для этого парадокса.

Так в популярном курсе физики автор утверждает: «При определении $\bar{\varepsilon}$ нужно учесть, что колебательная степень свободы должна обладать вдвое большей энергетической емкостью по сравнению с поступательной или вращательной. Это объясняется тем, что поступательное и вращательное движение молекулы связано с наличием только кинетической энергии, в то время, как колебательное движение связано с наличием и кинетической и потенциальной энергии, причем для гармонического осциллятора среднее значение кинетической и потенциальной энергии оказывается одинаковыми»[17]. Аналогичные объяснения приводятся и в других учебниках. Не совсем ясно в таком случае, почему не следует учитывать потенциальную энергию частицы при ее, к примеру, поступательном движении. А в модели идеального газа постулируется, что структурные единицы вещества вообще не обладают потенциальной энергией, поскольку их взаимодействие осуществляется только за счет упругого столкновения. Между тем объяснение этого парадокса, на наш взгляд, более, чем очевидно.

Проделайте несложный опыт с цилиндром или шариком, подвешенным на нити (рисунок 1.6.1). Если отклонить груз от положения равновесия, то маятник будет совершать линейные колебания в определенной плоскости. Закрутив груз вокруг вертикальной оси, приведем маятник в крутильные или торсионные колебания. И, наконец, маятник будет совершать сложные колебания, если закрутить нить и отвести груз от положения равновесия. Понятно, что энергия маятника, совершающего комбинированные колебания, складывается из энергии линейных и торсионных колебаний.

Таким образом, средняя энергия молекулы определяется энергией, приходящейся на одну степень свободы поступательного движения, на одну степень свободы вращения и на степени свободы двух видов колебательного движения, причем на каждую степень свободы любого вида движения приходится одинаковое значение энергии:

$$\bar{\varepsilon} = \bar{\varepsilon}_{\text{пост.}} + \bar{\varepsilon}_{\text{вращ.}} + \bar{\varepsilon}_{\text{лин.}} + \bar{\varepsilon}_{\text{торс.}} \quad (2.1.3)$$

В механике поступательного движения взаимодействие тел характеризуют с помощью понятия силы, и второй закон Ньютона именуется еще основным законом динамики. Силовой характеристикой в молекулярной

физике служит средняя сила давления (ее называют обычно просто давлением) P , а в качестве аналога основного закона динамики выступает основное уравнение молекулярно-кинетической теории (уравнение Клаузиуса) $P = \frac{2}{3} n \bar{\epsilon}$. Этот фундаментальный закон записывается в другой форме после введения понятия температуры.

2.2 ТЕМПЕРАТУРА

Температура является одним из основополагающих параметров статистической физики. В настоящее время существует несколько определений этой физической величины. Температуру понимают как меру средней кинетической энергии частиц вещества, как меру интенсивности движения молекул, степень нагретости тел, как величину, пропорциональную энергии, приходящейся на одну степень свободы и пр. Небожитель физики – теоретик-схоласт удивится: «А чего тут непонятного? Температура – это dQ/dS , где Q – теплота, а S – энтропия!» Все эти определения носят общий расплывчатый характер, и их большое число свидетельствует лишь о том, что четкой однозначной интерпретации понятия температуры в настоящее время в физике не существует.

Пожалуй, одно из самых некорректных (если не сказать нелепых) определений температуры дается в учебниках по термодинамике, где температура рассматривается как некая физическая величина, одинаковая у тел, находящихся в тепловом равновесии [18]. Мало того, что подобная интерпретации требует строгой расшифровки представления о состоянии теплового равновесия, но ситуация усложняется еще и тем, что на самом деле у тел, находящихся в условиях равновесия, одинаковыми являются химические потенциалы тел, приращения модулей энтропии, радиационные потоки. На контакте двух металлов или на p-n переходе в равновесном состоянии одинаковыми должны быть разноименные заряды. При осмосе в состоянии теплового равновесия одинаковы потоки растворителя с обеих сторон через мембрану и т. д. и т. п.

Попытаемся найти простое и конкретное толкование температуры на уровне, доступном для выпускника средней школы. Представим себе такую картину. Выпал первый снег, и молодой человек и его подруга затеяли забаву, известную под названием «снежки». Посмотрим, какая энергия

передается игрокам в ходе этого состязания. Для простоты полагаем, что все снаряды попадают в цель. Игра протекает с явным перевесом для представителя сильного пола. У него и снежные шарики покрупнее, да и бросает он их с большей скоростью. Энергия всех брошенных им снежков $E_1 = \Delta N_1 \cdot \bar{\varepsilon}_1$, где ΔN_1 – количество бросков, а $\bar{\varepsilon}_1$ – средняя кинетическая энергия одного шарика. Средняя энергия находится по обычной формуле:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots + \varepsilon_N}{\Delta N} = \left(\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} + \frac{m_3 v_3^2}{2} + \dots + \frac{m_N v_N^2}{2} \right) / \Delta N, \quad (2.2.1)$$

здесь m – масса снежков, а v – их скорость, ΔN – количество брошенных снежков.

Однако не вся затраченная участниками игры энергия будет передана партнеру. В самом деле, снежки попадают в цель под разными углами, поэтому некоторые из них, отразившись от человека, уносят часть первоначальной энергии. Правда, бывают и «удачно» брошенные шарики, результатом которых может быть синяк под глазом. В последнем случае вся кинетическая энергия снаряда передается обстреливаемому субъекту. Таким образом, мы приходим к выводу, что энергия снежков, переданная девушке, будет равна не E_1 , а $E'_1 = \Delta N_1 \cdot \Theta_1$, где Θ_1 – усреднённое значение кинетической энергии, которое передается подруге при попадании в неё одного снежного шарика. Понятно, что чем больше энергия, приходящаяся в среднем на один брошенный шарик, тем больше будет и средняя энергия Θ_1 , передаваемая мишени одним снарядом. В простейшем случае зависимость между ними может быть прямо пропорциональной: $\Theta_1 = a \bar{\varepsilon}_1$. Соответственно, девушка затратила за всё состязание энергию $E_2 = N_2 \cdot \bar{\varepsilon}_2$, но энергия, переданная молодому человеку, будет меньше: она равна $E'_2 = \Delta N_2 \times \Theta_2$, где ΔN_2 – число брошенных снарядов, а Θ_2 – усреднённая энергия одного снежка, поглощенная юношей.

Нечто подобное происходит при тепловом взаимодействии тел. Если привести в контакт два тела, то молекулы первого тела за некоторый промежуток времени передадут второму телу энергию в виде теплоты $Q_1 = \Delta S_1 \cdot \Theta_1$, где ΔS_1 – количество соударений молекул первого тела со вторым телом, а Θ_1 – это средняя энергия, которую молекула первого тела передаёт за одно столкновение второму телу. За это же время молекулы

второго тела потеряют энергию $Q_2 = \Delta S_2 \cdot \Theta_2$. Здесь ΔS_2 – число элементарных актов взаимодействия (число ударов) молекул второго тела с первым телом, а Θ_2 – средняя энергия, которую молекула второго тела передаёт за один удар первому телу. Величина Θ в физике получила название температуры. Как показывает опыт, она связана со средней кинетической энергией молекул тел соотношением:

$$\Theta = \frac{2}{3} \bar{\varepsilon}. \quad (2.2.2)$$

Для идеального газа этот результат можно получить в ходе следующих рассуждений.

Любой физический параметр имеет смысл только в том случае, если он может быть измерен экспериментально. На первый взгляд измерение средней энергии молекул идеального газа может быть осуществлено очень просто: необходимо ввести внутрь газа некий датчик (пробное тело), затем по физическим изменениям в этом пробном теле вследствие его взаимодействия с газом оценить величину средней энергии молекул газа. Строгие расчеты и эксперименты показывают, что опытное измерение непосредственно самой средней энергии невозможно.

Пусть в идеальном газе в качестве датчика введено некоторое твердое тело. Полагаем, что на молекулу, расположенную вблизи твердого тела, действуют слабые силы притяжения. Допустим, что некоторая j -я молекула идеального газа подлетает к пробному телу под произвольным углом, обладая энергией

$$\varepsilon_j \frac{1}{2} m_0 v_j^2 = \frac{1}{2} m_0 (v_{jx}^2 + v_{jy}^2 + v_{jz}^2) = \frac{1}{2} m_0 v_{jx}^2 + \frac{1}{2} m_0 v_{jy}^2 + \frac{1}{2} m_0 v_{jz}^2 = \varepsilon_{jx} + \varepsilon_{jy} + \varepsilon_{jz}. \quad (2.2.3)$$

В момент соударения молекулы с датчиком мысленно заменим исходную j -ю молекулу на три вторичные гипотетических молекулы, движущиеся вдоль осей X , Y , Z и обладающие, соответственно, энергиями ε_{jx} , ε_{jy} , ε_{jz} (рисунок 2.2.1). Такая замена вполне правомерна с физической точки зрения: так как количество молекул газа велико, то, выждав соответствующее время, всегда можно зафиксировать молекулы с подходящими параметрами. Молекулы, летящие вдоль осей X и Z , вследствие воздействия сил притяжения со стороны пробного тела не смогут покинуть его поверхность, третья вторичная молекула, испытав фактически упругое соударе-

ние, отразится от поверхности датчика. Таким образом, в результате соударения j -й молекулы датчику будет передана энергия ε_{jx} и ε_{jz} . Производя усреднение для N молекул, столкнувшихся с датчиком, получаем, что в среднем за одно столкновение молекула идеального газа передает этому датчику энергию

$$\Theta = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\varepsilon_{jx} + \varepsilon_{jz}) = \bar{\varepsilon}_x + \bar{\varepsilon}_z = \frac{2}{3} \bar{\varepsilon}. \quad (2.2.4)$$

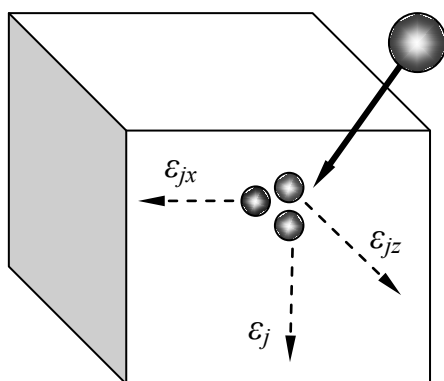


Рисунок 2.2.1– Определение температуры идеального газа

А теперь можно подвести итоги всех приведенных выше рассуждений. Какой же вывод мы должны сделать относительно физического содержания величины Θ ? Он, на наш взгляд, совершенно очевиден.

Температура тела (вещества, системы) – физическая величина, численно равная усреднённой энергии, которую молекула этого тела передаёт другому макроскопическому объекту за одно соударение с этим объектом.

Как следует из формулы (2.2.2), температура – это энергетический параметр, значит, единицей измерения температуры в системе СИ является джоуль. Так что, строго говоря, Вы должны жаловаться примерно так: «Кажется, вчера я простудился, голова болит, и температура высокая – $4,294 \cdot 10^{-21}$ Дж!» Не правда ли, непривычная единица измерения температуры, да и величина какая-то уж слишком малая? Но не забывайте, что речь идет об энергии, которая составляет часть от средней кинетической энергией всего-то одной молекулы!

На практике температуру измеряют в произвольно выбранных единицах: флорентах, кельвинах, градусах Цельсия, градусах Ранкина, градусах Фаренгейта и т. д. (Могу же я определить длину не в метрах, а в кабельтовых, саженьях, шагах, вершках, футах и т. п. Помнится, в одном из мультфильмов длину удава считали даже в попугаях!). Для перевода в джоули необходимо, конечно, указывать соответствующий коэффициент пересчета.

При измерении температуры необходимо использовать некоторый датчик, который следует привести в контакт с исследуемым предметом, Этот датчик мы будем называть *термометрическим телом*. Термометрическое тело должно обладать двумя свойствами. Во-первых, это оно должно быть значительно меньше исследуемого объекта (правильней сказать, теплоемкость термометрического тела должна быть много меньше теплоемкости исследуемого предмета). Вы никогда не пробовали измерить температуру, скажем, комара с помощью обычного медицинского градусника? А Вы попробуйте! Что, ничего не получается? Все дело в том, что в процессе теплообмена насекомое не сможет изменить энергетическое состояние градусника, так как суммарная энергия молекул комара ничтожно мала по сравнению с энергией молекул градусника.

Ну, ладно, возьму маленький предмет, к примеру, карандаш, и с его помощью попробую измерить свою температуру. Опять что-то не ладится... А причина неудачи заключается в том, что термометрическое тело должно обладать ещё одним обязательным свойством: при контакте с исследуемым объектом в термометрическом теле должны происходить изменения, которые можно зарегистрировать визуально либо с помощью приборов.

Присмотритесь, как устроен обычный жидкостный термометр. Его термометрическое тело – маленький сферический сосуд, соединенный с тонкой трубкой (капилляром). Сосуд заполняется жидкостью (чаще всего ртутью или подкрашенным спиртом). При контакте с горячим или холодным предметом жидкость изменяет свой объём, и, соответственно, изменяется высота столбика в капилляре. Но для того, чтобы зарегистрировать изменения высоты столбика жидкости, необходимо к термометрическому телу приладить ещё и шкалу. Прибор, содержащий термометрическое тело и выбранную определенным образом шкалу, называется *термометром*.

Наибольшее распространение в настоящее время получили термометры со шкалой Цельсия и шкालой Кельвина.

Шкала Цельсия устанавливается по двум реперным (опорным) точкам. Первым репером является тройная точка воды – такие физические условия, при которых три фазы воды (жидкость, газ, твердое тело) находятся в равновесии. Это значит, что масса жидкости, масса кристаллов воды и масса водяных паров остаются при этих условиях неизменными. В такой системе, конечно же, идут процессы испарения и конденсации, кристаллизации и плавления, но они уравнивают друг друга. Если не нужна очень высокая точность измерения температуры (например, при изготовлении бытовых термометров), первую реперную точку получают, помещая термометрическое тело в тающий при атмосферном давлении снег или лёд. Второй реперной точкой являются условия, при которых жидкая вода находится в равновесии со своим паром (проще сказать, точка кипения воды) при нормальном атмосферном давлении. На шкале термометра делаются отметки, соответствующие реперным точкам; интервал между ними делится на сто частей. Одно деление выбранной таким образом шкалы называется градусом Цельсия ($^{\circ}\text{C}$). Тройная точка воды принимается за 0 градусов шкалы Цельсия.

Шкала Цельсия получила наибольшее практическое применение в мире; к сожалению, она имеет ряд существенных недостатков. Температура по этой шкале может принимать отрицательные значения, между тем кинетическая энергия и, соответственно, температура могут быть только положительными. Кроме того, показания термометров со шкалой Цельсия (за исключением реперных точек) зависят от выбора термометрического тела.

Шкала Кельвина лишена недостатков шкалы Цельсия. В качестве рабочего вещества в термометрах со шкалой Кельвина должен использоваться идеальный газ. Шкала Кельвина также устанавливается по двум реперным точкам. Первой реперной точкой являются такие физические условия, при которых прекращается тепловое движение молекул идеального газа. Эта точка принимается в шкале Кельвина за 0. Второй реперной точкой является тройная точка воды. Интервал между реперными точками разделен на 273,15 части. Одно деление выбранной таким образом шкалы называют кельвином (К). Число делений 273,15 выбрано по тем соображениям, чтобы цена деления шкалы Кельвина совпадала с ценой деления

шкалы Цельсия, тогда изменение температуры по шкале Кельвина совпадает с изменением температуры по шкале Цельсия; тем самым облегчается переход от показаний одной шкалы к другой. Температура по шкале Кельвина обозначается обычно буквой T . Связь между температурами t в шкале Цельсия и температурой T , измеренной в кельвинах, устанавливается соотношениями

$$t = T - 273,15 \text{ И } T = t + 273,15.$$

Для перехода от температуры T , измеренной в К, к температуре Θ в джоулях служит постоянная Больцмана $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К, она показывает, сколько джоулей приходится на 1 К:

$$\Theta = kT. \quad (2.2.5)$$

Некоторые умники пытаются найти какое-то важное содержание постоянной Больцмана, возводя её в ранг мировых констант; между тем k – самый заурядный коэффициент для пересчёта температуры из кельвинов в джоули.

С учетом формулы (2.2.2) получаем следующие соотношения, связывающие среднюю энергию и температуру, измеренную по шкале К: $2\bar{\varepsilon}/3 = kT$, $\bar{\varepsilon} = 3kT/2$ или в наиболее общей форме:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2}\Theta = \frac{i}{2}kT. \quad (2.2.7)$$

Число степеней свободы при поступательном хаотическом движении равно 3. Соответственно теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы может быть сформулирована следующим образом:

на одну степень свободы любой формы движения

приходится одинаковая энергия, равная $\frac{1}{2}kT$.

Шкала Кельвина является идеализированной шкалой температуры, поскольку ноль шкалы Кельвина (абсолютный ноль) не может быть получен на опыте, кроме того, в качестве термометрического тела в этой шкале должен быть использован не существующий в природе идеальный газ.

Обратим внимание читателя на три специфические особенности температуры. Во-первых, она является усреднённым (статистическим) параметром ансамбля частиц. Представьте себе, что вы решили найти средний

возраст людей на Земле. Для этого заходим в детский садик, суммируем возраст всех ребятишек и делим эту сумму на число детей. Оказывается, что средний возраст людей на Земле – 3,5 года! Вроде считали-то правильно, а результат получили нелепый. А всё дело в том, что в статистике надо оперировать громадным количеством объектов или событий. Чем выше их количество (в идеале оно должно быть бесконечно большим), тем точнее будет значение среднестатистического параметра. Потому понятие температуры применимо только к телам, содержащим громадное количество частиц. Когда журналист в погоне за сенсацией сообщает, что температура частиц, падающих на космический корабль, равна нескольким миллионам градусов, родственникам космонавтов не надо падать в обморок: с кораблем ничего страшного не происходит: просто некомпетентный работник пера выдает энергию небольшого количества космических частиц за температуру. А вот если корабль, направляясь на Марс, сбился бы с курса и приблизился бы к Солнцу, тогда – беда: число частиц, бомбардирующих корабль, громадное, а температура солнечной короны – 1,5 миллиона градусов.

Во-вторых, температура характеризует тепловое, т. е. неупорядочное движение частиц. В электронном осциллографе картинка на экране рисуется узким, сфокусированным в точку, потоком электронов. Эти электроны проходят некоторую одинаковую разность потенциалов и приобретают примерно одинаковую скорость. Для такого ансамбля частиц грамотный специалист указывает их кинетическую энергию (к примеру, 1500 электрон-вольт), которая, конечно же, не является температурой этих частиц.

Наконец, в-третьих, заметим, что передача теплоты от одного тела к другому может осуществляться не только за счет непосредственного столкновения частиц этих тел, но и за счет поглощения энергии в виде квантов электромагнитного излучения (этот процесс происходит, когда Вы загораете на пляже). Поэтому более общее и точное определение температуры следует сформулировать так:

Температура тела (вещества, системы) – физическая величина, численно равная усреднённой энергии, которую молекула этого тела передаёт другому макроскопическому объекту за один элементарный акт взаимодействия с этим объектом.

В заключение вернёмся к определениям, о которых шла речь в начале этого параграфа. Из формулы (2.2.2) следует, что если известна температура вещества, то можно однозначно определить среднюю энергию частиц вещества. Таким образом, температура действительно является мерой средней энергии теплового движения молекул или атомов. С другой стороны, кинетическая энергия пропорциональна квадрату скорости; значит, чем больше температура, тем выше скорости молекул, тем интенсивнее их движение. Следовательно, температура является мерилем интенсивности теплового движения частиц. Определения эти, безусловно, приемлемые, но носят они слишком общий, чисто качественный характер.

Итак, средняя энергия частиц вещества, не определяемая на опыте, может быть рассчитана через температуру, которая измеряется экспериментально. Это обстоятельство позволяет легко перейти от основного уравнения молекулярно-кинетической теории для давления к уравнению состояния идеального газа.

Подставив в формулу $P = \frac{2}{3} n \bar{\varepsilon}$ значение средней энергии в соответствии с выражением $\bar{\varepsilon} = \frac{i}{2} \Theta = \frac{i}{2} kT$ ($i=3$), получим два новых вида записи основного уравнения для давления:

$$P = n\Theta \text{ или } P = nkT .$$

Концентрацию n расписываем по формуле $n = N/V = \frac{m}{\mu} N_A$ (N_A – число Авогадро, m – масса идеального газа, μ – его молярная масса) и получаем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$PV = \frac{m}{\mu} RT . \tag{2.2.6}$$

В этом соотношении $R = N_A \cdot k$ – так называемая универсальная газовая постоянная. Далее несложно перейти к законам Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Шарля, которые являются частным случаем уравнения состояния идеального газа.

Самый же главный результат, который вытекает из предложенного нами определения температуры, заключается в том, что это определение

позволяет дать простое однозначное и предельно ясное толкование такого фундаментального понятия в физике как энтропия.

2.3 ЭНТРОПИЯ

Понятие «энтропия» используется не только в научной литературе; оно получило довольно широкое распространение и в обыденной жизни. Загляните во Всемирную паутину – чего только там не найдешь про это модное ныне слово – энтропия! Оказывается, энтропией называют болезнь глаз у собак, энтропией называли кафе в Милане, есть фильмы с таким названием, так называется компьютерная игра, сиб-панк группа, синглы и т. д. и т. п. А уж в современной художественной (скорее, пожалуй, псевдохудожественной) литературе, детективах и других опусах это слово всегда используется авторами, когда надо сказать что-либо умное, но непонятное для читателя, короче, заморочить ему голову. Энтропия изображается как нечто непонятное, пугающее, чаще всего отвратительное; энтропия – уж точно что-то вроде нечистой силы. Энтропия всесильна, она правит нашим Миром, она – причина всех несчастий.

В научной литературе энтропию (от греческого *entropia* – «**поворот, превращение**») определяют как функцию состояния системы, которая в термодинамике является мерой необратимого рассеяния энергии; энтропия иными словами – это мера обесцененной (бесполезной) энергии, которую нельзя использовать для получения работы. Энтропию определяют как некий параметр, служащий для измерения дезорганизации системы, как степень приближения к тепловой смерти или температурному равновесию.

В статистической физике энтропия интерпретируется как мера вероятности реализации какого-либо макроскопического состояния; в теории информации эта физическая величина – мера неопределенности какого-либо опыта (испытания), который может иметь разные исходы.

В когнитивной психологии энтропия – показатель неопределенности некоей ситуации. Чем выше степень неопределенности понимания или осознания последствий какой-либо ситуации, чем менее такая ситуация является предсказуемой для индивида или группы, соответственно, тем больше информации она содержит, и тем большей будет энтропия. В психоанализе энтропия – степень, в какой психическая энергия становится недоступной для использования после ее вложения в определенный инро-

ещированный объект. В социальной психологии энтропия – количество энергии людей, ставшей недоступной для осуществления социальных изменений и социального прогресса. С увеличением «социальной» энтропии связывают стагнацию и упадок общества.

Очевидно, что все эти определения носят туманный неконкретный характер, хотя некоторые из них в какой-то мере отображают объективные реалии действительного Мира.

Известно [18], что понятие энтропии в физике дается третьим началом термодинамики (тепловой теоремой Нернста). Это начало трактуется как постулат, вытекающий из экспериментов по исследованию теплоемкости тел в широком температурном диапазоне. Между тем в [15; 16; 20] показано, что интегральная форма третьего начала термодинамики может быть получена в результате простых логических построений, вытекающих из предложенного нами определения температуры. Суть этих построений заключаются в следующем.

Выполним мысленно следующий эксперимент. Поместим (рисунок 2.3.1) идеальный газ, имеющий температуру Θ_1 , в замкнутый сосуд бесконечно большой теплоемкости с температурой, равной абсолютному нулю (нуль-термостат). Пусть идеальный газ охлаждается в ходе квазистатического процесса. Первая малая теплота – Q_1 будет передана при начальной температуре Θ_1 , в результате потери энергии газом его температура понизится до Θ_2 . Следующая теплота Q_2 будет передана при температуре Θ_2 и т. д. Последняя малая теплота будет передана термостату при температуре газа, близкой к абсолютному нулю. В соответствии с определением температуры отношение $-Q_j / \Theta_j$ есть не что иное, как количество соударений $\Delta S'_j$ молекул со стенками термостата (число элементарных актов взаимодействия), за счет которых от газа отнимается теплота Q_j .

Следовательно, $(\Delta S'_1 + \Delta S'_2 + \dots + \Delta S'_j + \dots + \Delta S'_N) = \sum_{i=j}^N \frac{-Q_j}{\Theta_j}$ есть пол-

ное количество соударений, которое необходимо для охлаждения идеального газа. Устремляя величины Q_j к нулю, а N – к бесконечности, получим интегральное соотношение для количества соударений, необходимых

для того, чтобы охладить идеальный газ до абсолютного нуля. Используя свойства интеграла, поменяем пределы интегрирования, тогда приходим окончательно к соотношению

$$S' = \int_0^{\Theta} \frac{\delta Q}{\Theta} . \quad (2.3.1)$$

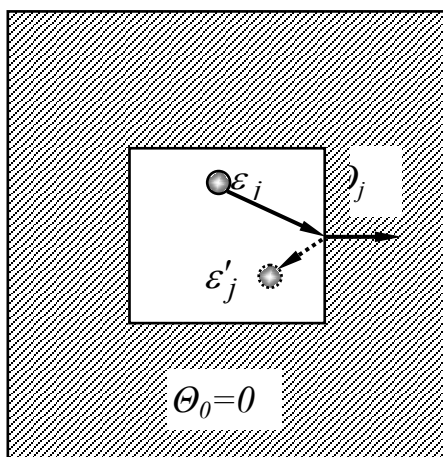


Рисунок 2.3.1 – Объяснение понятия «энтропия»

Величина S' получила в молекулярной физике и термодинамике название энтропии.

Энтропия – физическая величина, численно равная количеству соударений, за счет которых тело, приведенное в контакт с другим телом бесконечно большой теплоемкости и нулевой температуры, охладилось бы до абсолютного нуля.

В соответствии с формулой (2.3.1) энтропия – безразмерная величина [16; 21]. Однако наряду с соотношением (2.3.1) в физике значительно чаще используется формула

$$S = kS' = \int_0^T \frac{\delta Q}{T} , \quad (2.3.2)$$

в которой размерность энтропии $[S] = \text{Дж/К}$.

Рассмотрим теперь ситуацию, когда идеальный газ охлаждается в термостате, температура которого плавно меняется до абсолютного нуля, причем в начальный момент температура термостата, допустим, совпадает

с температурой идеального газа. Очевидно, что в ходе такого процесса часть энергии все время будет возвращаться от термостата к охлаждаемому веществу. По этой причине количество ударов молекул газа о стенки термостата, за счет которых газ охладится до абсолютного нуля, будет всегда больше, чем в ходе рассмотренного ранее процесса. Руководствуясь этими соображениями, можно дать ещё одно определение энтропии:

Энтропия системы (тела, вещества, газа) – параметр состояния системы, численно равный наименьшему количеству элементарных актов взаимодействия, за счет которых может быть полностью потеряна энергия теплового движения частиц системы.

Конечное изменение энтропии называется приращением энтропии:

$$\Delta S'_{12} = \int_{\Theta_1}^{\Theta_2} \delta Q / \Theta . \quad (2.3.3)$$

В соответствии с определением энтропии,

изменение энтропии тела – физическая величина, численно равная количеству ударов молекул (элементарных актов взаимодействия), за счет которых изменяется тепловая энергия тела.

При теплообмене двух тел происходит изменение энтропии обоих тел, причем приращение энтропии нагреваемого тела будет положительным, приращение энтропии охлаждающего тела – отрицательным. Энтропия системы тел является аддитивной величиной.

Рассмотрим конкретный пример. Пусть два предмета тела (один горячий, другой холодный) приведены в соприкосновение друг с другом. Молекулы горячего тела А обладают большей энергией, они ударяются о холодный предмет, обладая большей амплитудой колебаний, частота ударов у них большая. В среднем (в пересчете на одну молекулу и на один удар) молекула тела А отдает холодному предмету энергию Θ_A , Эта величина является температурой горячего тела. Пусть за определенный малый ин-

тервал времени тело отдало теплоту δQ_A . Поскольку теплота, отводимая от некоторого объекта, считается отрицательной, то приращение энтропии

тела А $\Delta S_A = \int_{\Theta_H}^{\Theta_K} -\delta Q / \Theta$ будет положительным (конечная температура

Θ_K меньше его начальной температуры Θ_H).

За тот же промежуток времени количество соударений молекул холодного предмета В о горячий будет, естественно, меньше, стало быть, приращение энтропии этого тела ΔS_B будет меньше по модулю. В соответствии с формулой (2.3.3) приращение энтропии будет отрицательным, поскольку теплота, теряемая телом В, отрицательна, а его температура – величина положительная. Разность в числе ударов молекул горячего и холодного тела – это и будет изменение энтропии системы, состоящей из двух тел. Очевидно, что когда одна величина превалирует над другой, суммарное изменение этих величин всегда будет положительным. Таким образом, получается, что когда система находится в неравновесном состоянии, то изменение энтропии в такой системе может быть только положительным. Когда температуры тел выравниваются, число ударов частиц с той и другой стороны и их энергия становятся одинаковыми – приращение энтропии равно нулю: изменение энтропии системы в состоянии теплового равновесия равно нулю.

Понятие «энтропия» применимо не только к теплообмену; в принципе с его помощью можно характеризовать любые статистические процессы.

Приведем пример из области спорта. Идет первый период встречи по баскетболу. Спортсмены в красной форме хорошо настроилась на встречу, они легко проникают через защитные построения противника, число результативных бросков по кольцу у них намного больше, чем количество мячей, заброшенных баскетболистами в белой форме. Разность в счете – это и есть фактически приращение энтропии в первом периоде игры. Во втором периоде ситуация поменялась: тренер белых учел ошибки игроков, сделал удачные замены – теперь перевес в игре на стороне его команды. Снова система находится в неравновесном состоянии, приращение энтропии (разность в счете за второй период) положительно. В третьем периоде атакующие действия команд выровнялись, наступило динамическое равновесие: в итоге – боевая ничья, игра переходит в овертайм. Приращение

энтропии после третьего периода равно нулю (заметим, что пример этот не совсем корректен из-за небольшой статистики бросков по кольцу).

Пример из биологии. В живых организмах происходит непрерывное рождение новых клеток и отмирание старых. Это процесс управляется центральной нервной системой в соответствии с определенной программой. В состоянии равновесия количество рождающихся и отмирающих клеток одинаково (если не учитывать процесс старения организма) – приращение энтропии в такой системе равно нулю. Теперь предположим, что произошло нарушение в работе программы воспроизведения клеток (нечто похожее происходит в компьютере, программы которого поражены компьютерным вирусом). Процесс воспроизводства клеток превалирует над процессом их отмирания – в организме за счет действия такого виртуального вируса образуется злокачественная опухоль. Система становится неравновесной, приращение энтропии (ее мерой здесь будет разность между рождающимися и отмирающими клетками) в такой системе положительно.

Пример из области информатики. Идет обмен информацией по некоторому каналу связи между объектами А и В. В направлении от А к В информация идет со скоростью 100 Мбайт/с, в обратном направлении – 90 Мбайт. Квант взаимодействия (единица элементарного взаимодействия) в данном случае – 1 байт. Значит приращение энтропии в такой системе за одну секунду равно 10^7 единиц (энтропия – величина безразмерная!), оно положительно. Если же информационные потоки станут одинаковыми, то такой информационный канал переходит в состояние равновесия, приращение энтропии станет равным нулю.

Приведем еще пример из области социологии. Если разница в доходах различных социальных групп населения некоторой страны велика, приращение энтропии в такой общественной формации также велико. Состояние такого общества неустойчиво, оно может закончиться социальным взрывом. Напротив, если доходы различных слоев населения в обществе примерно одинаковы, то энтропия такого общества близка к нулю. Однако в таком обществе процессы развития резко замедляются, оно становится нежизнеспособным.

Рассмотренные выше примеры показывают, что изменение энтропии является показателем равновесия процессов в макроскопической системе. В этом плане механической моделью энтропии могут служить обыкновенные рычажные весы. Когда грузы на чашках весов одинаковы, система

находится в равновесии – изменение энтропии в такой системе равно нулю; если масса грузов неодинакова, равновесие нарушается – приращение энтропии в системе будет отличным от нуля.

В статической физике существует также еще одна интерпретация понятия энтропии, установленная соотношением Больцмана:

$$S = k \cdot \ln \Gamma . \quad (2.3.4)$$

В этой формуле k – постоянная Больцмана, Γ – так называемая термодинамическая вероятность или статистический вес. Температура для соотношения (2.3.4) должна измеряться в Кельвинах, поэтому энтропия имеет размерность Дж/К. В том случае, когда температура измеряется в Джоулях, энтропия становится безразмерной величиной, и формула Больцмана принимает более простой вид [22]:

$$S = \ln \Gamma . \quad (2.3.5)$$

Статистический вес макроскопической системы равен числу равновероятных микросостояний, с помощью каждого из которых может быть реализовано данное макроскопическое состояние системы. Помимо этой общепринятой интерпретации Γ хотелось бы обратить внимание читателя на то, что термодинамическая вероятность имеет еще одно очевидное содержание. При выводе формулы Больцмана [21, с. 290] используется математическая вероятность, значение которой находится в пределах от 0 до 1. В результате относительно несложных рассуждений получается соотношение, устанавливающее связь между энтропией и математической вероятностью в следующем виде:

$$S = k \ln w \quad (2.3.6)$$

$$\text{или } S = \ln w . \quad (2.3.7)$$

(в последнем случае температура измеряется в Дж).

Но для макроскопической системы, содержащей громадное (10^{23}) количество частиц, математическая вероятность чрезвычайно мала. Следовательно, в соответствии с формулой (2.3.7) энтропия принимает отрицательное значение. По этой причине гораздо удобнее использовать другую характеристику макроскопической системы – статистический вес. Из сопоставления формул (2.3.5) и (2.3.7) следует, что статистический вес имеет очень простую математическую интерпретацию:

статистический вес – величина с точностью до единицы, равная обратной математической вероятности.

2.4 ЗАМЕЧАНИЕ О ТЕРМОДИНАМИКЕ

Когда я просматриваю учебники по термодинамике различных авторов [20; 22–27], меня охватывает такое чувство, что составители этих трудов руководствуются двумя принципами.

Первый принцип сформулирован в «Письме к ученому соседу» А. П. Чехова: «Этого не может быть, потому что этого не может быть никогда» [28].

Основу этого раздела физики составляют так называемые начала термодинамики, которые представляют собой постулаты, теоретически доказать которые невозможно. Применяя эти постулаты к конкретным термодинамическим системам, с помощью логических построений получают новые конкретные закономерности, позволяющие предсказать ход различных процессов и свойства разнообразных систем. Такая методология, несомненно, является корректной, поскольку начала термодинамики подтверждаются экспериментами, наблюдениями, всей практической деятельностью человека.

Значительно хуже обстоит дело со вторым принципом, который я бы сравнил с репликой секретаря-машинистки Ундертон из комедии «Баня» В. В. Маяковского: «Простите, товарищ Победоносиков. Вы там про трамвай писали, а здесь почему-то Льва Толстого в трамвай на ходу впустили. Насколько можно понимать, тут какое-то нарушение литературно-трамвайных правил» [29].

Авторы учебников по термодинамике, рассуждая о термодинамических системах или процессах, без всякого обоснования могут вдруг использовать законы и формулы идеального или реального газа, затем на полном трамвайно-термодинамическом ходу использовать законы и соотношения из электродинамики или из других разделов физики. Совсем уж некорректным, на наш взгляд, является использование формулы Больцмана для энтропии и статистического веса. Это соотношение, как известно, выведено с использованием теории вероятности для системы, содержащей большое количество микроячеек, или попросту говоря, для макроскопического объекта, состоящего из молекул или атомов. С другой стороны, в термодинамике оговаривается, что внутреннее строение тел, изучаемых в этой науке, не рассматривается, поэтому использование здесь статистики, по меньшей мере, не логично.

В термодинамике практически не существует ни одного серьёзного определения термодинамического параметра (исключение составляет разве что определение коэффициента полезного действия тепловой машины). Ранее мы уже обращали внимание читателя на ущербность термодинамического определения температуры. Эклектизм, отсутствие системности, схоластика, конечно же, не украшает термодинамику. Справедливости ради отметим, что некоторые логические построения, такие, к примеру, как доказательства теоремы Карно, достойны уважения.

Возникает законный вопрос, почему же термодинамика существует как правомочный теоретический раздел физики. На наш взгляд, этому парадоксу есть простое объяснение. В настоящее время ни в одном учебнике по статистической физике не существует интерпретации на основе молекулярно кинетической теории понятия энтропии, нет формул, устанавливающих связь между теплотой, температурой и энтропией. С другой стороны, понятие энтропии и соответствующие соотношения вводятся в термодинамике. По этой причине в отместку за кражу соотношения Больцмана $S = \ln \Gamma$ и других формул молекулярная физика уворовывает из термодинамики формулу $\delta Q = \Theta dS$ и теорему Нернста, после чего оказывается возможным введение в молекулярной физике энтальпии, свободной энергии, термодинамического потенциала, канонических уравнений Гиббса и т. д. и т. п.

Предложенная нами статистическая интерпретация температуры позволяет логически стройно, системно изложить теорию идеального газа и, что самое главное, дать очень простое молекулярно кинетическое толкование энтропии. При этом отпадает необходимость в заимствовании законов и формул термодинамики, что делает статистическую физику самостоятельной дисциплиной. Что же касается термодинамики, то она может быть в этом случае низведена до заурядной инженерной науки, имеющей только чисто прикладное значение.

Глава 3

Электродинамика и физика атомного ядра

3.1 ЭЛЕКТРОН – КВАНТ ЭНЕРГИИ ИЛИ ЧАСТИЦА ВЕЩЕСТВА?

Трудно найти черную кошку в темной комнате,
особенно если ее там нет.

Кун Фу-Цзы, китайский философ

Когда я объясняю студентам, что такое электрон и электричество, то всегда испытываю некоторую неловкость. Так бывает, если пытаешься втолковать слушателям то, во что не веришь сам.

Название «электрон» предложил ирландский физик Джордж Стони в 1891 году для обозначения электрического заряда одновалентного иона. Гипотезу о том, что электричество представляет материальную субстанцию (флюид), имеющую атомистическую структуру высказал ранее (1749 г.) Б. Франклин. Открытие электрона как материального носителя наименьшей массы и наименьшего электрического заряда принадлежит английскому физiku Дж. Дж. Томсону в 1897 году. Эрнест Резерфорд предложил в 1911 г. планетарную модель атома, согласно которой атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого движутся электроны. Эта модель с учётом квантового характера движения электронов сохранилась до настоящего времени.

В современной теории электрон представляет собой стабильную неделимую структурную частицу вещества размером не более 10^{-19} м. Он является носителем наименьшего отрицательного (условно) дискретного заряда $-e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ кулона, обладает полуцелым спином и массой покоя $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. По современным представлениям масса электрона не отражает его инертные или гравитационные свойства, а носит чисто электромагнитный характер. Правда, что из себя представляет электромагнитная масса, внятно вряд ли кто сможет растолковать. В физике полупроводников электрону ставят в соответствие так называемую эффективную массу [30], зависящую от характера потенциального поля кристаллической решетки твердого тела, в котором перемещается электрон. Эффективная масса отлична от истинной массы частицы, она может принимать отрицательное значение, к тому же она не является постоянной величиной. Эффективная масса не определяет ни инерционных, ни гравитационных свойств электрона, ни его энергии. Она является лишь коэффициентом

том пропорциональности между ускорением электрона, находящегося вблизи границы энергетической зоны, и действующей на него силой. Введение понятия эффективной массы оказывается удобным для описания процессов, происходящих в системе электронов, находящихся в кристаллическом теле, поскольку эффективная масса позволяет описывать состояние кристалла с помощью законов движения свободных электронов. Эффективная масса электрона как бы заменяет собой действие на него периодического поля кристаллической решетки.

В атомной физике электрон относится к классу легких частиц (лептонов) [31], он участвует в слабом, электромагнитном и гравитационном взаимодействиях. Существует также «антипод» электрона – позитрон; в отличие от электрона он обладает элементарным положительным зарядом $+e$. Электрический ток в металлах и полупроводниках представляет собой упорядоченное движение электронов, и хотя скорость дрейфа носителей тока невелика ($\sim 10^{-4} - 10^{-3}$ м/с), электрическое поле в проводящей цепи устанавливается со скоростью света, т. е. практически мгновенно. Согласно современной теории электрон обладает так называемым квантово волновым дуализмом, т. е. является одновременно и частицей и волной; его поведение описывается уравнением Шрёдингера [32].

За последние сто с лишним лет всё, что касается электрона, изучено, кажется, вдоль и поперек. И всё же, все же...

Меня всегда удивляло утверждение о том, что потеряв эбонитовую палочку мехом, мы разделяем заряды в диэлектриках. Мой здравый смысл сразу представляет некоего чудака, который с помощью метлы запросто отделяет пшеницу из кучи зерновой смеси, содержащей рожь, овёс, ячмень и другие злаки. В соответствии с законами природы можно, конечно, привести упорядоченную систему с помощью внешнего неупорядоченного воздействия (скажем, взрывом) в состояние хаоса, но обратный эффект не возможен. Несложно разрушить, к примеру, здание с помощью бульдозера, но никому еще не удавалось из груды битого кирпича бульдозером построить дом.

Когда я вижу на экране двухлучевого осциллографа, как электронные пучки пересекаются друг с другом и не взаимодействуют, элементарный здравый смысл подсказывает мне: что-то тут не так. Ну, не могут потоки частиц вещества проходить друг через друга так, чтобы не происходило

рассеяние частиц даже с учетом ничтожно малых размеров электронов. В этом несложно убедиться, используя обычные классические соотношения.

Пусть плотность тока в электронном луче осциллографа равна составляет 1 А/мм^2 , ускоряющее напряжение – 1 кВ. Тогда скорость упорядоченного движения электронов

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 1 \cdot 10^3}{9,11 \cdot 10^{-31}}} = \sqrt{3,51 \cdot 10^{14}} \approx 2 \cdot 10^7 \text{ (м/с)}.$$

Количество столкновений одной частицы в единицу времени равно

$$z = v / \lambda = \sqrt{2} \sigma n v,$$

где λ – средняя длина пробега частицы, σ – эффективное сечение частицы, n – концентрация электронов в пучке. Эффективное сечение электрона $\sigma = \pi d^2 / 4 = \pi \cdot 10^{-30} / 4 \sim 10^{-30} \text{ (м}^2\text{)}$ (d – классический диаметр электрона). Концентрация электронов

$$j = i / s = q / st = eN / st \quad N = jst / e \quad n = N / V = N / ls = jt / el = j / ev$$

$$n = 1 \cdot 10^6 / 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 2 \cdot 10^7 \approx 0,3 \cdot 10^{18} \text{ (м}^{-3}\text{)}$$

Тогда число столкновений одного электрона в секунду –

$$z_1 = 1,41 \cdot 10^{-30} \cdot 0,3 \cdot 10^{18} \cdot 2 \cdot 10^7 = 10^{-5} \text{ с}^{-1}.$$

Число электронов в пучке длиной 20 см –

$$N_0 = nsl = 0,3 \cdot 10^{18} \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 = 3 \cdot 10^{10}.$$

Следовательно, количество соударений в единицу времени всех электронов в луче составляет

$$z = z_1 \cdot N_0 = 3 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}.$$

Число, как видите, достаточно большое, во всяком случае, такое количество рассеянных электронов на экране осциллографа уж точно было бы легко заметить невооруженным глазом.

В 1923 г. А. Комптон [29] обнаружил эффект, который по современным воззрениям трактуется как процесс рассеяния рентгеновских лучей в результате упругого столкновения рентгеновских фотонов с практически свободными электронами. Однако такой эффект наблюдается фактически только при взаимодействии рентгеновских фотонов с различными веществами: рассеяние различных видов электромагнитного излучения (начиная от теплового и кончая γ квантами высоких энергий) с потоком изоли-

рованных электронов не наблюдается. Эффект аннигиляции электронов и позитронов также происходит только в присутствии атомов вещества.

Электрон, согласно современным представлениям, является материальной частицей и обладает не только элементарным зарядом, но и массой покоя. Электрический ток измеряется силой тока, которая по определению представляет собой заряд, протекающий через поперечное сечение проводника за единицу времени, т. е. ток обусловлен переносом носителей заряда. Следовательно, электрический ток проводимости сопровождается переносом массы.

Протекание постоянного тока в электрической цепи объясняется как процесс непрерывного переноса электронов за счет работы сторонних сил. Такой процесс не сопровождается накоплением зарядов и, соответственно, массы электронов на отдельных элементах цепи.

Нетрудно объяснить с этой точки зрения процессы переноса массы электрона через электровакуумный диод в цепи постоянного тока. В вакуумном диоде электроны, вырываемые из катода за счет термоэлектронной эмиссии, попадают на анод, далее полем сторонних сил источника ЭДС перемещаются на катод и т. д. Таким образом, в замкнутой цепи осуществляется циркуляция носителей заряда и никакого накопления массы электронов на аноде и, соответственно, уменьшения массы катода происходить не будет. При разомкнутой цепи анод приобретает отрицательный заряд, катод заряжается положительно. Электростатическое поле, возникающее между анодом и катодом, в конечном итоге прекращает перенос носителей тока. Нечто подобное происходит при внешнем фотоэффекте в цепи фотоэлемента на *p-n* переходе в сканирующем туннельном микроскопе.

Гораздо более сложные проблемы возникают при объяснении протекания переменного тока через емкость (рисунок 3.1.1). По современным представлениям переменный ток проводимости в металлическом проводнике и нагрузке замыкается в конденсаторе так называемым током смещения. Ток смещения обусловлен наличием изменяющегося электрического поля и поляризацией зарядов диэлектрика в конденсаторе. Плотность тока смещения в вакууме

$$\vec{j} = \frac{d\vec{D}}{dt}, \quad (3.1.1)$$

где $\vec{D} = \varepsilon\varepsilon_0\vec{E}$ – вектор электрической индукции.

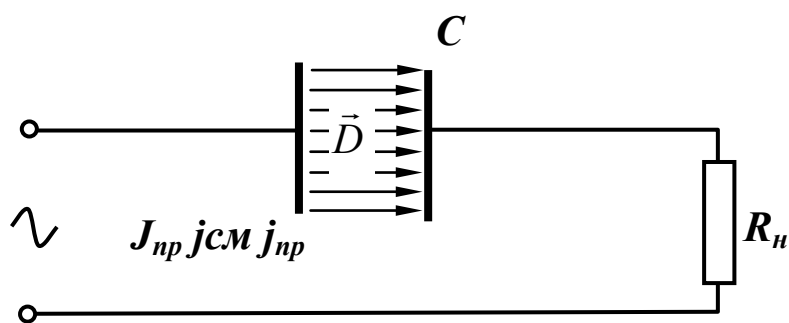


Рисунок 3.1. 1 – Протекание переменного тока через конденсатор

А теперь попробуйте объяснить процесс протекания тока в простенькой бестрансформаторной схеме (рисунок 3.1.2) однополупериодного выпрямителя, которой широко используется в современных зарядных устройствах.

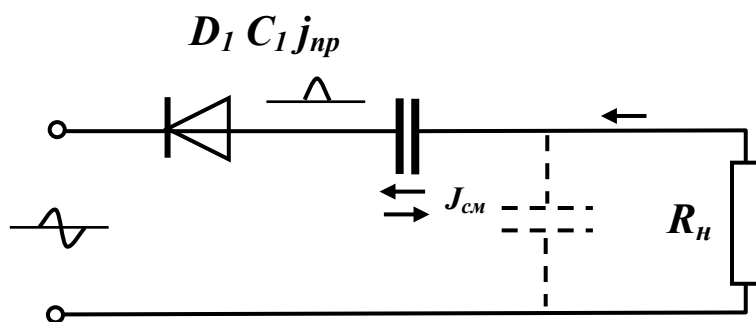


Рисунок 3.1.2 – Схема простого однополупериодного выпрямителя

Нетрудно подсчитать, что при вполне реальном токе в 1 А через нагрузку за год будет перенесена вполне измеряемая макроскопическая масса электронов $(1 \text{ Кл/с} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}) \cdot (9.1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}) / (1.6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл})$ – около 180 мг!). Но ток проводимости через диэлектрик конденсатора не протекает и, значит, невозможен перенос массы, обусловленной таким током. Электроны под действием поля сторонних сил источника ЭДС уйдут от правой обкладки конденсатора C_1 по проводнику через нагрузку R_n и будут накапливаться на левой обкладке конденсатора C_1 . Можно предположить, что заряд на пластинах конденсатора нейтрализуется током смещения. Перенос массы через конденсатор при протекании тока смещения сопровождается, как известно, переносом так называемой полевой массы $m_n = E/c^2$. Но, если даже предположить, что вся мощность выпрямителя (допустим 20 Вт) идет на перетаскивание массы вещества через конденса-

тор, полевая масса электромагнитного поля окажется значительно меньше массы электронов, прошедших через нагрузку: $m_n = E/c^2 = 20 \text{ Вт} \cdot (365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}) / (3 \cdot 10^8 \text{ м/с})^2 \sim 7 \cdot 10^{-3} \text{ мг}$. И, самое главное, ток смещения в соответствии с формулой (3.1.1) за первую четверть периода совпадает по направлению с вектором напряженности электрического поля, приложенного к конденсатору, а во второй четверти периода потечет в противоположном направлении. Следовательно, результирующее значение тока смещения за половину периода вообще должно быть равно нулю, и, соответственно, результирующее значение перенесенной через конденсатор электромагнитной массы за этот интервал времени также будет равно нулю.

Много вопросов возникает по поводу экспериментального определения массы электронов. В большинстве опытов такого рода фактически определяется не масса частицы, а некая характеристическая константа электрона, равная отношению заряда к массе. Здесь и проблема тождественности электронов, и проблема исчезновения массы частиц при аннигиляции электрона и позитрона и другие.

Какие же выводы можно сделать в результате анализа свойств электронов? Прежде всего, можно однозначно утверждать, что электрон не является конечным материальным объектом такого класса, как, например, окружающие нас макроскопические тела, или такие микрообъекты, как протоны или нейтроны. Далее следует обратить внимание на то, что свойства электрона во многом сходны с другим объектом микромира – квантом энергии электромагнитного излучения. Кванты излучения, так же как и электроны, обладают корпускулярными свойствами, им можно поставить определенную массу; фотоны разной длины волны пронизывают друг друга, не взаимодействуя между собой; для когерентного излучения так же, как для электронов, характерно явление интерференции и дифракции. Кванты электромагнитного излучения возникают, как известно, при переходе атомов, совершающих линейные колебания, из одного энергетического состояния в другое. Но волновые процессы могут иметь и другую природу: они могут порождаться также осциллятором, совершающим вращательное движение, или объектом, совершающим крутильные колебания (торсионным осциллятором). В том, что волновые процессы носят при этом совершенно различный характер, можно легко убедиться с по-

мощью несложного эксперимента, наблюдая такие процессы в жидкости (рисунок 3.1.3).

Изготовим модель кристаллической решетки: на резиновом коврике закрепим через равные расстояния небольшие кусочки пенопласта на булавках (отверстия в пенопласте должны быть больше диаметра булавки). Поместим коврик в широкий и неглубокий сосуд, заполненный водой. Если возбудить теперь с помощью вибратора в жидкости вертикальные колебания, то поплавки также будут совершать только колебания по вертикали, причем вокруг каждого кусочка пенопласта возникают вторичные круговые волны. А теперь опустим в жидкость вращающую лопаточку, создающую вихревую волну. Поплавки в этом случае будут участвовать не только в вертикальных колебаниях; возникают дополнительно и крутильные осцилляции. Как и в предыдущем эксперименте вокруг колеблющихся частиц возникают вторичные волны. Суперпозиция этих вторичных волн и первичной волны образует устойчивый волновой процесс в системе (рисунок 3.13).



Рисунок 3.1.3 – Модель кристаллической решетки для наблюдения волновых процессов

Очевидно, что процесс возникновения крутильных колебаний вихревым движением является обратимым: если в связанной системе возбудить

крутильные колебания частиц, то такие частицы станут центрами волн, суперпозиция которых создаст вихревое поле в такой среде.

Но если полагать, что линейным колебаниям соответствуют кванты электромагнитного излучения, то и торсионным колебаниям следует поставить в соответствие кванты энергии, имманентные природе этой форме движения. *Таким квантом энергии, на наш взгляд, и является электрон.* Физическую природу электрона легче понять, сопоставив свойства квантов электромагнитного излучения и характеристики электрона. Энергия фотона, испускаемого микрочастицей при переходе из одного энергетического состояния в другое, определяется соотношением

$$E = h\omega, \quad (3.1.2)$$

где ω – циклическая частота колебаний, а $h=6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с – так называемая постоянная Планка. Этот постоянная имеет фундаментальное значение (в отличие от таких констант как константа Больцмана или универсальная газовая постоянная).

Физическое содержание константы Планка и элементарного заряда можно уяснить, сконструировав уравнение Шредингера в ходе следующих простых полуфеноменологических построений. Пусть имеется гармонический осциллятор [19] с полной энергией:

$$E + U = \frac{mA^2\omega^2}{2}. \quad (3.1.3)$$

Предположим далее, что осциллятор отдает эту энергию упругой среде, возбуждая в среде плоскую волну вида

$$\phi = \phi_0 e^{i(\omega t - \vec{k}\vec{r})} \quad (3.1.4)$$

или $\phi = \phi_0 \cos(\omega t - \vec{k}\vec{r})$. Соотношение (3.1.4) является, как известно, решением волнового уравнения:

$$\Delta\phi = -k^2\phi = -\frac{\omega^2}{c^2}\phi, \quad (3.1.5)$$

здесь c – скорость распространения волнового процесса.

Выразим круговую частоту колебательного процесса из формулы (3.1.3) и подставим ее в (3.1.5). Тогда

$$\Delta\phi + \frac{2(E+U)}{c^2 mA^2} \phi = 0. \quad (3.1.6)$$

Умножим числитель и знаменатель второго слагаемого на m и введем обозначение:

$$cmA = h. \quad (3.1.7)$$

В результате из соотношения (3.1.5) получаем стационарное уравнение Шредингера

$$\Delta\phi + \frac{2m}{h^2}(E+U)\phi = 0. \quad (3.1.8)$$

Из формулы (3.1.7) следует, что, если $h = const$, то $mA = const$. Следовательно, осцилляции микрочастиц могут происходить таким образом, что, чем тяжелее микрочастица, тем меньше должна быть амплитуда колебаний. Условие $mA = const$ является следствием законов сохранения энергии и импульса. Из формулы (3.1.7) можно оценить среднюю амплитуду колебаний микрочастиц. Полагая скорость распространения волны $c = 3 \cdot 10^8$ м/с, среднюю массу микрочастиц $m = 1.67 \cdot 10^{-27}$ кг и $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, получим достаточно разумное значение:

$$A = 6,62 \cdot 10^{-34} / 3 \cdot 10^8 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} = 1.32 \cdot 10^{-13} \text{ (м)}.$$

При переходе осциллятора из одного стационарного состояния в другое энергия, отдаваемая или получаемая частицей, оказывается кратной h .

Можно предположить, что аналогичное условие должно выполняться и для частиц, участвующих в крутильных колебаниях. Полная энергия осциллятора для такого вида колебаний определяется соотношением

$$E + U = \frac{I\omega^2}{2}, \quad (3.1.9)$$

где I – момент инерции вращающейся частицы. Для физического маятника массой m $I = m \cdot l^2$, где l – приведенная длина маятника.

Выразим из (3.1.9) циклическую частоту в явном виде и подставим в формулу (3.1.5):

$$\Delta\phi + \frac{2(E+U)}{c^2 I} \phi = 0. \quad (3.1.10)$$

Далее, умножив числитель и знаменатель второго слагаемого на m , получим стационарное уравнение Шредингера в следующем виде:

$$\Delta\phi + \frac{2m}{c^2 m I} (E + U)\phi = 0. \quad (3.1.11)$$

Введя обозначение $c^2 m J = h^2$, приходим к уравнению (3.1.8).

Для осцилляторов, совершающих крутильные колебания, должен выполняться закон сохранения момента импульса: $L = I\omega = \frac{h^2}{c^2 m} \omega = const$. Со-

ответственно, параметр $Lc = e^2$ также будет постоянной величиной.

Можно оценить примерное значение величины e . Пусть масса торсионного осциллятора $m=10^{-26}$ кг, приведенная длина ядра атома $l=10^{-11}$ м, частота $\omega=10^{12}$ с⁻¹, фазовая скорость волны c – скорость света в вакууме. Тогда

$$e^2 \simeq 10^{-26} \cdot 10^{-22} \cdot 10^{12} \cdot 3 \cdot 10^8 \simeq 3 \cdot 10^{-28} \text{ (кг} \cdot \text{м}^3 \cdot \text{с}^{-2} \text{)}.$$

Выразим эту величину в системе CGSE: $e^2 = 3 \cdot 10^{-28} \cdot 10^3 \cdot 10^6 = 3 \cdot 10^{-19} \text{ (г} \cdot \text{см}^3 \text{с}^{-2} \text{)}$. В результате получаем

значение $e = 5.5 \cdot 10^{-10} \left(\frac{1}{\text{г}^{\frac{1}{2}}} \cdot \text{см}^{\frac{3}{2}} \text{с}^{-1} \right)$. Полученное число практически

совпадает с величиной элементарного заряда в системе CGSE:

$$e = 4.8 \cdot 10^{-10} \left(\frac{1}{\text{г}^{\frac{1}{2}}} \cdot \text{см}^{\frac{3}{2}} \text{с}^{-1} \right).$$

На основании приведенных рассуждений можно сделать вывод, что заряд электрона – это некоторая фундаментальная константа, в какой-то мере аналогичная постоянной Планка. Элементарный заряд e характеризует проявление законов сохранения энергии и момента импульса в замкнутой системе микрочастиц, совершающих крутильные колебания. Суть этих законов состоит в том, что колебания частиц должны совершаться таким образом, что, чем больше момент инерции микрочастицы, тем меньше должна быть частота крутильных осцилляций.

Подведем теперь итог всего сказанного в этой главе. Как и более чем полвека назад, я убежден, что электрон не является элементарной частицей. Вне всякого сомнения, элементарный заряд e объективно отображает то обстоятельство, что изменение энергии крутильных колебаний микрочастиц носит квантовый характер, аналогично тому, как при переходе из одного состояния в другое при линейных колебаниях испускается или поглощается квант электромагнитного излучения.

Планетарная модель атома, предложенная Резерфордом, была создана во многом под впечатлением успехов в объяснении строения солнечной системы. Современная теория атома придерживается модели Резерфорда с поправкой на то, что движение электронов не может быть объяснено законами классической механики и имеет квантовомеханическое описание. Но очевидно, что если электрон не является конечной материальной частицей, то современное представление об атоме в корне ошибочно и необходимо думать о разработке новой теории атома.

Когда на незнакомой местности человек начинает блуждать, часто очень полезно бывает, если это возможно, вернуться к исходной точке. Возможно, современная физика находится в положении такого заплутавшего путника.

Глава 4

Приложение

4.1 ЗАКОНЫ НЬЮТОНА КАК СЛЕДСТВИЕ ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Как было указано выше, закон сохранения движущейся материи в механике поступательного движения принимает следующий вид:

$$\sum_i \vec{P}_i = const. \quad (4.1.1)$$

Материалистическая точка зрения, признавая вечность существования действительного Мира, одновременно признает его непрерывную изменчивость, диалектическое отрицание, непрерывное снятие. В механике поступательного движения изменчивость, непрерывную уничтожаемость материальных объектов отображает понятие силы:

$$\frac{d}{dt} \vec{P} = \frac{d}{dt} (m\vec{v}) = \vec{F}. \quad (4.1.2)$$

Сила, таким образом, являясь производной от импульса, вторична по отношению к импульсу. Соотношение (4.1.2) (второй закон Ньютона) является основным законом динамики поступательного движения. При $\vec{P} = m\vec{v} = const$ материальный объект, скорость и масса которого постоянны, не развивается, не уничтожается (первый закон Ньютона). Из закона сохранения импульса (4.1.1) получаем:

$$\sum_i \frac{d}{dt} \vec{P}_i = \sum_i \vec{F}_i. \quad (4.1.3)$$

В частном случае для замкнутой системы, состоящей из двух тел:

$$\sum_{i=1}^2 \frac{d}{dt} \vec{P}_i + \frac{d}{dt} \vec{P}_2 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \overline{const}, \quad (4.1.4)$$

откуда следует

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2. \quad (4.1.5)$$

Последнее соотношение известно под названием третьего закона механики поступательного движения. В формулировке Ньютона он читается так:

«Действие всегда равно и противоположно противодействию, или действия двух тел друг на друга всегда равны и прямо противоположно направлены» [13].

В соответствии с этим законом силы взаимодействия лежат на прямой линии, соединяющей материальные точки или центры протяженных (например, сферических) объектов: взаимодействие тел, таким образом, носит центральный характер. С точки зрения математики это свойство сил отображается следующей формулой:

$$\vec{F} = \bar{F} \left(\frac{\vec{r}}{r} \right). \quad (4.1.6)$$

4.2 ВЫВОД ОБОБЩЕННОЙ ФОРМУЛЫ ДЛЯ СИЛЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕЛ ПРИ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ

Из соотношения (4.1.2) несложно получить общий закон взаимодействия тел при их поступательном движении. Для замкнутой системы выполняется закон сохранения импульса (4.1.1). Дифференцируя это соотношение, получим:

$$\sum_i \frac{d}{dt} \vec{P}_i = \sum_i \vec{F}_i = 0. \quad (4.2.1)$$

Как известно, полная скорость материального объекта может быть представлена суммой переносной и относительной скоростей. С учетом этого условия, запишем соотношение (4.2.1) в следующем виде:

$$\frac{d}{dt} (m_k \vec{v}_k) = - \frac{d}{dt} \left[\sum_{i \neq k} m_i (\vec{v}_k + \vec{v}_{ik}) \right] = - \frac{d}{dt} \left[\sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_k + \sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_{ik} \right]. \quad (4.2.2)$$

Здесь \vec{v}_k – скорость переносного движения тела P_k ; \vec{v}_{ik} – относительная скорость объекта P_i .

Перепишем равенство (4.2.2) в следующем виде :

$$\frac{d\vec{v}_k}{dt} \sum_i m_i = - \frac{d}{dt} \sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_{ik}. \quad (4.2.3)$$

Разделив обе части последнего соотношения на $\sum_i m_i$ и умножив их

на m_k , найдем окончательное выражение для силы, действующей на объект P_k при поступательном движении:

$$F_k = (-m_k \frac{d}{dt} \sum_{i \neq k} m_i \vec{v}_{ik}) / \sum_i m_i = -(m_k \frac{d}{dt} \sum_{i \neq k} \vec{P}_{ik}) / \sum_i m_i . \quad (4.2.4)$$

В частном случае, для замкнутой системы, состоящей из двух взаимодействующих материальных тел \vec{P}_k и \vec{P}_l , формула (4.2.3) приобретает следующий вид:

$$\vec{F}_k = -\frac{m_k \cdot m_l}{m_k + m_l} \cdot \frac{d\vec{v}_{lk}}{dt} = -\frac{m_k \cdot m_l}{m_k + m_l} \cdot \frac{d^2 \vec{r}_{lk}}{dt^2} . \quad (4.2.5)$$

Соотношение (4.2.5) в самом общем виде выражает фактически зависимость, которая известна как закон всемирного тяготения Ньютона. Конкретный вид ньютоновского закона притяжения несложно получить из (4.2.5), учитывая общее соотношение, описывающее поступательное движение материальных тел.

4.3 ВЫВОД ЗАКОНА ВСЕМИРНОГО ТЯГОТЕНИЯ НЬЮТОНА ИЗ ОБЩЕГО СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДВУХ ТЕЛ ПРИ ИХ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ

Из формулы (4.2.5) рассчитаем силу взаимодействия двух материальных тел, зная конкретный вид их движения. Заметим, что если справедливо соотношение (4.1.6), то векторное произведение силы двух взаимодействующих объектов на расстояние между ними равно нулю:

$$\left[\vec{r}_{lk} \times \vec{F}_{lk} \right] = \left[\vec{r}_{lk} \times \frac{d}{dt} \vec{P}_{lk} \right] = 0 . \quad (4.3.1)$$

Отсюда следует, что

$$\left[\vec{r}_{lk} \times \vec{P}_{lk} \right] = const , \quad (4.3.2)$$

поскольку

$$\vec{r}_{lk} \frac{d\vec{v}_{lk}}{dt} = \frac{d}{dt} \left[\vec{r}_{lk} \times \vec{v}_{lk} \right] . \quad (4.3.3)$$

Величину $\frac{1}{2} \left[\vec{r}_{lk} \times \vec{v}_{lk} \right] = \frac{dS_{lk}}{dt}$ принято называть секторной скоростью, так как она равна площади, описываемой вектором в единицу времени. Тогда равенство (4.3.2) можно переписать в следующем виде:

$$\left[\vec{r}_{lk} \times \vec{P}_{lk} \right] = 2m_l \frac{dS_{lk}}{dt} = A = const . \quad (4.3.4)$$

Соотношение (4.3.4) известно под названием второго закона Кеплера, который формулируется следующим образом:

Радиус-вектор планеты в равные времена описывает равные площади [26, с. 302].

Запишем теперь равенство (4.3.4) в полярной системе координат:

$$\rho_{lk}^2 \dot{\varphi} = A . \quad (4.3.5)$$

Далее вспомним, что все виды поступательного движения описываются одним соотношением, которое называется уравнением конического сечения:

$$\rho_{lk} = \frac{p_l}{1 + \cos \varphi} . \quad (4.3.6)$$

Для расчета силы взаимодействия между двумя телами необходимо в равенство (4.2.5) подставить ускорение, т. е. вторую производную по времени от r_{lk} . Проекция ускорения на оси полярных координат записываются следующим образом

$$w_\rho = \ddot{\rho}_{lk} - \rho_{lk} \ddot{\varphi} , \quad (4.3.7)$$

$$w_\varphi = \frac{1}{\rho_{lk}} \cdot \frac{d}{dt} \left(\rho_{lk}^2 \dot{\varphi} \right) . \quad (4.3.8)$$

Ввиду постоянства секторной скорости из формулы (4.3.8) следует: $w_\varphi = 0$, то есть вектор ускорения проходит через начало координат (направлено на объект \vec{P}_k) и по модулю совпадает с w_ρ . Учитывая (4.3.7), найдем, что:

$$\dot{\rho}_{lk} = \frac{d}{dt} \rho_{lk} = \frac{d \rho_{lk}}{d \varphi} \cdot \frac{d \varphi}{dt} = \frac{d \rho_{lk}}{d \varphi} \cdot \frac{A}{\rho_{lk}^2} = -A \frac{d}{d \varphi} \left(\frac{1}{\rho_{lk}} \right) . \quad (4.3.9)$$

Далее

$$\ddot{\rho}_{lk} = \frac{d \dot{\rho}_{lk}}{dt} = \frac{d \dot{\rho}_{lk}}{d \varphi} \cdot \frac{d \varphi}{dt} . \quad (4.3.10)$$

На основании формул (4.3.5) и (4.3.6) получаем

$$\ddot{\rho} = -\frac{A^2}{\rho_{lk}^2} \cdot \frac{d^2}{d\varphi^2} \left(\frac{1}{\rho_{lk}} \right). \quad (4.3.11)$$

Подставляя в соотношение (4.3.7) значения $\dot{\varphi}$ из (4.3.8) и $\ddot{\rho}_{lk}$ из (4.3.10), найдем следующее выражение для проекции ускорения на ось ρ :

$$w_\rho = -\frac{A^2}{\rho_{lk}^2} \left[\frac{d^2}{d\varphi^2} \left(\frac{1}{\rho_{lk}} \right) + \frac{1}{\rho_{lk}} \right]. \quad (4.3.12)$$

Из (4.3.6) вычислим

$$\frac{d^2}{d\varphi^2} \left(\frac{1}{\rho_{lk}} \right) = -\frac{\varepsilon_e \cos \varphi}{p_e} = \frac{1}{p_e} - \frac{1}{\rho_{lk}}, \quad (4.3.13)$$

то есть

$$w_\rho = -\frac{A^2}{P_l \rho_{lk}^2}. \quad (4.3.14)$$

Наконец, заменяя $\frac{d^2 r_{lk}}{dt^2}$ в (4.2.4) соотношением (4.3.14) и вводя обозначение

$$\frac{A^2}{P_l (m_k + m_l)} = \gamma, \quad (4.3.15)$$

получаем в окончательном виде

$$F_{lk} = -\gamma \frac{m_k m_l}{\rho_{lk}^2}. \quad (4.3.16)$$

Таким образом, из общей формулы (4.2.5) мы получили частный случай в виде (4.3.16). Последнее соотношение известно как закон всемирного тяготения И. Ньютона.

4.4 ФОРМУЛА ДЛЯ РАСЧЕТА ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ

В первом приближении параметры орбитального движения планет можно считать неизменными; тогда коэффициент в формуле (4.3.16) – ве-

личина постоянная. Полагая, что орбиты планет являются приблизительно круговыми, вычислим секторную скорость планеты по формуле:

$$A = \frac{\pi R_{lk}^2}{T_l}, \quad (4.4.1)$$

где R_{lk} – радиус круговой орбиты планеты, T_l – период её обращения вокруг Солнца. Из формулы (4.3.16) найдем, учитывая, что $P_l = R_{lk}$:

$$\gamma = \left(\frac{\pi R_{lk}^2}{T_l} \right)^2 \frac{1}{R_{lk}(m_k + m_l)}. \quad (4.4.2)$$

Поскольку характер взаимодействия планет одинаков, то следует полагать, что коэффициент γ – величина постоянная и одинаковая для всех объектов, взаимодействие которых описывается законом (4.3.16). Тогда для двух любых планет P_l и P_k из формулы (4.4.2) получим:

$$\gamma = \left(\frac{\pi R_{lk}^2}{T_l} \right)^2 \frac{1}{R_{lk}(m_k + m_l)} = \left(\frac{\pi R_{nk}^2}{T_n} \right)^2 \frac{1}{R_{nk}(m_k + m_n)}. \quad (4.4.3)$$

Если m_k – масса Солнца, то $m_k + m_l \simeq m_k + m_n$ и соотношение (4.4.3) принимает следующий вид:

$$R_{lk}^3 / T_l^2 = R_{nk}^3 / T_n^2 \quad \text{или} \quad T_l^2 / T_n^2 = R_{lk}^3 / R_{nk}^3. \quad (4.4.4)$$

В результате мы получили так называемый третий закон Кеплера, который принято обычно формулировать следующим образом:

Квадраты времен обращения планет относятся как кубы больших осей эллиптических орбит, по которым они движутся вокруг Солнца [26, с. 302].

4.5 РАСЧЕТ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПОСТОЯННОЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПЛАНЕТ

В закон всемирного тяготения входит коэффициент γ , получивший название гравитационной постоянной. Гравитационная постоянная была определена в ходе различных экспериментов; согласно измерениям, выполненным в 2013 году, $\gamma = (6,67545 \pm 0,00018) \cdot 10^{-11}$ (Н·м)/кг².

Рассчитаем гравитационную константу из соотношения (4.4.3), используя параметры движения планет солнечной системы. Итак,

$$\gamma = \left(\frac{\pi R_{lk}^2}{T_l} \right)^2 \frac{1}{R_{lk}(m_k + m_l)} = \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 \frac{R^3}{(M + m)}.$$

Напомним, что здесь $R_{lk} = R$ – радиус круговой орбиты планеты, T_l – период её обращения вокруг Солнца, $m_k = M$ ($M = 1,98 \cdot 10^{30}$ кг) – масса Солнца, $m_l = m$ – масса соответствующей планеты. Подставив численные значения параметров планет Солнечной системы, получим величину гравитационной постоянной.

Меркурий:

$$m = 3,26 \cdot 10^{23} \text{ кг}, R = 5,791 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 88 \text{ суток} = 7,6 \cdot 10^6 \text{ с}.$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{7,6 \cdot 10^6} \right)^2 \frac{(5,791 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 3,26 \cdot 10^{23})} = 1,676 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \right).$$

Венера:

$$m = 49 \cdot 10^{23} \text{ кг}, R = 11 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 224 \text{ суток} = 19,350 \cdot 10^6 \text{ с}.$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{19,35 \cdot 10^6} \right)^2 \frac{(11 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 49 \cdot 10^{23})} = 1,686 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \right).$$

Земля:

$$m = 59,8 \cdot 10^{23} \text{ кг}, R = 14,9 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 365 \text{ суток} = 31,54 \cdot 10^6 \text{ с}.$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{31,54 \cdot 10^6} \right)^2 \frac{(14,9 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 59,8 \cdot 10^{23})} = 1,658 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \right).$$

Марс:

$$m = 6 \cdot 10^{23} \text{ кг}, R = 22,7 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 687 \text{ суток} = 59,4 \cdot 10^6 \text{ с}.$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{59,4 \cdot 10^6} \right)^2 \frac{(22,7 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 6 \cdot 10^{23})} = 1,676 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \right).$$

Юпитер:

$$m = 19,02 \cdot 10^{23} \text{ кг}, R = 78 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 4343 \text{ суток} = 375,3 \cdot 10^6 \text{ с}.$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{375,3 \cdot 10^6} \right)^2 \frac{(78 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 1,9 \cdot 10^{27})} = 1,655 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{кг \cdot c^2} \right).$$

Сатурн:

$$m = 5,694 \cdot 10^{26} \text{ кг}, R = 143 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 6752,5 \text{ суток} = 930,3 \cdot 10^6 \text{ с.}$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{930,3 \cdot 10^6} \right)^2 \frac{(143 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 0,57 \cdot 10^{27})} = 1,682 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{кг \cdot c^2} \right).$$

Уран:

$$m = 868,8 \cdot 10^{23} \text{ кг}, R = 287 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 30740 \text{ суток} = 2,649 \cdot 10^9 \text{ с.}$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{2,649 \cdot 10^9} \right)^2 \frac{(287 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 8,7 \cdot 10^{25})} = 1,688 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{кг \cdot c^2} \right).$$

Нептун:

$$m = 1,045 \cdot 10^{26} \text{ кг}, R = 450 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 60152 \text{ суток} = 5,19 \cdot 10^6 \text{ с.}$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{5,19 \cdot 10^9} \right)^2 \frac{(450 \cdot 10^{10})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 1,045 \cdot 10^{26})} = 1,687 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{кг \cdot c^2} \right).$$

Плутон:

$$m = 550 \cdot 10^{23} \text{ кг}, R = 590 \cdot 10^{10} \text{ м}, T = 90420 \text{ суток} = 7,812 \cdot 10^9 \text{ с.}$$

$$\gamma = \left(\frac{\pi \cdot}{7,812 \cdot 10^9} \right)^2 \frac{(5,9 \cdot 10^{12})^3}{(1,98 \cdot 10^{30} + 5,5 \cdot 10^{24})} = 1,678 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{кг \cdot c^2} \right).$$

Из сопоставления полученных результатов следует, что расчетные значения гравитационной постоянной, определенные по формуле (4.4.3), примерно одинаковы, но заметно отличаются от экспериментально измеренной величины ($\gamma = 6,676 \cdot 10^{-11}$). Это различие следовало ожидать, поскольку формула (4.4.3) учитывает взаимодействие только между планетой и Солнцем. Понятно, что точное значение гравитационной постоянной может быть вычислено при учете взаимодействия планеты с другими планетами, ближайшими звездами и другими космическими объектами.

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Мы живем в такое время, когда в обществе происходят весьма резкие и достаточно тревожные перемены. Разгром социалистической системы в 90-х годах прошлого столетия был обусловлен разнообразными внутренними и внешними причинами, в том числе непониманием партийного руководства стран социалистического лагеря диалектики развития современного общества, отсутствием творческого подхода к теории, созданной Марксом. В основе этой теории, как известно, лежит идея о возникновении в обществе новых производительных сил, развитие которых приводит в конечном итоге к смене производственных отношений и замене одной общественной формации другой. Эти положения и должны составлять базис современной теории развития общества. Вместе с тем в марксистскую теорию необходимо было внести некоторые коррективы, которые стали очевидными на современном этапе.

Прежде всего, следует отбросить идею о возможности построения идеального (коммунистического) общества. Эта идея противоречит диалектике вообще, да и, как это ни парадоксально, основной сути учения Маркса. Поскольку развитие общества происходит непрерывно, то возникновение новых производительных сил также является непрерывным и бесконечным процессом. Соответственно, появление новых классов, обострение противоречий между новыми классами и классами отмирающими – это тоже неизбежный и непрерывный процесс. Задача правящей верхушки, которая должна руководствоваться передовой научной теорией развития общества, состоит не в том, чтобы строить по надуманной схеме некое идеальное общество, а в том, чтобы на каждом этапе развития человечества осмыслить глубинные процессы, протекающие в обществе, вовремя предвидеть, какие производительные силы возникнут на следующем этапе развития, какой класс (классы) будет играть решающую роль в развитии общества на этом этапе. Понимание этих проблем позволит людям, стоящим у руля государства, сделать по возможности безболезненным переход от одной общественной формации к другой, избежать катастрофических потрясений в обществе.

Далее следует также принять во внимание то, что темпы развития человеческого общества все более ускоряются. Так, по мнению ученых, животная фаза развития человека (1) составляла около двух миллионов

лет, первобытнообщинный строй (2) длился примерно 35 тысяч лет, рабовладельческий строй (3) – порядка 5 тысяч лет. Феодалное общество (4) существовало в разных странах от 200 до 700 лет, в среднем примерно 4 столетия, классический капитализм (5) возник приблизительно два столетия тому назад. Построим график зависимости времени развития T общественной формации от порядкового номера формации. Обычно такие графики строят в так называемом полулогарифмическом масштабе.

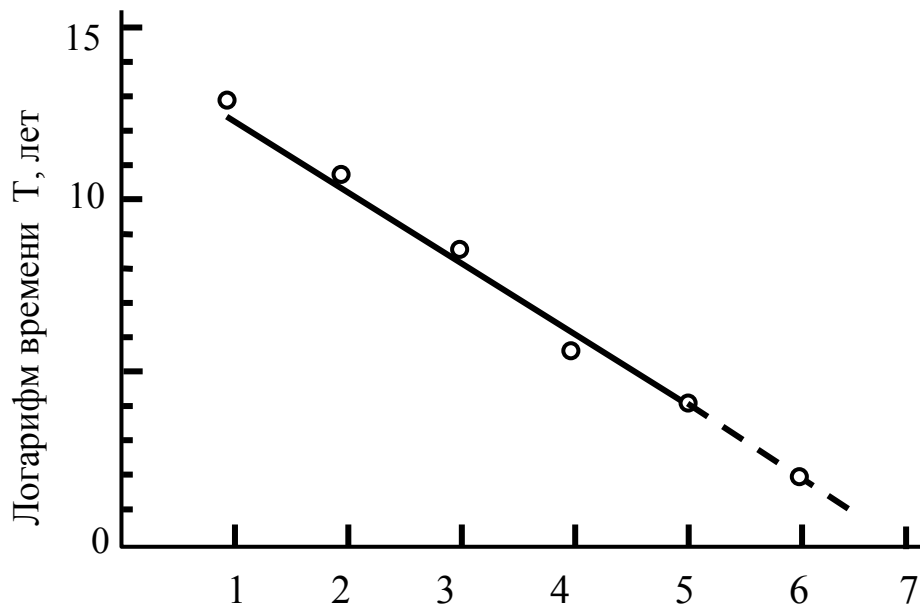


График зависимости времени существования общественной формации от ее порядкового номера

Оказывается, что все точки графика достаточно хорошо ложатся на прямую линию, т. е. развитие человеческого общества происходит по закону, близкому к экспоненциальному. Экспоненциальный закон описывает все достаточно плавно протекающие и затухающие процессы в природе, например, движение маятника в среде с большим сопротивлением. Маятник, выведенный из положения равновесия, возвращается в это положение и замирает. Анализ полученного графика приводит к неожиданному результату: получается, что капиталистическая фаза существования человеческого общества уже закончилась, причем окончание эпохи классического капитализма произошло после второй мировой войны. Выходит, что историки, в том числе и ученые марксисты-ленинцы, проглядели то, что возникли новые производительные силы, что появился новый класс, что мы живем в новой общественной форме. Давайте вспомним, что же произошло в пятидесятые годы.

Именно в эти годы возникает атомная энергетика, полупроводниковая технология, космическая техника, начинает бурно развиваться кибернетика, микроэлектроника и т. д. С точки зрения марксистской теории появился новый класс эксплуататоров (сейчас их в средствах массовой информации подобострастно именуют *олигархами*) и класс эксплуатируемых – это инженерно-технические работники (синие воротнички), руками и умом которых создается современное национальное богатство; это люди, которые обслуживают новые производительные силы. Возникли целые города, являющиеся центрами новой технологии: в США, например – Силиконовая долина; в России – это Дубна, Обнинск, Зеленоград, Саров, Байконур, Сколково и т. д. и т. п. Произошло то, что в марксистской теории называется концентрацией труда и капитала. Классический машинный пролетариат перестал играть в новом обществе основную роль; из класса прогрессивного он превратился в класс реакционный.

Развитие новой общественной формации пошло в силу исторически сложившихся причин по двум путям: в Советском Союзе и в других странах социалистического лагеря управление экономикой происходило командно-административными способами, в странах Европы и Америки – на основе так называемых рыночных отношений. Однако, несмотря на различный характер управления экономикой, суть новых общественных формаций была одной и той же – это было новое посткапиталистическое общество. Как говорится, природу не обманешь: мы делали вид, что строим социализм, а построили общество, которое предопределено было возникновением новых производительных сил. Только в странах лагеря социализма общество это оказалось обществом-уродцем. Представьте себе, что Вы захотели бы из молоденького крокодила вырастить змею, для чего поместили несчастного зверушку в трубу. Как бы Вы ни кормили, ни холили такого крокодила, змеи из него не получится, и в лучшем случае вырастет нежизнеспособное существо. Если бы правящая верхушка в СССР смогла в свое время осмыслить суть глубинных процессов, протекающих в современном обществе, а затем постепенно, осторожно внесла бы необходимые коррективы и привела бы в соответствие систему управления государством и экономикой новым производительным силам (так это в свое время сделали китайцы), то ситуация на нынешнее время была бы, думаю, совсем иной. К сожалению, самая «передовая» марксистско-ленинская наука оказалась неспособной понять и объяснить суть

явлений, которые протекают в современном обществе. К тому же во главе СССР в начале 90-х годов оказались люди с непомерными амбициями и интеллектом заурядного первого секретаря райкома партии. Эти люди самым варварским способом разрушили железобетонную трубу утопических схем, которая душила наше многострадальное государство, одновременно разбив голову, переломив хребет и оторвав лапы и хвост несчастному созданию, оказавшемуся внутри этой трубы. А затем пришли мальчики в гарвардских штанишках, которые возомнили, что они вообще способны взрослого крокодила переделать в яйцо, из которого тот вылупился. Их попытки построить классический капитализм (общество, которое фактически давным-давно исчерпало себя, которое стало анахронизмом!) отбросили Россию чуть ли не на уровень 30-х годов.

Одна из причин, по которой и ученые, и правители СССР не смогли понять суть явлений, переживаемых современным человечеством, заключается еще и в том, что по мере развития общества и, соответственно, протекающие в нем процессы становятся все более сложными. В самом деле, в фазе животного существования и при первобытнообщинном строе человечество было практически однородным, при рабовладельческой формации все люди делились на рабов и рабовладельцев. В феодальном обществе наряду с крепостными и феодалами появились ремесленники, торговцы, люди искусства и т. д. При капитализме помимо рабочих и капиталистов уже весьма заметную долю общества составляют крестьяне, интеллигенция и другие слои. Таким образом, по мере усложнения общественной формации передовой класс становится, если так можно выразиться, все более малочисленным. На нынешней стадии развития число инженерно-технических работников, обслуживающих современные технологии, в процентном отношении к населению планеты невелико. Наконец, сейчас, как никогда ранее, заметную роль играют этнические, религиозные, региональные и другие противоречия между определенными группами людей, существенно осложняющие ход развития человеческого общества.

Если верить построенному нами графику, время жизни посткапиталистической формации составляет всего-то 50–60 лет, т. е. она закончит свое существование где-то в районе 2020–2030 года. А это означает, что совсем скоро будут открыты новые производительные силы, и человечество перейдет к новой общественной формации. Сейчас трудно предугадать, какими будут эти новые производительные силы. Возможно, они будут свя-

заны с открытием новых видов энергии, с новыми достижениями в компьютерной технике, в области микроминиатюризации или в других областях науки и техники. Вероятнее всего смена общественной формации будет связана с прогрессом в области биологии, в частности, в области генной инженерии. Поэтому задача нынешнего руководства страны состоит, может быть, не в том, чтобы пытаться восстановить безвозвратно утраченное, а в том, чтобы угадать эти будущие технологии и обеспечить их предпочтительное развитие.

Есть еще одно и очень тревожное следствие, вытекающее из анализа графика. Как сказали бы математики, кривая в ближайшие десятилетия выходит на насыщение, а это в природных процессах означает лишь то, что система, развивающаяся по экспоненциальному закону, переходит в устойчивое состояние, т. е. развитие, движение прекращается. Так что же, может, наступает тот самый золотой век, тот самый коммунизм, о котором грезит человечество? Может быть, через какие-то 20–50 лет наступят времена, когда буквально каждый день наука будет открывать все новые и новые возможности для человека и обеспечит ему райскую жизнь? Увы, вряд ли перед человечеством стоит такая радужная перспектива. Думаю, что в действительности мы подошли к той черте, за которой следует два варианта развития. Первый предполагает качественно новый характер прогресса, т. е. переход на новую экспоненциальную функцию развития. Вторым вариантом означает, что человечество вступило в стадию маразма, что оно исчерпало возможности своего развития и должно погибнуть как вид. Это может быть связано, в том числе, и с открытием новых производительных сил, управлять которыми человек уже не сможет. Не исключено, что сейчас где-то в лаборатории какой-то умник в погоне за новыми видами энергии разжигает такой костер, который превратит нашу голубую планету в голубую звезду. А может другой, не менее любопытный *homo sapiens*, желая, конечно же, облагодетельствовать человечество, создает методами генной инженерии такую пакость, которая сожрет это самое человечество. Очень велика вероятность того, что какой-то не совсем адекватный *homo sapiens* нажмет по злему умыслу или по ошибке не ту кнопку.

Когда к нам приходит старость, мы иногда вздыхаем: ах, если бы хоть на мгновение вернуть нашу молодость! И при этом отчетливо сознаем, что желание это абсолютно невыполнимо. Но вот ведь парадокс – вернуть молодость человеческому обществу, построить этот самый золо-

той век или, если хотите, коммунизм в принципе можно. Для этого и сделать-то надо совсем немного. Надо лишь уничтожить все оружие, отрегулировать численность населения на таком уровне, чтобы на Земле поддерживалось экологическое равновесие. Надо ограничить свои аппетиты, и брать от природы только самое необходимое. Следует резко увеличить рождаемость людей при одновременном увеличении смертности для сохранения естественного отбора; надо, надо... Да вот только кто согласится с этим **надо**, кто из нас откажется от привычного комфорта, кто добровольно откажется от лишнего куска хлеба, от лишнего метра земли, от лишнего кофеварки или самолета, от колечка или алмазного колье?

Мудрый Козьма Прутков заметил: первый шаг ребенка – это шаг к смерти. Все живущее в мире рано или поздно умирает. Так что же, вперед, homo cerritus!?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Тыщенко, А. П. Движущаяся материя: материя и движение, импульс: масса и скорость / А. П. Тыщенко. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 1999. – 18 с. – Деп. в ВИНТИ РАН 18.05.99, № 1562 – в 99.
- 2 Томсон, Д. Дух науки / Д. Томсон. – Москва : Знание, 1970. – С. 75.
- 3 Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. – Москва : Политиздат, 1969. – С. 235.
- 4 Тыщенко, А. П. Колебания маятника переменной массы / А. П. Тыщенко. – Курган : Курганский пединститут, 1991. – 4 с. – Деп. в ВИНТИ АН СССР 19.03.91, № 1197 – В91.
- 5 Гегель, Г. В. Ф. Наука логики : в 3 т. / Г. В. Ф. Гегель. – Москва : Мысль, 1971. – Т. 2. – С. 78.
- 6 Маркс, К. Сочинения : в 39 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва : ИПЛ, 1961. – Т. 20. – С. 570.
- 7 Маркс, К. Сочинения : в 39 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва : ИПЛ, 1961. – Т. 3. – С. 90.
- 8 Маркс, К. Сочинения : в 39 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва : ИПЛ, 1961. – Т. 2. – С. 570.
- 9 Ленин, В. И. Сочинения / В. И. Ленин. – 5-е изд. – Москва : ГИПЛ, 1968. – Т. 18. – С. 50.
- 10 Маркс, К. Сочинения : в 39 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва : ИПЛ, 1961. – Т. 35. – С. 97.
- 11 Гегель, Г. В. Ф. Наука логики / Г. В. Ф. Гегель. – Москва : Мысль, 1971. – Т. 1. – С. 123–136.
- 12 Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. – Москва : Политиздат, 1969. – С. 234.
- 13 Суслов, Г. К. Теоретическая механика / Г. К. Суслов. – Москва-Ленинград : ОГИЗ, 1946. – С. 136.
- 14 Савельев, И. В. Курс общей физики : в 5 т. / И. В. Савельев. – Москва : Наука, 1970. – Т. 1. – С. 168–173.
- 15 Тыщенко, А. П. Основы молекулярной физики и термодинамики : учеб. пособие / А. П. Тыщенко. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2005. – 135 с.
- 16 Тыщенко, А. П. Основы молекулярной физики и термодинамики : учеб. пособие / А. П. Тыщенко. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2012. – 168 с.
- 17 Савельев, И. В. Курс общей физики : в 5 т. / И. В. Савельев. – Москва : Наука, 1970. – Т. 1. – С. 339.

- 18 Базаров, Т. Д. Термодинамика / Т. Д. Базаров. – Санкт-Петербург, Москва, Краснодар : Лань, 2010. – 377 с.
- 19 Тыщенко, А. П. О температуре идеального газа / А. П. Тыщенко. – Курган : Курганский пединститут, 1983, – 7 с. – Деп. в ВИНТИ 13.07.1983, № 3896-83.
- 20 Тыщенко, А. П. Молекулярно-кинетическая интерпретация энтропии / А. П. Тыщенко, Л. В. Тыщенко. – Курган : Вестник КГУ, сер. «Естественные и технические науки», 2005. – Вып. 1. – № 4 (04). – 1 с.
- 21 Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – Москва : Физматлит, 2002. – Т. 5. – 616 с.
- 22 Сивухин, В. Д. Общий курс физики : в 5 т. / В. Д. Сивухин. – Москва : Наука, 1974. – Т. 2. – С. 290–296.
- 23 Ферми, Э. Термодинамика / Э. Ферми. – Харьков : Изд. Харьковского университета, 1969. – 137 с.
- 24 Майер, Д. Статистическая механика / Д. Майер, М. Гипперт-Майер. – Москва : Изд. иностр. лит., 1952. – 480 с.
- 25 Путилов, К. А. Термодинамика / К. А. Путилов. – Москва : Наука, 1971. – 376 с.
- 26 Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике : Кинетика, теплота, звук / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – Москва : Мир, 1967. – Вып. 4. – 263 с.
- 27 Сивухин, В. Д. Общий курс физики : в 5 т. / В. Д. Сивухин. – Москва : Наука, 1974. – Т. 2. – 552 с.
- 28 Чехов, А. П. Избранные произведения : в 3 т. / А. П. Чехов. – Москва : Гослитиздат, 1960. – Т. 1. – С. 5.
- 29 Маяковский, В. В. Избранное / В. В. Маяковский. – Москва : Директ-Медиа, 2014. – С. 1910.
- 30 Петровский, И. И. Электронная теория полупроводников / И. И. Петровский. – Минск : Изд. Бел. гос. ун-та, 1973. – С. 73.
- 31 Савельев, И. В. Курс общей физики: в 5 т. / И. В. Савельев. – Москва : Наука, 1970. – Т. 3. – С. 446.
- 32 Ландау, Л. Д. Квантовая механика (нерелятивистская теория) / Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц. – Москва : Физматгиз, 1963. – С. 71.
- 33 Шпольский, Э. В. Атомная физика / Э. В. Шпольский. – Москва : Наука, 1974. – С. 393.

Научное издание

Тыщенко Александр Петрович

**НЕКОТОРЫЕ КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ**

Монография

Редактор Л. П. Чукомина

Подписано в печать 16.09.2019	Формат 60x84 1/16	Бумага 80 г/м ²
Печать цифровая	Усл. печ. л. 6, 00	Уч.-изд. л. 6,00
Заказ 120	Тираж 100	

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640002 , г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.