

Рис. 3.14

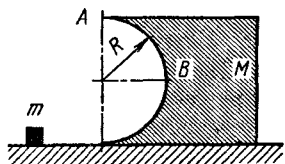


Рис. 3.15

равно l , а центр тяжести вагонетки находится на высоте b от полотна дороги? Каково будет полное ускорение вагонетки в этот момент? (h и $l \ll R$).

3.69. На концах и в середине невесомого стержня длиной l закреплены одинаковые шарики. Стержень ставят вертикально на идеально гладкую горизонтальную поверхность и легким толчком выводят из положения неустойчивого равновесия. Каковы будут скорости шариков в момент удара верхнего шарика о горизонтальную поверхность? Каким будет результат, если нижний конец стержня шарнирно закрепить? Какую скорость нужно сообщить верхнему шарика в горизонтальном направлении, чтобы нижний шарик не давил на подставку?

3.70. На гладком столе стоит куб массой m , около которого находится легкая штанга с небольшим шариком массой $m/4$ на конце (рис. 3.14). Легким толчком штангу выводят из положения неустойчивого равновесия, и она начинает падать в сторону куба. Пренебрегая трением, определите максимальные скорости куба и шарика.

3.71. На идеально гладком столе находится брусок массой M , одна сторона которого представляет собой цилиндр радиусом R (рис. 3.15). Какую скорость \vec{v} нужно сообщить шайбе массой m вдоль стола, чтобы она достигла точки A ? Какое давление будет оказывать шайба на брусок в точке B ? Трением пренебречь.

3.72. Определите кинетическую энергию гусеницы трактора, который движется со скоростью \vec{v} , если расстояние между осями колес равно l , радиус колеса r , масса единицы длины гусеницы q .

Глава 4

СТАТИКА

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

1. Статикой называют раздел механики, в котором изучаются условия равновесия твердых тел. Равновесием называют такое состояние тела, когда оно находится в покое, движется равномерно прямолинейно или равномерно вращается вокруг какой-либо неподвижной оси, проходящей через центр масс тела.

В курсе элементарной физики изучают статику материальной точки и некоторые вопросы статики твердого тела.

Относительный покой и движение материальной точки с постоянной скоростью можно рассматривать как частный случай переменного движения, при котором ее ускорение равно нулю. Согласно основному уравнению динамики $a = 0$ и $\vec{v} = \text{const}$, если

$$\Sigma \vec{F} = 0. \quad (4.1)$$

Для равновесия материальной точки необходимо, чтобы геометрическая сумма всех сил, приложенных к точке, равнялась нулю. Условие равновесия (4.1) можно записать иначе. Для этого все силы, действующие на материальную точку, нужно спроецировать на какие-либо две оси (обычно берут перпендикулярные оси Ox и Oy) и приравнять нулю суммы проекций сил на эти оси:

$$\Sigma F_x = 0; \quad \Sigma F_y = 0. \quad (4.1')$$

Уравнения (4.1') называют уравнениями равновесия материальной точки в проекциях.

2. Равновесие твердого тела зависит не только от модуля и направления действующих сил, но и от того, где они приложены. Механическое состояние абсолютно твердого тела не изменяется, если точку приложения действующей на него силы переносить вдоль линии ее действия.

Равнодействующая двух или нескольких сил, действующих на тело по одной прямой или приложенных к телу под углом друг к другу, равна их векторной сумме и находится по правилу параллелограмма.

Две параллельные силы могут быть уравновешены одной силой. Уравновешивающая сила параллельна им, и ее модуль равен алгебраической сумме модулей слагаемых сил $F = F_1 \pm F_2$. Линия действия уравновешивающей отстоит от линии действия силы $F_1 > F_2$ на расстоянии

$$x = \frac{F_2}{F_1 \pm F_2} l, \quad (4.2)$$

где l — расстояние между линиями действия приложенных сил. Знак «плюс» берется, когда силы направлены в одну сторону, знак «минус» — в противоположные.

Мерой взаимодействия тел, при котором происходит деформация или изменение угловой скорости вращения тел, служит момент силы.

Модуль момента силы \vec{F} относительно какой-либо точки O равен произведению модуля силы на длину перпендикуляра l (плечо), опущенного из точки O на линию действия силы:

$$M = Fl. \quad (4.3)$$

Момент силы, стремящейся повернуть тело относительно точки O по направлению вращения часовой стрелки, берется со зна-

ком «плюс», против часовой стрелки — со знаком «минус». Если на тело действует несколько сил, расположенных в одной плоскости (плоская система сил), модуль результирующего момента этих сил относительно выбранной точки O равен алгебраической сумме отдельных моментов:

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

Систему двух равных антипараллельных сил, действующих на тело не по одной прямой, называют парой сил. Относительно любой точки, принадлежащей плоскости сил, пара сил создает одинаковый вращающий момент $M = Fl$, где F — модуль одной из сил, l — кратчайшее расстояние между их линиями действия (плечо пары).

Если на тело действует несколько сил, лежащих в одной плоскости, и тело находится в состоянии покоя или равномерного движения (поступательного или вращательного вокруг оси, проходящей через центр масс тела), геометрическая сумма приложенных сил и алгебраическая сумма моментов, взятых относительно произвольной точки, должны равняться нулю:

$$\sum \vec{F} = 0; \quad \sum M = 0. \quad (4.4)$$

Условия равновесия тела (4.4) можно представить в более удобном для практического применения виде, записав первое из них в форме (4.1').

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ. ПРИМЕРЫ

Основная задача статики заключается в том, чтобы найти условия равновесия материальной точки, системы точек, тела или системы тел. Статические процессы представляют собой частный случай динамических процессов, при которых отсутствуют угловые и линейные ускорения, поэтому правила решения задач статики материальной точки принципиально ничем не отличаются от правил решения задач динамики. Вместо уравнения второго закона Ньютона здесь нужно составить вытекающее из него уравнение равновесия (4.1)-или (4.1').

Порядок действий при решении задач на статику такой.

1. а) Нужно сделать чертеж, на котором указать все силы, действующие на материальную точку, находящуюся в равновесии. (Если дана система материальных точек, это нужно проделать для каждой из них, освободив все точки от связей.)

б) Выбрать тело отсчета и связанную с ним прямоугольную систему координат Oxy и спроецировать на оси координат все силы, действующие на рассматриваемую точку. Как обычно, оси координат следует направлять так, чтобы максимум проекций обращалось в нуль. Найдя проекции сил, необходимо составить уравнения равновесия в проекциях по осям (4.1') и решить