

6. Равновесие материальной точки.

Закон возникающего движения. Статическое измерение сил.

11. Равновесие материальной точки. Говорят, что материальная точка находится в *равновесии* или что силы, которые на нее действуют, *друг друга уравновешивают*, когда совместное действие этих сил способно удержать точку в состоянии покоя, т. е. не вызывает никакого изменения скорости точки, если она находится в покое.

Покоящаяся точка, таким образом, всегда находится в состоянии равновесия; но обратного утверждать нельзя, потому что действующие на материальную точку силы вполне могут себя уравновешивать (т. е. могут иметь потенциальную способность поддерживать точку в покое, когда она в этом состоянии уже находится), причем при этом равновесии сил точка все же может находиться в движении: если она уже раньше обладала определенной скоростью, то таковая остается неизменной под действием уравновешенных сил.

Из уравнений (2) и (3) рубр. 7, 10 следует, что для равновесия точки, т. е. для того, чтобы ее ускорение постоянно оставалось равным нулю, необходимо и достаточно, чтобы обращалась в нуль действующая (активная) сила, если речь идет о свободной точке, равнодействующая действующей (активной) силы и реакции, если речь идет о связанной точке. В этом последнем случае можно также сказать, что необходимое и достаточное условие равновесия заключается в том, чтобы действующая (активная) сила была равна и прямо противоположна реакции связей.

12. Закон возникающего движения. Предположим, что точка P в данный момент t_0 начинает двигаться, выходя из состояния покоя, под действием силы F (отличной от нуля). В каждый момент t_1 , следующий за t_0 , направление и сторона обращения движения точки будут те же, что и вектора скорости v . В начальный момент t_0 , когда скорость равна нулю, этот признак отсутствует; но если допустим непрерывность движения, то о направлении и стороне обращения движения в начальный момент можно судить, как о предельном направлении скорости v в моменты, непосредственно следующие за t_0 . С другой стороны, при этих условиях

$$\lim_{t \rightarrow t_0} \frac{1}{t - t_0} v = a_0,$$

где a_0 обозначает ускорение точки P в момент t_0 ; отсюда мы заключаем, что направление и сторона обращения движения в момент t_0 совпадают с теми же элементами ускорения a_0 , т. е. вследствие основного соотношения (2) с направлением и стороной обращения силы F .

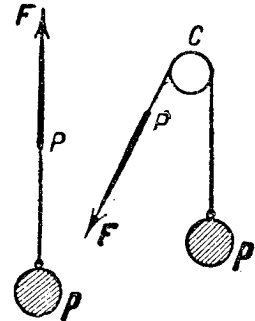
Этот вывод (закон возникающего движения) дает критерий для определения направления и стороны обращения силы F в момент t_0 : достаточно заставить ее действовать на материальную точку, находящуюся в покое; направление и сторона обращения

силы те же, что и у начального движения, можно сказать, у первого элемента пути, описанного точкой.

Различные другие критерии для распознавания как направления, так и напряженности силы можно найти в характеристических особенностях движений, имеющих место под действием этой силы.

Здесь мы ограничимся указанием (рубр. 13, 14) так называемого *статического измерения силы*, которое основано на рассмотрении равновесия сил, приложенных к материальной точке; это, в сущности, самый простой способ действительного измерения силы (конечно, если не считать неточной оценки по мускульным ощущениям).

13. Скала весов. Типичным примером силы является *вес*. Градуирование весов можно установить, рассматривая различные возможные объемы *однородного вещества*, например воды, и приписывая соответствующим весам значение, пропорциональное объему. Коэффициент пропорциональности, очевидно, зависит от единицы меры, т. е. от того объема, весу которого мы приписываем значение 1. На практике принятой единицей является килограмм, представляющий собой вес (в пустоте) кубического дециметра воды (дистиллированной, при наибольшей ее плотности, т. е. около 4°C). В известных случаях принимаются за единицу подразделения или кратные килограмма, например, грамм, равный 10^{-3} кг, квинтал (центнер), равный 10^2 кг, тонна, равная 10^3 кг.



Фиг. 74.

По скале весов можно устанавливать размеры какой угодно силы. В самом деле, предположим сначала, что сила F направлена вертикально вверх (фиг. 74); приложим ее к свободной точке P и уравнесим ее надлежащим весом p ; вся сила, действующая на P , равна нулю, и напряженность силы F равна напряженности уравновешивающего веса.

Если сила F имеет какое угодно другое направление, то равновесие можно установить следующим образом: привяжем материальную точку P к концу нити и перебросим ее через блок C , а затем уравнесим действующую на точку силу весом p .

Теперь сила F уравновешена натяжением нити. Принимая за очевидное, что это натяжение происходит в направлении силы, что ее напряженность равна весу, так сказать, переданному через всю нить¹⁾, мы, таким образом, определяем как направление, так и напряженность (величину) силы F .

¹⁾ Эта гипотеза представляется понятной в порядке приближения; нужно, однако, сказать, что собственный вес нити и давление на блок должны оказать некоторое действие. Мы увидим в статике гибких нерастяжимых нитей (гл. XIV, § 8), как можно учесть эти элементы и установить пределы, в которых ими можно пренебречь

Заметим еще по поводу равновесия свободной материальной точки, что им можно воспользоваться для прямого опытного подтверждения параллелограмма сил. Для этого служит прибор, принадлежащий Вариньону (Varignon), в котором используются натяжением трех нитей, уравновешивая на них при помощи блока и гирек три силы, одна из которых по величине равна равнодействующей двух других, но направлена в противоположную сторону.

14. Динамометры. На практике для статического измерения силы (т. е. при помощи опыта над равновесием тел) пользуются прибором, называемым *динамометром*. Схематически этот прибор сводится к винтообразной пружине AP , которая располагается по направлению и стороне обращения силы F , подлежащей определению. Конец пружины A закрепляется, к концу P прилагается сила; пружина тогда растягивается, и устанавливается равновесие в положении, отличном от свободного. Путь, пройденный точкой P по направлению оси, измеряется передвижением указателя, связанного с концом P , по градуированной шкале, прикрепленной к головке A . Чтобы градуировать шкалу, применяются веса. Указатель, показание которого читается на шкале, когда на точку P действует данная сила F , непосредственно дает искомую величину силы. Это заключение покоится на предположении, что натяжение пружины выражается действием на точку P силы $\bar{\Phi}$, направленной по оси прибора в сторону A ; предполагается также, что эта сила (по крайней мере при установившемся равновесии) зависит только от положения точки P или, что то же, от положения указателя. При этих условиях действительно возможно, с одной стороны, уподобить равновесие точки P такому же равновесию свободной точки под действием двух сил F и $\bar{\Phi}$; с другой стороны, всякий раз, как указатель находится в том же положении, мы имеем те же значения силы F . Мы сможем, таким образом, утверждать, что таковы же напряженности силы F ; в частности, они равны весам, которые сначала служили для градуирования положений указателя.

7. Закон инерции. Масса.

15. Возвратимся к основному соотношению:

$$F = \frac{p}{g} a, \quad (2)$$

которое, так сказать, определяет силу p по движению. Непосредственный вывод из этого соотношения заключается в том, что всякий раз как сила F , действующая на точку, обращается в нуль, вместе с ней обращается в нуль и ускорение; таким образом, если в течение некоторого промежутка времени на материальную точку не действует никакая сила, или, что то же, если действующие на точку силы имеют постоянную равнодей-