

## Основные понятия и постулаты механики.

1. От чисто описательного изучения явлений движения, которое составляет предмет кинематики, мы теперь перейдем к исследованию причинной связи между этими явлениями; как мы уже указали вначале, это составляет главную задачу механики, а специально изучается в том отделе механики, который называют *динамикой*. Мы уже сказали, что этот отдел характеризуется—по сравнению с кинематикой—введением основных понятий о *силе* и о *массе*. Здесь мы точно установим, на основе соображений экспериментального происхождения, те принципы и постулаты, которые определяют эти два основных понятия в их связи с кинематическими элементами, уже введенными выше. Установив эти принципы, мы выведем из них наиболее важные следствия качественного и количественного свойств, а также изложим наиболее простые их приложения к конкретным вопросам.

Будет полезно предупредить, что эмпирические соображения, которыми мы будем руководствоваться при формулировке вышеупомянутых принципов, имеют, строго говоря, только ориентирующее значение, как стимулы к определенным наглядным представлениям. Полное оправдание системы постулатов, к которой мы, таким образом, будем приведены, мы будем в состоянии дать только впоследствии, установив согласие реальных физических фактов с теоретическими следствиями, которые мы шаг за шагом выведем из этих постулатов дедуктивным путем.

### 1. Понятие о силе.

2. Мускульные ощущения усилия, которые появляются, когда мы поднимаем или держим поднятым груз, когда мыдвигаем или толкаем его по полу, отличаются друг от друга, прежде всего, большей или меньшей интенсивностью. Ассоциируя эти ощущения с другими осязательными или зрительными данными, мы во многих случаях имеем также возможность фиксировать определенное *направление*, по которому осуществляется наше усилие, а также *точку* предмета (или, по крайней

мере, небольшую область, практически приближающуюся к точке), в которой наше усилие приложено. Вследствие этого с нашим мускульным усилием находится в соответствии некоторый определенный вектор  $F$  — весьма важный геометрический образ, — хотя критерии этой координации (ощущения и вектора) по началу могут быть чисто субъективными и несут характер грубого приближения.

Указанные мускульные ощущения служат точкой отправления для установления более точного отвлеченного понятия, которое мы называем *силой*.

Процесс, который нас к этому понятию приводит, может быть схематически изображен следующим образом: представим себе некоторое тело  $S$  в определенном состоянии движения или, проще, в покое (скажем, относительно земли); допустим, что между обстоятельствами, которые влияют на движение или на состояние покоя наблюдаемого тела, мы выделим одно  $C$ , которое можно заменить мускульным усилием, не меняя при этом вовсе всех остальных соизучаемых обстоятельств. Положим, например, что к веревке, переброшенной через блок, привешен груз, который с другой стороны уравновешен гирей, так что вся установка находится в покое; затем снимем противовес и закрепим эту установку тягой руки; это и есть та замена, о которой мы говорим. Таким же образом, если тело  $S$  опирается на стол, то действие, производимое этой опорой, мы можем заменить (по крайней мере в известных границах, зависящих от нашей силы) мускульным усилием, поддерживая то же самое тело  $S$  рукой в покое в том же положении, в каком оно находилось первоначально.

Всякое обстоятельство  $C$  (действие противовеса или опоры в указанных выше примерах), вследствие его эквивалентности мускульному усилию по производимому им действию на состояние покоя или движения тела, мы называем *силой*; вместе с тем мы присваиваем силе то же векторialное изображение, которое соответствует мускульному усилию.

Существует и другой критерий, не менее ясный по своей наглядности, который приводит к распознаванию обстоятельства  $C$ , носящего характер силы. Предположим, что определенный эффект при движении тела вызывается действием некоторой причины  $C$  в том смысле, что при отсутствии этого агента или обстоятельства  $C$  эффект не проявляется; того же самого уничтожения эффекта можно, однако, часто достигнуть и при наличии обстоятельства  $C$ , если применим в противодействие ему надлежащее мускульное усилие; всякий раз, как это имеет место, обстоятельство  $C$  квалифицируется как *сила*. Вместе с тем совершенно естественно изображать эту силу приложенным вектором, прямо противоположным тому усилию, которое этот агент аннулирует; это отразит геометрически тот факт, что наше мускульное усилие и обстоятельство  $C$ , действуя совместно, друг друга нейтрализуют. Так, например, поддерживая веревку, к которой

привешен груз, мы мешаем ему падать, и, таким образом, реакцией нашего мускульного усилия аннулируется действие веса; совершенно так же надлежащим давлением руки мы можем нейтрализовать действие пружины или давление ветра, стремящегося раскрыть оконную раму, и т. д. Таким образом критерии, естественно возникающие на экспериментальной, грубо приближенной базе, приводят к тому, что мы относим к числу сил веса тел, давление или тягу, производимую твердыми телами или веревками, упругое натяжение пружины, порыв ветра, сопротивление воды движению плавающего тела и т. п.

Вообще, всякий раз как мы обнаруживаем в некотором обстоятельстве  $S$  характер силы и констатируем, что некоторое другое обстоятельство  $S'$ , заменяя собой  $S$ , при прочих равных условиях производит тот же самый эффект на движение тела  $S$ , мы будем говорить, что и это последнее обстоятельство  $S'$  есть сила, и будем изображать его тем же самым вектором, который мы отнесли уже к агенту  $S$ .

Изложенные соображения ясно показывают, что в чрезвычайно большом числе случаев можно присвоить совершенно конкретное значение понятию о силе, даже о силе, *приложенной к определенной точке тела*. Представляется поэтому совершенно оправданным введение этого нового понятия наряду с понятиями о пространстве и времени. Понятие времени носит скалярный характер; оно может быть выражено значениями переменной  $t$  (II, рубр. 3); напротив того, понятие силы носит *векториальный* характер, т. е. может быть изображено только вектором, и притом приложенным.

Присущие понятию о силе свойства, точно выраженные определенными постулатами, дают, как мы увидим в следующих параграфах, критерии измерения, т. е. они позволяют определить вектор, выражающий данную силу, и притом с такой точностью, которая нам недоступна при непосредственном выражении мускульного усилия.

## 2. Свободная материальная точка.

3. Природные силы, с которыми мы встречаемся в ежедневном опыте, как это имеет место в указанных выше примерах, представляются приложенными к телам, имеющим значительные размеры, а часто даже различным образом связанным между собой: так, когда повозку тянут веревкой, она опирается на плоскость дороги; когда маятник качается под действием силы тяжести (веса), он привязан к нити или прикреплен к металлическому стержню и т. п. Эти обстоятельства усложняют распознавание соотношений, имеющих место между силами и движением тел, к которым они приложены; вследствие этого при первом исследовании целесообразно рассматривать те случаи, в которых эти обстоятельства оказывают возможно меньшее влияние.