

II. ДИНАМИКА

1) Основные понятия

Мерой взаимодействия тела с другим телом является сила. Сила по своей природе является векторной величиной, в системе СИ единицей ее измерения является ньютон N . Обозначается сила $\vec{F}$.

Состояние тела, при котором оно движется равномерно и прямолинейно или покоится, называется инертностью тела. Мерой инертности тела является масса. Масса величина скалярная, в системе СИ измеряется в килограммах (кг).

2) Первый закон Ньютона

В природе существуют такие системы отсчета, относительно которых тело покоится или движется равномерно в том случае, если сумма всех сил, приложенных к этому телу, равна нулю, т.е. взаимодействие является скомпенсированным. Это утверждение получило название первого закона Ньютона, а системы, относительно которых это утверждение выполняется, называются инерциальными.

Систему отсчета, связанную с поверхностью Земли, для достаточно большого количества задач в первом приближении можно считать инерциальной.

3) Второй закон Ньютона

В инерциальных системах тело движется с ускорением, если сумма всех сил, действующих на него не равна нулю, причем произведение массы тела на его ускорение равно сумме этих сил, т.е.:

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

где $m \cdot \vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ — силы, действующие на данное тело.

Это утверждение получило название второго закона Ньютона.

Так как масса тела положительная величина, то из определения произведения вектора на число вытекает то, что вектор ускорения всегда направлен по сумме всех сил, действующих на тело, т.е.:

$$\vec{a} \uparrow \uparrow (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n)$$

3) Третий закон Ньютона

В инерциальных системах отсчета все силы в природе рождаются парами!!!, причем сила действия равна силе противодействия и противоположно направлены. Линии действия этих сил совпадают.

4) Алгоритм решения задач по динамике

Рассмотрим основные пункты данного алгоритма.

1. Проанализировать условие задачи и выяснить, с какими телами взаимодействует рассматриваемое тело. Исходя из этого, определить количество сил, действующих на рассматриваемое тело. Допустим, число сил, действующих на тело, равно n . Затем выполнить схематически правильный рисунок, на котором построить все силы, действующие на тело.

II. ДИНАМИКА

2. Используя условие задачи, определить направление ускорения рассматриваемого тела, и изобразить вектор ускорения на рисунке. В рамках школьного курса физики для направления вектора ускорения возможны три варианта: а) по движению, если движение прямолинейное и равноускоренное; б) против направления движения, если движение прямолинейное и равнозамедленное; в) к центру окружности, если движение равномерное по окружности.

3. Записать в векторной форме второй закон Ньютона, т.е.:

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

где $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$ — силы, действующие на данное тело.

4. Выбрать инерциальную систему отсчета. Изобразить на рисунке прямоугольную декартову систему координат, ось ОХ которой направить по вектору ускорения, ось ОУ и ОZ направить перпендикулярно оси ОХ. Для множества сил, лежащих в одной плоскости, достаточно две оси координат ОХ и ОУ.

5. Воспользовавшись основным свойством векторов равенств, записать второй закон Ньютона для проекций векторов на оси координат, т.е.:

$$OX: m \cdot a_x = F_{1x} + F_{2x} + \dots + F_{nx};$$

$$OY: 0 = F_{1y} + F_{2y} + \dots + F_{ny};$$

$$OZ: 0 = F_{1z} + F_{2z} + \dots + F_{nz}$$

Если в задаче кроме сил и ускорений требуется определить координаты и скорость, то кроме второго закона Ньютона необходимо использовать и кинематические уравнения движения.

6. Записав систему уравнений, необходимо обратить внимание на то, чтобы число уравнений равнялось числу неизвестных в данной задаче.

7. Далее необходимо решить систему уравнений и найти соотношения для величин, которые требуется определить в данной задаче. И только потом в полученные формулы подставить цифровые данные.

Уравнение движения центра масс механической системы

Центр масс механической системы движется как материальная точка с массой, равной массе системы, под действием главного вектора внешних сил, действующих на эту механическую систему.

$$M \cdot \vec{a}_c = (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N)_{\text{внешних}}$$

где $M, \vec{a}_c, (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N)_{\text{внешних}}$ — соответственно масса системы, ускорение центра масс и сумма внешних сил!

$$M > 0 \Rightarrow \vec{a}_c \uparrow \uparrow (\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N)_{\text{внешних}}$$

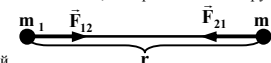
Ускорение центра масс всегда направлено по сумме всех внешних сил.

II. ДИНАМИКА

2. Силы в механике

Закон всемирного тяготения. Гравитационная постоянная. Сила тяжести. Зависимость ускорения свободного падения от высоты.

Гравитационное поле — это поле, которое создает вокруг себя тело,



обладающее массой.

Закон всемирного тяготения. Две материальные точки притягиваются друг к другу с силами, модули которых прямо пропорционально произведению масс этих точек и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

$$F_{12} = F_{21} = G \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

где G — гравит. постоянная, равная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$.

Для тела, взаимодействующего с планетой, в качестве расстояния берется расстояние от центра планеты до центра масс тела.

Приведем формулу для силы притяжения тел к планетам:

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M}{(R + h)^2}$$

Обычно силу притяжения тела к планете называют силой тяжести, величину которой принято вычислять по формуле mg :

$$mg = G \cdot \frac{m \cdot M}{(R + h)^2}$$

где m — масса тела, g — модуль вектора ускорения свободного падения.

Величина ускорения свободного падения зависит от высоты до поверхности планеты след. образом:

$$g(h) = G \cdot \frac{M}{(R + h)^2} \quad \text{Для поверхности планеты:} \quad g_0 = G \cdot \frac{M}{R^2}$$

Первая космическая скорость вычисляется по формуле:

$$V = \sqrt{G \cdot \frac{M}{(R + h)}}$$

на поверхности Земли $V_0 = \sqrt{g \cdot R} = 7,9 \text{ км/с}$

II. ДИНАМИКА

Сила упругости. Закон Гука

Силой упругости называется сила, характеризующая действие, которое оказывает деформированное тело (нить, пружина, трос и др.) на соприкасающееся с ним другое тело.

При малых деформациях сила упругости пропорциональна изменению длины Δx пружины или стержня, т.е. пропорциональна деформации:

$$F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta x$$

Это соотношение называют законом Гука, а коэффициент k — жесткостью тела (стержня, пружины). Для последовательно соединенных пружин:

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

соединенных пружин:

$$k = k_1 + k_2$$

Сила нормальной реакции опоры. Вес тела

Силу, действующую на тело со стороны опоры,

называют силой реакции опоры и обозначают $\vec{N}$.

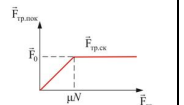
Весом тела называют силу, с которой тело вследствие его притяжения к Земле действует на горизонтальную опору или вертикальный подвес.

Сила трения

Сила трения — это сила, возникающая при соприкосновении двух тел и препятствующая их относительному движению. Причиной возникновения трения является шероховатость трущихся поверхностей и взаимодействие молекул этих поверхностей. Сила трения зависит от материала трущихся поверхностей и от того, насколько сильно эти поверхности прижаты друг к другу.

Трение покоя — сила, возникающая между

двумя контактирующими телами и препятствующая возникновению относительного движения. Она действует в направлении, противоположном направлению возможного относительного движения.



Трение скольжения — сила, возникающая при поступательном перемещении одного из контактирующих тел относительно другого и действующая на это тело в направлении, противоположном направлению скольжения. В простейших случаях сила трения и сила нормальной реакции связаны неравенством

$$F_{\text{тр}} \leq \mu \cdot N$$

Силы сопротивления в жидкостях и газах

Сила сопротивления возникает при движении тел в жидкостях или газах. При малых скоростях силу сопротивления прямо пропорциональна скорости движения относительно среды

$$F_{\text{сопр}} = k_1 \cdot V \quad \text{при больших скоростях} \quad F_{\text{сопр}} = k_2 \cdot V^2$$