Виртуальный курс физики

МЕХАНИКА

Лекция 4. Статика.

ТЕОРИЯ, ЗАДАЧИ, ПОДГОТОВКА К ЕГЭ

Уважаемые друзья!

Вы выбрали Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I и поступили, несомненно, правильно!

Наш университет основан в 1809 году. Это старейший инженерный транспортный вуз России. Это "особенный институт" - так в манифесте назвал его Император Александр I.

Для того, чтобы успешно пройти вступительные испытания и стать студентом одного из лучших технических вузов России, необходимо иметь высокую подготовку по физике.

Как правило, уровень подготовки выпускников школ не всегда соответствует требованиям, предъявляемым к поступающим в высшие учебные заведения. Повысить этот уровень и качественно подготовиться к вступительным испытаниям по физике в технический университет помогут преподаватели факультета довузовской подготовки.

Факультет довузовской подготовки организует и проводит курсы по подготовке к поступлению в вуз по программам, соответствующим требованиям ЕГЭ.

Занятия проводятся по очной и заочной формам обучения. Занятия по очной форме обучения проводятся в дневное время - с 16.25 (тел. 457-84-04), и в вечернее время - с 18.00 (тел. 457-87-83). Мы с удовольствием ответим на все Ваши вопросы.

Факультет довузовской подготовки

Курс дистанционного обучения по физике изложен в авторской редакции доцента Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I Кытина Юрия Александровича

МЕХАНИКА

Лекция 4.

Тема: Статика. Сложение и разложение сил. Момент силы. Условия равновесия тел.

Статика – раздел механики, в котором изучаются условия равновесия тел.

4.1. Сложение и разложение сил

Если на материальную точку (или тело) одновременно действуют несколько сил, то их действие может быть заменено действием одной силы, которая называется ***равнодействующей силой***. Нахождение равнодействующей, то есть её модуля и направления, производится по правилам сложения векторов.

Сложение сил, приложенных к материальной точке.

а) Равнодействующую $\vec{F}$ двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, приложенных к материальной точке можно найти по правилу параллелограмма, построенного на данных силах $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ как на сторонах (рис. 4.1):

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 .$$

Модуль этой равнодействующей равен:

$$F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2 \cdot \cos\alpha} ,$$

где α – угол между силами.

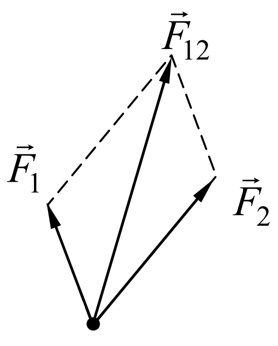

Рис. 4.1

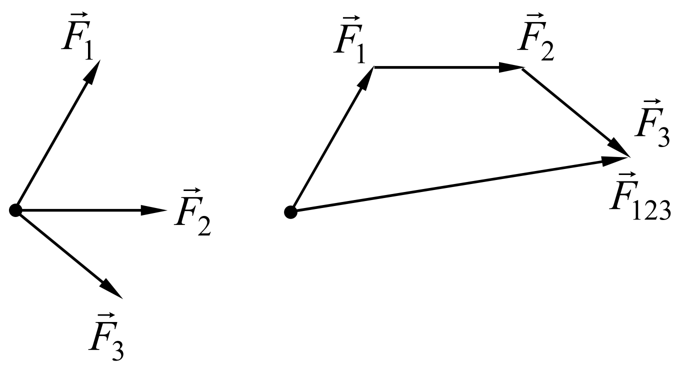

Рис. 4.2

б) Если к материальной точке приложено несколько сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, $\vec{F}_3$,…, то равнодействующую этих сил можно определить последовательным применением правила параллелограмма. При применении этого правила заданные силы последовательно откладываются, таким образом, как это указано на рис. 4.2. Модуль и направление равнодействующей в этом случае равен модулю и направлению вектора $\vec{F}$, замыкающего многоугольник:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3.$$

Сложение сил, приложенных к абсолютно твердому телу.

а) Равнодействующая $\vec{F}$ сил $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$ и $\vec{F}_3$ приложенных к абсолютно твердому телу таким образом, что их линии действия пересекаются (рис.4.3), находится последовательным попарным суммированием сил, с использованием правила переноса точки приложения силы в абсолютно твердом теле вдоль линии действия этой силы.

Пользуясь правилом перенесения сил для абсолютно твердого тела, сначала складывают силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ и получают равнодействующую $\vec{F}_{12}$,

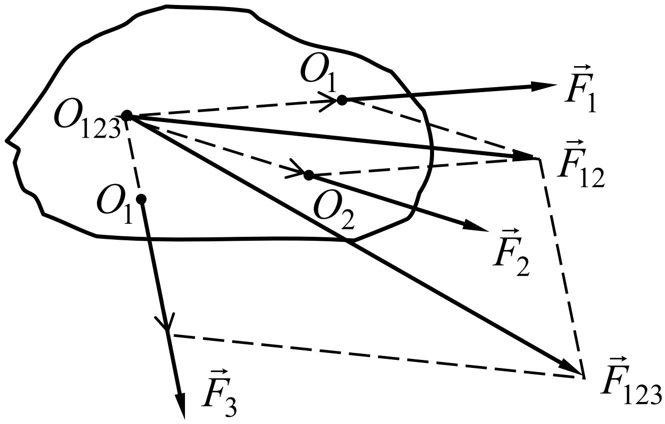

Рис. 4.3

для чего их перемещают вдоль по линиям их действия до точки их пересечения и здесь складывают по правилу параллелограмма сил, затем таким же образом полученную равнодействующую $\vec{F}_{12}$ складывают с третьей силой $\vec{F}_3$ и приходят к одной общей равнодействующей $\vec{F}$.

б) Если силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ приложены к абсолютно твердому телу таким образом, что они параллельны (рис. 4.4), то равнодействующая этих сил $\vec{F}$ направлена в ту же сторону, равна их сумме $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ и приложена в точке O_{12}, которая делит прямую, соединяющую точки O_1 и O_2 приложения составляющих сил, в отношении, обратном отношению величин этих сил:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1}.$$

Модуль равнодействующей

$$F = F_1 + F_2.$$

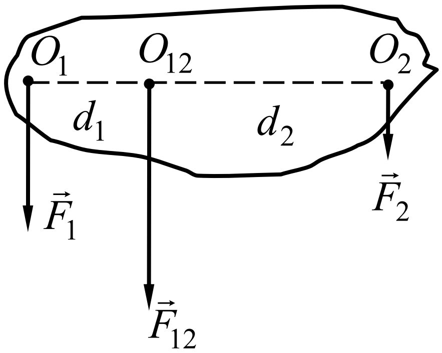

Рис. 4.4

в) Если силы $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ приложены к абсолютно твердому телу так, что они антипараллельны (рис. 4.5), то равнодействующая этих сил $\vec{F}$ параллельна им, направлена в сторону большей силы $\vec{F}_2$, а ее модуль равен разности модулей сил $F_{12} = F_2 - F_1$. Равнодействующая приложена в точке O_{12} на продолжении прямой, соединяющей точки приложения слагаемых сил, расстояния которой до этих точек обратно пропорциональны модулям сил:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{F_2}{F_1}.$$

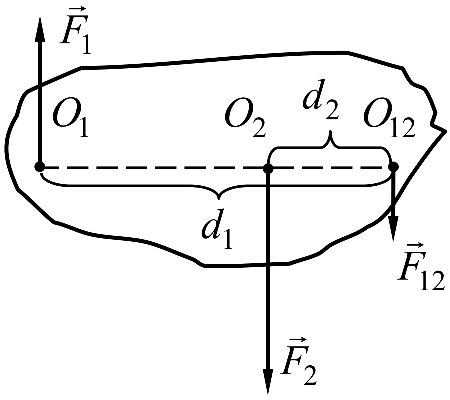

Рис. 4.5

Система двух равных по модулю антипараллельных сил называется ***парой сил.*** Действие пары сил характеризуется ***моментом пары сил***:

$$M = Fd,$$

где F – модуль одной из сил,

d – кратчайшее расстояние между линиями действия сил, которое называется ***плечом пары.***

Разложение силы на составляющие.

Разложение силы $\vec{F}$ на составляющие $\vec{F}_1$, $\vec{F}_2$, . . ., $\vec{F}_n$ производится на основании тех же правил, что и сложение. Однозначное решение такой задачи для силы $\vec{F}$, являющейся суммой двух сил $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$, возможно, если, кроме заданной силы, заданы линии действия обеих составляющих или одна из составляющих и линия действия другой составляющей.

Если известна сила $\vec{F}$ и одна из ее составляющих $\vec{F}_1$ (рис. 4.6, а), то совместив начала векторов в точке O и проведя через их концы прямую, находят вторую составляющую $\vec{F}_2$ как вектор, направленный от конца составляющей $\vec{F}_1$ к концу вектора $\vec{F}$ (рис. 4.6, б).

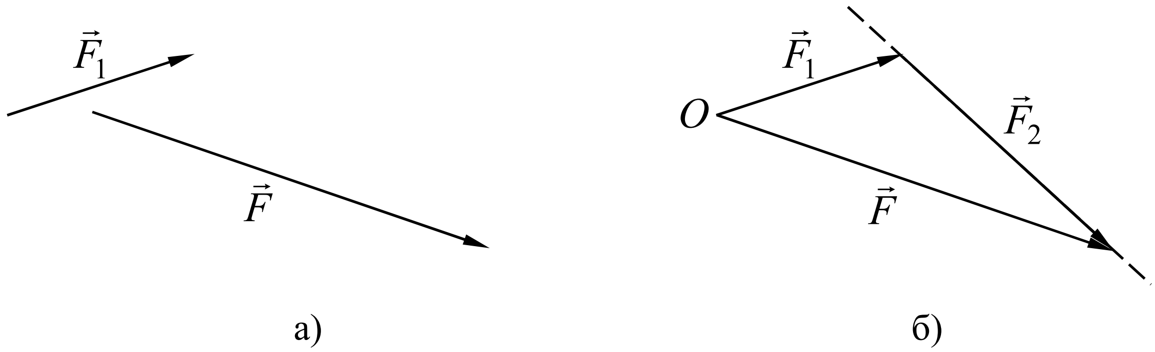

Рис. 4.6

Если известна сила $\vec{F}$ и линии действия 1 – 1 и 2 – 2 её составляющих (рис. 4.7, а), то проведя через начало и конец вектора $\vec{F}$ прямые $1'$– $1'$ и $2'$–$2'$, параллельные прямым 1 – 1 и 2 – 2, путем построения треугольника находят составляющие $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_2$ (рис. 4.7, б).

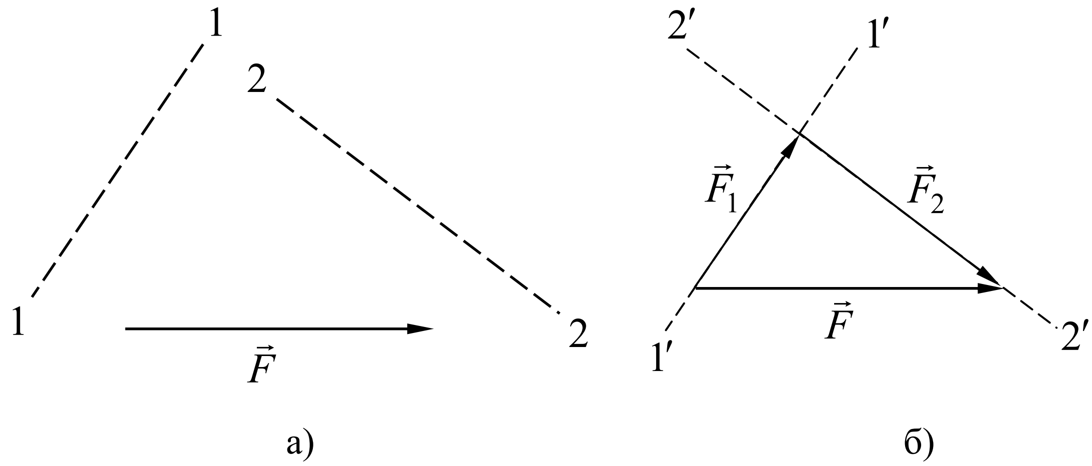

Рис. 4.7

4.2. Момент силы

Действие силы на тело, имеющее неподвижную ось вращения характеризуется моментом силы.

Моментом силы M относительно неподвижной оси вращения называется произведение

$$M = \pm Fd,$$

где F – модуль силы, d – плечо силы относительно оси вращения, которое представляет собой кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы (рис. 4.8).

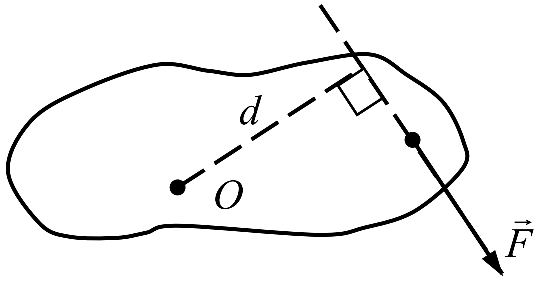

Рис. 4.8

Если на тело, имеющее ось вращения, действует несколько сил одновременно, то суммарный момент этих сил относительно оси равен алгебраической сумме моментов этих сил относительно данной оси:

$$M = M_1 + M_2 + M_2 + ... + M_n = \sum_{i=1}^{n} M_i \,,$$

где M_i – моменты сил относительно данной оси.

При этом моменты сил, вращающие тело против часовой стрелки, принято считать положительными, а по часовой – отрицательными.

4.3. Условия равновесия тел

Материальная точка или поступательно движущееся тело будут находиться в равновесии при условии, что равнодействующая всех внешних сил, действующих на тело, равна нулю:

$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + ... + \vec{F}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0 \,.$$

В проекциях на оси координат XYZ это условие равновесия сводится к следующим скалярным уравнениям:

$$\sum_{i=1}^{n} F_{\mathrm{ix}} = 0, \quad \sum_{i=1}^{n} F_{\mathrm{iy}} = 0 \;, \; \sum_{i=1}^{n} F_{\mathrm{iz}} = 0$$

где F_{ix}, F_{iy}, F_{iz} – проекции сил на оси координат.

В состоянии равновесия тело может или покоиться, или двигаться прямолинейно и равномерно.

Абсолютно твердое тело, имеющее неподвижную ось вращения будет находиться в равновесии при условии, что алгебраическая сумма моментов всех внешних сил относительно этой оси равна нулю:

$$\sum_{i=1}^{n} M_{\mathrm{i}} = 0 \,.$$

При выполнении условия равновесия тело не вращается или вращается равномерно.

Если абсолютно твердое тело может перемещаться поступательно, а также совершать вращательное движение, то равновесие тела достигается при одновременном выполнении двух условий:

1) равнодействующая всех внешних сил, действующих на тело, равна нулю:

$$\sum_{i=1}^{n}\vec{F}_{\mathrm{i}}=0\,;$$

2) алгебраическая сумма моментов всех внешних сил, приложенных к телу относительно оси относительно оси вращения равна нулю:

$$\sum_{i=1}^{n}M_i=0\,.$$

Различают три вида равновесия: устойчивое, неустойчивое и безразличное.

Устойчивое равновесие характеризуется тем, что при достаточно малом отклонении тела от положения равновесия возникают силы или моменты сил, стремящиеся вернуть тело в первоначальное положение. Например, шарик в нижней точке вогнутой сферической поверхности (рис.4.9) находится в устойчивом равновесии.

Неустойчивое равновесие - равновесие, которое характеризуется тем, что при сколь угодно малом отклонении тела от положения равновесия возникают силы или моменты сил, стремящиеся увеличить это отклонение.

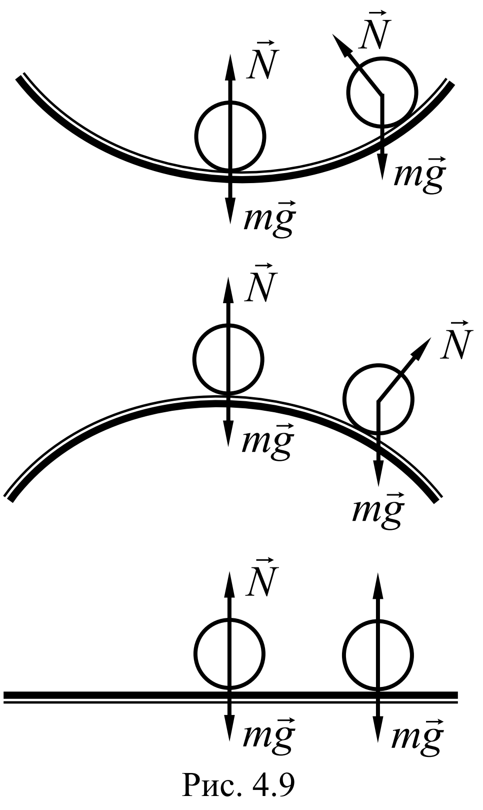

Рис. 4.9

Так, например, шарик в верхней точке выпуклой сферической поверхности находится в неустойчивом равновесии.

Равновесие тела называется ***безразличным,*** если при любых малых отклонениях тела от положения равновесия, не возникает сил или моментов сил, стремящихся возвратить тело в начальное положение или еще более удалить тело от начального положения. В таком равновесии находится шарик на горизонтальной поверхности.

Центр тяжести – точка, в которой приложена равнодействующая сил тяжести, действующих на все элементы объёма тела. Центр тяжести определяется из условия, согласно которому алгебраическая сумма моментов сил тяжести отдельных частей твердого тела относительно оси, проходящей через центр тяжести, равна нулю.

Если однородное тело имеет центр симметрии, то центр тяжести тела совпадает с его центром симметрии. Если однородное тело имеет ось симметрии, то его центр тяжести лежит на этой оси. Если однородное тело имеет плоскость симметрии, то его центр тяжести лежит в этой плоскости.

Если равновесие тела обусловлено действием только потенциальных сил, то условие равновесия ***определяется принципом минимума потенциальной энергии***: *устойчивому равновесию соответствует минимум потенциальной энергии по сравнению с ее значениями в соседних положениях, допускаемых в данных условиях*. Так, в приведенных выше примерах шарик обладает минимальной потенциальной энергией относительно нулевого уровня в нижней точке вогнутой поверхности, что соответствует устойчивому равновесию.

От авторов

Возникли трудности в усвоении теоретического курса или в его применении при решении конкретных задач, тестов – записывайтесь на наши курсы и мы поможем Вам подойти к экзамену во всеоружии.

Наш адрес:

190031, г. Санкт-Петербург, Московский проспект, дом 9, ПГУПС, факультет довузовской подготовки.

Наши телефоны отдела заочной формы обучения:

8 (931) 214-51-45;
8 (812) 457-88-07 .