

Введение. ЧТО ТАКОЕ КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА

Приступая к изучению курса теоретической физики, следует, прежде всего, разобраться в сложной и разветвленной структуре современной физической науки и перечислить главнейшие ее разделы. Приступая к изучению конкретного раздела (в нашем случае классической механики), нужно в первую очередь четко обрисовать его предмет и то место, которое он занимает в общем здании современной физики. Этим вопросам и посвящено введение.

§1. Архитектура современной физики

Образцом систематики в естественных науках может служить классификация основных понятий и разделов математики, проведенная в статье Бурбаки «Об архитектуре современной математики» (см. Н. Бурбаки, Очерки по истории математики, М., ИЛ, 1963). При этом вводится небольшое число исходных структур, а остальные получаются путем всевозможных их пересечений и объединений.

Эту идею мы хотим провести и в теоретической физике, где роль указанных структур будут играть некоторые классификационные признаки основных физических процессов. Направление поисков подсказывает следующее рассуждение. К концу XIX века в общих чертах завершилось построение классической физики, которая в то время представлялась всемогущей. Однако она приводила к ряду трудностей, и в попытках их преодоления были созданы две новые науки, чуждые классической физике. Одна из них – специальная теория относительности – стала теорией быстрых движений сравнительно больших тел и ввела свою фундаментальную константу – *скорость света*

$$c \cong 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}. \quad (1.1)$$

Другая – *квантовая физика* – стала изучать медленные движения тел малых размеров и ввела свою фундаментальную константу – *постоянную Планка*

$$\hbar \cong 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}. \quad (1.2)$$

Классическая физика стала “всего лишь” *теорией сравнительно медленных движений тел сравнительно больших размеров*.

Теперь ясно, что классификацию основных физических процессов можно проводить, прежде всего, по скоростям и масштабам. К ним следует добавить также типы фундаментальных взаимодействий, которые обуславливают протекание того или иного процесса. При этом каждому признаку в принципе должна отвечать своя *фундаментальная константа*, не выводимая на данном этапе ни из каких теоретических посылок. Все указанные классификационные признаки сведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1 . 1

I. Скорости (энергии)	II. Масштабы	III. Взаимодействия
α . Большие	а) Большие	1. Сильное
β . Малые	б) Обычные	2. Электромагнитное
	в) Малые	3. Слабое
	[г) Сверхмалые]	4. Гравитационное

I. По скорости (энергии) процессы классифицируются так:

(α). Если $v \sim c$ или $T \gtrsim Mc^2$, то явления относятся к *релятивистским*.

(β). В случае, когда $v \ll c$ или $T \ll Mc^2$, явления относятся к *нерелятивистским*.

Фундаментальная константа, отвечающая данному классификационному признаку и разграничивающая большие и малые скорости, есть скорость света (1.1). При этом должен выполняться *принцип соответствия*: при формальном стремлении $c \rightarrow \infty$ (что реально отвечает рассмотрению движений с $v \ll c$) основные формулы теории быстрых движений должны воспроизводить результаты теории медленных движений.

В заданной системе отсчета $v_{\min} = 0$, $v_{\max} = c$. Минимальная энергия также равна нулю. Максимальная энергия протонов в космических лучах достигает 10^{20} эВ, но зарегистрировано лишь несколько таких событий – реально максимальная энергия значительно меньше. Максимальная энергия протонов, достигнутая в лаборатории, равна примерно $5 \cdot 10^{11}$ эВ (Батавия, США). В 1982 г. она будет доведена до 10^{12} эВ. Это уже вполне макроскопическая энергия – кинетическая энергия шарика массой 1,6 г, движущегося со скоростью 1 см/с. В СССР проектируется протонный ускоритель на $3 \cdot 10^{12}$ эВ (предполагаемый год ввода в строй – 1988). На его базе будут осуществлены так называемые встречные пучки, и эквивалентная энергия достигнет $2 \cdot 10^{16}$ эВ, что вполне сравнимо с реально регистрируемой максимальной энергией космических частиц.

II. Обратимся к классификации по масштабам, под каковыми понимаются типичные размеры тел или типичные расстояния, разделяющие их.

(а). В случае, когда $R \sim 1$ млрд. св. лет, имеем дело с *мегамиром*, включающим большое количество галактик.

(б). Окружающие нас в повседневности тела обладают «обычными» размерами, включающими огромное количество атомов, – они составляют *макромир*.

(в). Если $R \ll 10^{-8}$ м (справа – размеры типичных молекул), явления относят к области *микромра* со своей «тонкой структурой»:

$10^{-8} - 10^{-10}$ м – молекулярные и атомные явления;

10^{-15} м – ядерные явления;

$10^{-15} - 10^{-17}$ м – исследованный мир элементарных частиц, или мир высоких энергий.

(г). За расстояниями $10^{-17} - 10^{-18}$ м начинается совершенно неизведанный *субмикромир*. Здесь могут терять смысл даже обычные пространственно-временные представления – скажем, может существовать фундаментальная длина, так что пространство и время квантованы.

Данному признаку отвечает своя, пока единственная, фундаментальная константа – *постоянная Планка* (1.2). Она косвенно связана с масштабом, отделяющим микромир от макромира. При формальном стремлении $\hbar \rightarrow 0$, что отвечает рассмотрению макроскопических явлений, квантовая физика вновь должна воспроизводить результаты классической физики.

Не исключено существование еще двух фундаментальных констант – отграничивающих мегамир от макромира и субмикромир от микромира. В качестве первой можно взять плотность материи во Вселенной, косвенно связанную с длиной. Если же ее истинное значение окажется больше, чем

$$\rho_{кр} \approx 5 \cdot 10^{-27} \text{ кг} / \text{м}^3 \quad (1.3)$$

(по мере уточнения измерений оно все повышается, приближаясь к $\rho_{кр}$), то Вселенная будет конечной. Тогда на роль первой из упомянутых фундаментальных констант естественным

претендентом будет радиус Вселенной. Про вторую же из этих констант пока ничего сказать нельзя: ею могла бы быть фундаментальная длина l , если таковая обнаружится.

Минимальные расстояния, до которых удалось прощупать структуру частиц с помощью ускорителей, равны по порядку величины

$$R_{\min} \sim 10^{-17} - 10^{-18} \text{ м}. \quad (1.4)$$

Максимальные расстояния, с которыми оперируют астрономы, отвечают размерам видимой части Вселенной и составляют

$$R_{\max} \sim 10 \text{ млрд. св. лет} \approx 10^{26} \text{ м}. \quad (1.5)$$

С приведенными расстояниями тесно связаны характерные времена, получаемые делением характерных размеров на характерные скорости – в данном случае на скорость света. Таким способом приходим к значениям:

$$\tau_{\min} \sim \frac{R_{\min}}{c} \sim 10^{-25} \text{ с} \quad (1.6)$$

и

$$\tau_{\max} \sim \frac{R_{\max}}{c} \sim 10 \text{ млрд. лет} \approx 10^{18} \text{ с}. \quad (1.7)$$

Почти со столь малыми временами, как (1.6), имеют дело физики, изучающие частицы (резонансы) со средними временами жизни порядка 10^{-24} с . Максимальное же время (1.7) сопоставляется возрасту Вселенной, который сейчас оценивается в $14 - 15 \text{ млрд. лет}$.

III. Наиболее тонкий классификационный признак – тип взаимодействия, которым в основном обусловлено протекание того или иного процесса. Здесь на нем мы остановимся весьма конспективно. В настоящее время известно всего четыре типа фундаментальных взаимодействий, вызывающих все многообразие превращений в природе. На самом деле их, видимо, меньше – может быть, имеется всего одно фундаментальное взаимодействие.

(1). *Сильное* взаимодействие свойственно «тяжелым» частицам, начинающимся с нейтрального пиона π^0 ; для этих частиц

$$M \geq M_{\pi} \cong 264 m_e. \quad (1.8)$$

Наиболее известное проявление сильного взаимодействия – ядерные силы.

(2). *Электромагнитное* взаимодействие – самое привычное. Оно присуще заряженным частицам и фотонам. Наиболее известное проявление – кулоновские силы.

(3). *Слабое* взаимодействие свойственно почти всем частицам (кроме фотона и гравитона). Оно обуславливает сравнительно медленные превращения – в том смысле, что для характерных времен выполняется неравенство $\tau_{cl} \gg \tau_{\min}$. Наиболее известное проявление – нестабильность свободного нейтрона, который претерпевает β -распад за время 10 мин.

(4). *Гравитационное* взаимодействие универсально – присуще всем телам Вселенной, причем их ускорения не зависят от величины «гравитационного заряда», т.е., фактически, от массы.

Каждый реальный процесс, вызванный тем или иным взаимодействием, можно разбить на элементарные акты, которые определяют механизм этого взаимодействия. Кроме того, всякое фундаментальное взаимодействие можно характеризовать тремя числовыми

параметрами – интенсивностью, радиусом и типичным временем, за которое осуществляется его элементарный акт. Эти признаки сведены в табл. 1.2.

Т а б л и ц а 1 . 2

№	Взаимодействие	Механизм	Интенсивность	Радиус	Характерные времена
1	Сильное	обмен глюонами	≈ 14	10^{-15} м	10^{-23} с
2	Электромагнитное	обмен фотонами	1/137	∞	10^{-20} с
3	Слабое	обмен промежуточн. бозонами	$\sim 10^{-14}$	$\leq 10^{-18} \text{ м}$	10^{-10} с
4	Гравитационное	обмен гравитонами	$\sim 10^{-38}$	∞	?

Механизм фундаментальных взаимодействий мы обсуждать не будем. Отметим лишь, что, как выяснилось в 70-х годах, всякий элементарный акт состоит в испускании или поглощении данной частицей некоторой одной частицы, природа которой и определяет тип взаимодействия. Силы между взаимодействующими частицами обусловлены обменом этими промежуточными частицами. Таким образом, выявлено единство механизма всех фундаментальных взаимодействий, что прокладывает дорогу к их унифицированной трактовке, и соответствующая единая теория уже создается.

Основой для введения количественной характеристики *интенсивностей* разных взаимодействий служит сравнение энергий (или сил) этих взаимодействий для двух протонов, расположенных на фиксированном расстоянии друг от друга. При этом в качестве исходной принята интенсивность электромагнитного взаимодействия, задаваемая безразмерной комбинацией, составленной из элементарного заряда

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \quad (1.9)$$

и фундаментальных констант \hbar и c . Она называется *постоянной тонкой структуры* и имеет вид:

$$\alpha \equiv \frac{\tilde{e}^2}{\hbar c} = 1/137,03. \quad (1.10)$$

Чтобы не создавать ложного представления, будто бы диэлектрическая проницаемость вакуума ϵ_0 является фундаментальной константой, мы ввели здесь удобное и для дальнейшего обозначение

$$\tilde{e} \equiv \frac{e}{\sqrt{4\pi\epsilon_0}} = \frac{4,8 \cdot 10^{-10}}{\sqrt{10^9}} \text{ Н}^{1/2} \text{ м}. \quad (1.11)$$

Другие интенсивности “привязываются” к величине (1.10). Например, ядерные силы между протонами больше электрических сил между ними как раз примерно в $14 \times 137 \approx 2000$ раз. В таблице взаимодействия расположены в порядке убывания их интенсивностей. Гравитационное взаимодействие настолько слабо, что в мире элементарных частиц оно непосредственной роли, по-видимому, не играет.

Теперь о *радиусах* взаимодействий. В грубом приближении ядерные силы между двумя протонами описываются юкавским потенциалом

$$\varphi_s \approx \frac{const}{r} \exp\left(-\frac{r}{R}\right). \quad (1.12)$$

Он очень быстро убывает (по экспоненциальному закону) и на расстояниях $r > R$ практически исчезает. Поэтому R и принимают за радиус сильного взаимодействия, причем из опыта $R \sim 10^{-15} \text{ м}$. В кулоновский потенциал

$$\varphi_E = \frac{const}{r} \quad (1.13)$$

никакого параметра размерности длины не входит, причем оно убывает с расстоянием медленно (всего по степенному закону). К тому же его можно представить в форме, аналогичной (1.12):

$$\varphi_E = \frac{const}{r} \exp\left(-\frac{r}{\infty}\right). \quad (1.13)^*$$

По всем этим причинам для электромагнитного взаимодействия полагают $R = \infty$. Все сказанное относится и к гравитационному взаимодействию, описываемому ньютоновским потенциалом со структурой типа (1.13)*. Радиус слабого взаимодействия точно пока не известен. Про него можно сказать лишь, что он очень мал, не превышает 10^{-18} м .

И наконец, несколько слов о характерных *временах*. Для сильного взаимодействия соответствующее время получается уже известной нам процедурой:

$$\tau_s \sim \frac{R_s}{c} \sim \frac{10^{-15} \text{ м}}{3 \cdot 10^{10} \text{ м/с}} \sim 10^{-23} \text{ с}.$$

Остальные времена можно взять из опыта – как средние времена жизни наиболее стабильных частиц, распадающихся за счет данного взаимодействия. Кроме того, как показывается в квантовой теории поля, отношение характерных времен по порядку величины совпадает с обратным отношением интенсивностей взаимодействий; например

$$\tau_E : \tau_s \sim 14 : 1/137,$$

что близко к отношению времен: $10^{-20} : 10^{-23}$, приведенных в таблице. Про времена, свойственные гравитационному взаимодействию, ничего сказать нельзя, поскольку оно чрезмерно слабое, что не позволяет исследовать превращения частиц под действием гравитации.

Теперь мы в состоянии перечислить основные физические теории, пересекая и объединяя структуры из таблицы 1.1. Но при этом нужно иметь в виду следующее. Слабое и сильное взаимодействия обладают очень малыми радиусами, а потому уже макроскопически непосредственно не проявляются, играя роль только в микромире. Гравитационное взаимодействие обладает очень малой интенсивностью, и на явлениях микромира не сказывается. Но оно имеет бесконечный радиус, а потому проявляется макроскопически и космологически. Электромагнитное же взаимодействие универсально – в том смысле, что

оно обладает и высокой интенсивностью и бесконечным радиусом, а потому проявляется на всех масштабных уровнях.

Следует учитывать также, что всякие теории электромагнитного и гравитационного взаимодействий с самого начала в принципе должны быть релятивистскими, поскольку они имеют дело с частицами нулевой массы (фотонами и гравитонами), распространяющимися со скоростью света. То же относится и к теориям сильного и слабого взаимодействий, ибо в них всегда возможно участие частиц со сколь угодно высокими энергиями.

Высказанные замечания накладывают некоторые запреты на возможные формально теоретические схемы. Если принять их во внимание, то с помощью табл. 1.1 мы придем к следующим разделам современной физической науки, каждый из которых реально весьма обширен и разветвлен.

- I. α . Релятивистская физика,
 β . нерелятивистская физика.

- II. а. Космология,
б. макроскопическая физика,
в. квантовая физика,
г. субквантовая физика.

- III. 1. Физика сильного взаимодействия,
2. электродинамика,
3. физика слабого взаимодействия,
4. гравитационная физика.

- I-II. α -а. Релятивистская космология,
 α -б. специальная теория относительности (в «узком смысле»),
 α -в. квантовая физика высоких энергий,
 β -а. нерелятивистская космология,
 β -б. классическая физика,
 β -в. нерелятивистская квантовая физика.

- I-II-III. α -в-1. (Релятивистская квантовая) теория сильного взаимодействия,
 α -б-2. (релятивистская) классическая электродинамика,
 α -в-2. (релятивистская) квантовая электродинамика,
 α -в-3. (релятивистская квантовая) теория слабого взаимодействия,
 α -а, б-4. общая теория относительности,
 α -в-4. (релятивистская) квантовая теория гравитации,
 β -б-4. ньютоновская теория тяготения.

Другие теории α -в-1,2,3,4. Современная квантовая теория поля (70-е гг.),
 α -а,б,в-1,2,3,4. релятивистская астрофизика.

В курсе *теоретической физики* мы будем изучать:
классическую механику – подраздел классической физики;
классическую электродинамику;
нерелятивистскую квантовую механику;
физику высоких энергий (физика ядер и элементарных частиц);

статистическую физику, которая не вошла в схему, так как порождается методическим классификационным признаком – числом частиц в системе.

Кроме того, в *астрономических курсах* будут затрагиваться проблемы: релятивистской космологии, общей теории относительности и релятивистской астрофизики.

§2. Предмет классической механики

Механика вообще есть наука о простейшей форме движения материи – механической. При этом под *механическим движением* понимается изменение во времени пространственного расположения одних материальных тел относительно других.

Классическая механика есть механика, рассматриваемая как раздел классической физики. Тем самым ее предмет составляют:

нерелятивистские движения макроскопических тел, т.е. сравнительно медленные движения ($v \ll c$) достаточно больших тел, состоящих из огромного количества элементарных частиц) ($N \gg 1$).

Место классической механики среди других «механик» ясно из табл. 2.1

Т а б л и ц а 2 . 1

	Макромир ($N \gg 1$)	Микромир ($N \sim 1$)
Нерелятивистские Движения ($v \ll c$)	Классическая механика	(Нерелятивистская) квантовая механика
Релятивистские Движения ($v \sim c$)	Релятивистская механика	Релятивистская квантовая механика

Классическая механика – объект нашего внимания в этом и следующем семестрах. В следующем же семестре в курсе электродинамики будет читаться релятивистская механика или механика СТО. Нерелятивистской квантовой механике посвящены седьмой и восьмой семестры. Релятивистская квантовая механика как самостоятельная дисциплина в программы педагогических институтов не входит. Отдельные ее аспекты освещаются в курсе ядерной физики и физики элементарных частиц, которым завершается физическое образование студентов.

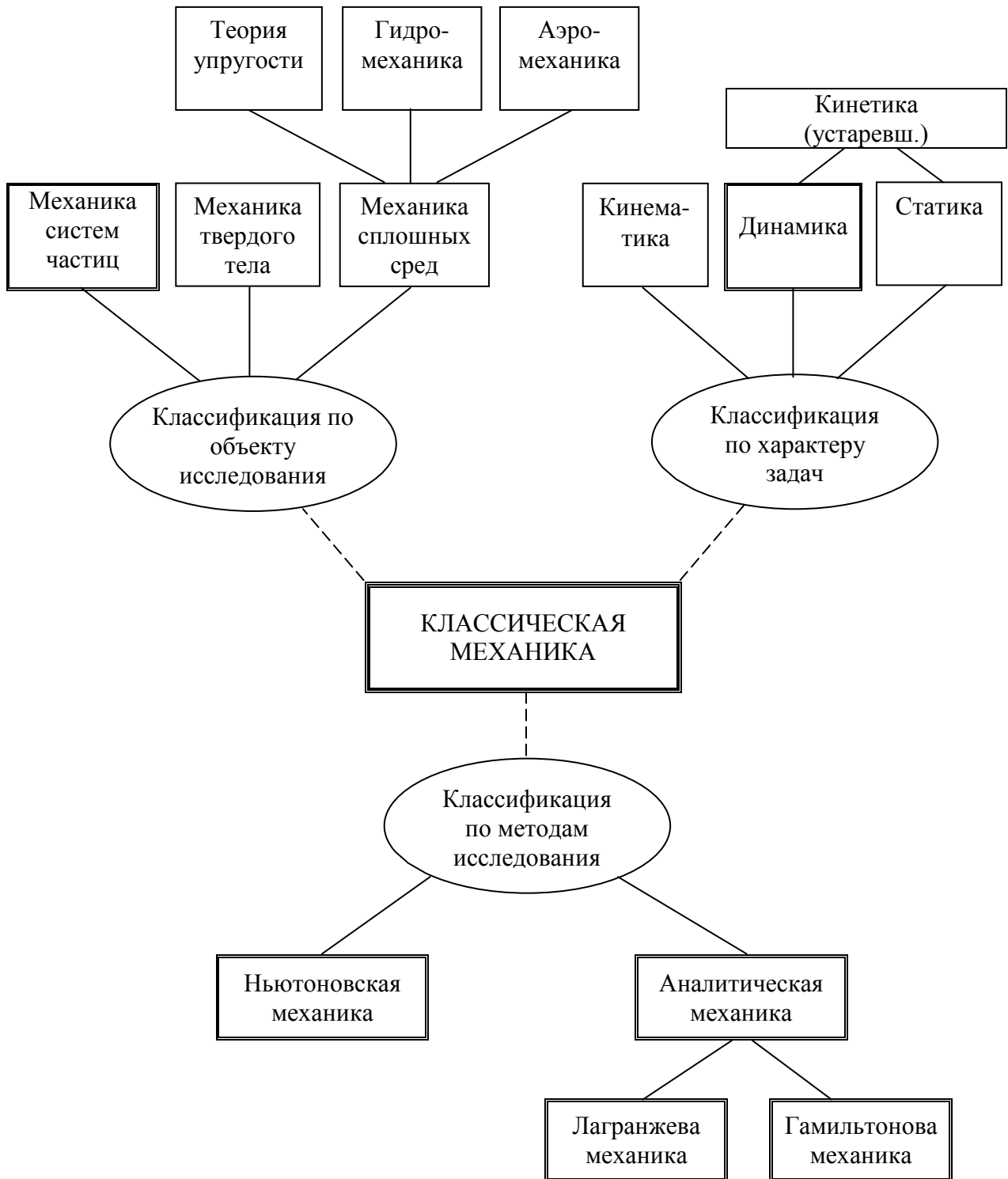
Таковой классическая механика представляется с точки зрения двух первых классификационных признаков, помещенных в табл. 1.1. Как же в ее рамках решается вопрос о *фундаментальных взаимодействиях*? Разумеется, анализ всякого механического движения включает вопрос о причинах этого движения. В классической механике они связываются с *силами*, являющимися мерами воздействия одних материальных тел на другие. При этом силы рассматриваются чисто феноменологически – как заданные величины, не связанные непосредственно с характеристиками фундаментальных взаимодействий. Отсюда такое многообразие сил в классической механике: силы тяжести, упругие силы, силы реакции, силы трения и т.д.

Если же посмотреть более глубоко, то все силы оказываются различными проявлениями все тех же элементарных взаимодействий. Мало того, поскольку классическая механика есть наука макроскопическая, сильное и слабое взаимодействия роли в ней не играют (см. замечания на стр.5). Почти все силы, рассматриваемые здесь, имеют электромагнитное происхождение. Единственное исключение – силы тяжести (тяготение), связанные с гравитацией. Большая часть механических сил возникает в результате суммирования и усреднения отдельных актов электромагнитного взаимодействия по огромному количеству заряженных микрочастиц, составляющих в конечном итоге вещество. Еще раз подчеркнем, что установление природы сил лежит вне компетенции классической механики. Связи между микроскопическими и макроскопическими характеристиками вещества устанавливает статистическая физика (физика равновесных состояний систем

многих частиц) и в особенности физическая кинетика (физика неравновесных состояний и переходных процессов в этих системах).

Теперь, подобно тому, как это было сделано со всей физической наукой в целом, мы хотим провести классификацию различных разделов классической механики. Представление о ней дает табл. 2.2. Соответствующая систематика проводится по трем направлениям.

Т а б л и ц а 2 . 2



I. Прежде всего рассмотрим те *объекты*, которые исследуются в классической механике. Казалось бы, ответ здесь однозначен: ими являются материальные тела. Но этот ответ тривиален. Дело в том, что в процессе общего анализа поведения реальных тел с неизбежностью приходится абстрагироваться от большинства их индивидуальных особенностей, несущественных для рассматриваемого круга явлений. На этом пути в науке возникают разного рода идеализированные объекты, отражающие какие-то общие свойства реальных тел. Степень адекватности отражения определяется как кругом рассматриваемых явлений, так и теми задачами, которые ставятся в связи с изучением этих явлений. Основные *идеализации*, с которыми оперирует классическая механика, следующие:

а) *Частица*, или материальная точка (устаревш.), – *бесструктурное точечное тело*. Это означает, что размеры тела малы по сравнению с расстояниями его до других тел, причем движение рассматривается в целом, без учета движений составных элементов тела друг относительно друга. Но главное даже не в этом. Внешние характеристики частицы могут быть любой природы (энергия – скаляр, скорость и импульс – обычные векторы, угловая скорость и момент импульса – аксиальные вектора). В то же время, в число внутренних характеристик частицы могут входить только скалярные величины (масса, заряд и т.п.) и не допускаются векторы (например, дипольный момент или собственный момент импульса) и тензоры (скажем, момент инерции).

Дискретная совокупность тел, рассматриваемых как частицы, образует систему частиц. Дискретность здесь выступает уже на макроскопическом уровне, а не связывается с атомно-молекулярной структурой вещества.

б) *Твердое тело*, или абсолютно твердое тело (устаревш.), – *континуум жестко связанных частиц*, расстояния между которыми не меняются в процессе движения. Иными словами, твердое тело – непрерывная совокупность частиц, не подверженная деформациям. Для описания движения твердого тела достаточно задать движение каких-то его трех точек.

в) *Сплошная среда*, или непрерывная среда, – *континуум часто с гибкими связями*. Иными словами, это совокупность частиц, непрерывная и способная подвергаться деформациям. Здесь полностью пренебрегается дискретной структурой вещества (скажем, его молекулярным строением). При описании движения рассматривается поведение мысленно выделенных бесконечно малых элементов среды, число которых бесконечно.

По ходу изложения мы уточним введенные понятия и дадим их более конструктивные определения. Кроме того, будут использоваться и другие идеализации, как-то – изолированная частица, замкнутая система частиц, связи, идеальные связи и пр. Сейчас же нам важно то, что по объектам исследования классическая механика подразделяется на:

а) *механику систем частиц*, включая и механику одной частицы;
 б) *механику твердого тела*;
 в) *механику сплошных сред*, которая включает теорию упругости, гидромеханику и аэромеханику.

Мы будем заниматься почти исключительно механикой систем частиц (разумеется, вместе с механикой частицы). Совсем бегло будут затронуты простейшие аспекты механики твердого тела. И вовсе мы не будем касаться механики сплошных сред.

II. По *характеру обсуждаемых проблем* классическую механику (в том числе и каждую из указанных ее ветвей) делят на следующие разделы:

а) *Кинематика* – занимается только описанием механических движений, считая их заданными. Она оперирует геометрическими отношениями между телами и характером их изменения во времени, а потому может быть названа хроногеометрией. Последняя обобщает обычную геометрию путем добавления к трем пространственным измерениям еще одного временного измерения. В классической физике это обобщение является достаточно тривиальным, а в релятивистской физике приобретает весьма глубокий смысл.

б) *Динамика* – существенным образом учитывает взаимодействия между телами и занимается эволюцией механических систем во времени. Если говорить конкретнее, то по заданному состоянию системы в настоящий момент времени и по силам, действующим между телами системы, динамика предсказывает состояние в любой другой момент времени. Основной ее аппарат – теория дифференциальных уравнений.

в) *Статика* – занимается равновесными состояниями механических систем. Она выясняет общие условия равновесия, а также изучаются виды равновесия и те обстоятельства, при которых реализуется тот или иной их вид.

Раньше динамику и статику объединяли в единый раздел – *кинетику*. Но такое объединение представляется логически неоправданным, ибо динамика и статика существенно различаются как характером исследуемых задач, так и методами анализа. Неоправданным является также рассмотрение статики как подраздела динамики, поскольку их роднят лишь некоторые формальные черты.

В нашем курсе основное внимание уделяется динамике – постановке соответствующих задач и изложению методов их решения. Кинематические вопросы также рассматриваются, но они играют более или менее вспомогательную роль, и к тому же достаточно просты. Из области статики обсуждаются лишь две проблемы – принцип виртуальных перемещений и условия устойчивости равновесия. Но и они подчинены интересам динамики.

III. По общим методам исследования классическая механика подразделяется на

- а) *ньютоновскую* механику;
- б) *аналитическую* механику.

Первая, как показывает само название, восходит к Ньютону и базируется на трех сформулированных им законах движения. Становление аналитической механики связано, прежде всего, с именами Лагранжа и Гамильтона. Она использует несколько другие исходные принципы, применяя более абстрактный и более сложный математический аппарат. Все это позволяет гораздо дальше продвинуть анализ общих проблем механики, упростить решение целого ряда ее задач и построить ряд глубоких обобщений.

В свою очередь, аналитическая механика распадается на

- 1) *лагранжеву* механику;
- 2) *гамильтонову* механику.

Основное понятие *лагранжевой механики* – обобщенные координаты, обобщенные скорости и функция Лагранжа (лагранжиан). Даже по форме она достаточно близка ньютоновской механике, но по сравнению с ней очищена от таких понятий, как связи и силы реакции. Именно в рамках лагранжевой механики впервые удалось достаточно четко установить соотношение между свойствами симметрии и законами сохранения. По образцу лагранжевой механики строится современная теория классических и квантовых полей.

Основные понятия *гамильтоновой механики* – обобщенные координаты, обобщенные импульсы и функция Гамильтона (гамильтониан). По форме (но не по существу) она уже довольно далеко отходит от классической механики. Гамильтонов формализм наиболее абстрактен, и он в наибольшей степени приспособлен для нужд квантовой механики и статистической физики.

План построения нашего курса следующий:

- 1) Кинематика (в основном, частицы и немного твердого тела).
- 2) Основания ньютоновской механики.
- 3) Динамика частицы (ньютонов, лагранжев и гамильтонов формализмы).
- 4) Ньютоновская механика систем частиц и немного твердого тела.
- 5) Лагранжева механика систем частиц.
- 6) Гамильтонова механика систем частиц.