

## Кинематика точки.

### 1. Предварительные соображения.

1. Теоретическая механика есть наука о движении.

Каждое явление движения протекает в пространстве и во времени. Поэтому механика предполагает в качестве необходимой предпосылки геометрию; к основным понятиям последней она присоединяет в качестве своего первого основного понятия время.

На первой стадии своих исследований теоретическая механика изучает, каким образом в ходе движения изменяются с течением времени геометрические признаки фигур или систем точек. Эти системы рассматриваются то как твердые (неизменяемые), то как деформирующиеся (изменяемые), в зависимости от различных возможных предположений, к которым приводит наблюдение тел в природе. Та часть механики, которая занимается исключительно этого рода вопросами, называется кинематикой.

Однако в этом отделе, имеющем чисто описательный характер, мы отвлекаемся от всех физических явлений, которые в действительности сопутствуют движению, а также от всех тех агентов, которым мы приписываем роль причин, вызывающих движение или видоизменяющих его (например, мускульные усилия, вес, трение и т. п.).

Изучением движения в его действительной связи со всеми этими агентами занимается механика в собственном смысле этого слова или динамика, в которую, в качестве составной части, входит статика, изучающая те условия, при которых данные материальные системы могут оставаться в покое.

Можно уже тут же указать, что в той же мере как кинематика отличается от геометрии приобщением к основным ее понятиям нового понятия — времени, так динамика основывается и развивается помимо кинематических элементов на основных понятиях о силе и массе.

Настоящий том будет главным образом (гл. II—VI) посвящен кинематике. При этом ввиду сложности общей проблемы мы, как это всегда делается при математическом анализе всякого рода конкретных вопросов, начнем с изучения наиболее простого случая, а именно с изучения движения одной только точки.

Заметим при этом, что рассмотрение этого абстрактного частного случая не только представляет собой с теоретической точки зрения первый шаг на пути изучения кинематики, но и само по себе находит приложение во многих конкретных проблемах. Это имеет место во всех тех часто представляющихся случаях, когда для определения положения тела достаточно ограничиться одной его точкой. Так, например, во многих вопросах астрономии небесные тела можно уподобить движущимся точкам; в баллистике очень часто достаточно знать траекторию одной только точки снаряда; положение судна на море определяется географическими координатами какой-либо его точки и т. д. В каждом из этих случаев расстояния между различными точками движущегося тела являются ничтожными в сравнении с размерами области, в которой протекают явления движения.

2. Здесь целесообразно сейчас же отчетливо отметить общее соотношение, столь же очевидное, как и важное.

Понятие о движении, как и о покое, по самой природе своей является *относительным*; точнее, это значит, что всякое утверждение, коим некоторому данному телу  $C$  приписывается состояние движения или покоя, имеет смысл только в той мере, в какой тело  $C$  подразумевается отнесенным к некоторому другому телу  $C_1$  и констатируется, что положение тела  $C$  относительно  $C_1$  с течением времени меняется или же остается неизменным.

Вследствие этого при каждом соображении, относящемся к кинематике (или даже к механике вообще), необходимо установить, каков тот *объект, к которому мы относим кинематическое состояние тела*; и если часто мы говорим о движении или покое без спецификации этого объекта, то это является законным исключительно в тех случаях, когда указывать этот объект является излишним, так как это совершенно ясно. Так, например, если мы говорим о падении тяжелого тела или о движении повозки или судна, то мы всегда молчаливо подразумеваем, что движение относится к земле; если речь идет о движении шатуна локомотива, то мы относим его движение к корпусу паровоза и т. п.

При аналитическом изображении явлений движения обыкновенно принимается, что объектом, к которому отнесено движение, служит триэдр осей декартовых координат.

3. Мы уже упомянули, что в кинематике время рассматривается как понятие первичное. Отнюдь не вступая поэтому на путь философского анализа этого понятия, мы ограничимся только замечанием, что для измерения времени сама природа так сказать, установила определенные единицы: сутки, месяц, год. Экспериментальное установление такой единицы по лунным или солнечным триадам, содержащим точно определенное число суток, месяцев и лет, составляло в течение многих веков главную, если не почти единственную, задачу астрономии. В настоящее время часы, благодаря современному усовершенствованию их устройства, представляют собой инструмент, на практике

достаточно точный для измерения времени принятой универсальной единицей — секундой среднего солнечного времени. Установив некоторый строго определенный момент, который принимается за *начало отсчета времени*  $t=0$ , всякий другой момент однозначно определяют соответствующей *временной абсциссой*  $t$ , т. е. числом секунд, протекших между началом отсчета и рассматриваемым моментом; этому числу присваивается еще знак  $+$  или  $-$ , смотря по тому, следует ли рассматриваемый момент времени за начальным моментом или предшествует ему.

Все это справедливо, если принять традиционную схему кинематики, которой мы и будем исключительно придерживаться. Следует, однако, отметить, что первое и основное расхождение между классической схемой и новейшей *теорией относительности* касается именно времени и того способа, которым сравниваются результаты измерения времени, полученные различными наблюдателями. Теория относительности внесла мощную обновляющую струю в механику и физику, хотя в большинстве случаев (и, в частности, во всех явлениях, которыми интересуется техника) разница в количественных оценках, произведенных на основе старой или новой теории, настолько мала, что ею можно пренебречь.

Теория относительности не постулирует, как это делает классическая схема, никакой универсальной меры времени и не приписывает результату измерения переменной  $t$  одно и то же значение для любого наблюдателя. Она прибегает к конкретному исследованию, чтобы выяснить, возможно ли и, если возможно, то в каких пределах, согласовать результаты измерения времени  $t, t', \dots$ , полученные различными наблюдателями  $O, O', \dots$ . При этом теория относительности предполагает, что эти наблюдатели пытаются добиться такого согласования путем обмена оптическими сигналами.

Опираясь на эту физическую основу, теория относительности приходит к необходимости заменить абстрактную концепцию абсолютного времени концепцией местных времен  $t, t', \dots$  (собственных времен отдельных исследователей  $O, O', \dots$ ). Для наблюдателей, движущихся друг относительно друга, их собственные времена оказываются связанными соотношениями, менее простыми, чем простое тождество (или переменная начала  $t = t' + \text{const.} = \dots$ ).

## 2. Аналитические средства для определения движения точки.

4. Рассмотрим некоторую точку  $P$ , находящуюся в движении по отношению к определенному триэдру ортогональных декартовых координат, который, как уже было указано в предыдущей главе, мы будем всегда считать *правосторонним*. В каждый момент интервала времени от  $t_0$  до  $t_1$ , в течение которого точка  $P$  находилась в движении относительно нашего триэдра *Оxyz*, она занимала относительно него определенное положение;