

Занятие 6. Динамика материальной точки и поступательного движения твердого тела. Законы Ньютона.

- Второй закон Ньютона

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \sum \vec{F} \text{ или } m\vec{a} = \sum \vec{F} \text{ или } \begin{cases} ma_x = \sum_i F_{ix}, \\ ma_y = \sum_i F_{iy}, \\ ma_z = \sum_i F_{iz}. \end{cases}$$
- Третий закон Ньютона

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$
- Силы

3.1. Сила упругости $F = -k\Delta x$

3.2. Сила трения скольжения $F = \mu N$

3.3. Сила сопротивления среды $F_1 = kv$, $F_2 = ksv^2$

3.4. Сила тяжести $F = mg$

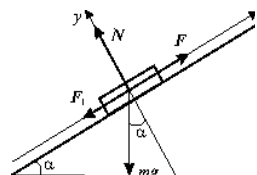
Сила всемирного тяготения $F = \gamma m_1 m_2 / r_{12}^2$, $\gamma = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}^2$.

Примеры решения задач

- Найти силу тяги, которую развивает мотор автомобиля, движущегося в гору с постоянным ускорением 1.0 м/с^2 . Масса автомобиля 1 тонна, уклон прямолинейной трассы составляет $h = 1 \text{ м}$ на каждые $l = 25 \text{ м}$ пути, коэффициент трения $\mu = 0.1$.

Дано

F	Решение
$m = 1.0 \text{ т}$ $a = 1 \text{ м/с}^2$ $\mu = 0.1$	Согласно второму закону Ньютона $ma = F + N + F_1 + mg$
	Спроектируем это уравнение на x, y -оси



$$\begin{cases} ma = F - F_1 - mgsin\alpha \\ 0 = N - mg\cos\alpha \end{cases} \quad (2.2)$$

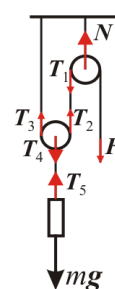
Сила трения $F_1 = \mu N$, а силу нормальной реакции N найдем из второго уравнения системы (2.2) $N = mg \cos \alpha$, тогда сила тяги есть $F = m(a + g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha))$, где $\sin \alpha = h/l$ и $\cos \alpha = \cos(\arcsin(h/l)) = 0.9991997$. Подставляя численные значения в расчетную формулу, получаем $F = 1000(1 + 9.8(0.04 + 0.1 \times 0.9992)) = 2371 \approx 2.37 \text{ кН}$

Ответ: $F \approx 2.37 \text{ кН}$.

- Груз массой 10 кг поднимают вверх с помощью системы подвижного и неподвижного блоков. Определить ускорение груза, если к концу нити, перекинутой через неподвижный блок, приложена сила 60 Н . Массой нити и блоков пренебречь.

Дано

a	Решение
$m = 10 \text{ кг}$ $F = 60 \text{ Н}$	Согласно второму закону Ньютона $ma = mg + T_5 \quad (2.3)$



Из третьего закона Ньютона и условия невесомостей нити следуют соотношения между силами натяжения нитей: $T_5 = T_4$, $T_4 = T_3 + T_2$, $T_3 = T_2$, $T_2 = T_1$, $T_1 = F$. Проводя обратный перерасчет через внешнюю силу F , получаем $T_3 = T_2 = T_1 = F$, $T_4 = 3F$, $T_5 = 2F$. Проектируя (2.3) на вертикальную ось, получаем $ma = T_5 - mg$ и с учетом явного выражения для T_5 имеем

$$ma = 2F - mg, \text{ или } a = 2F / m - g.$$

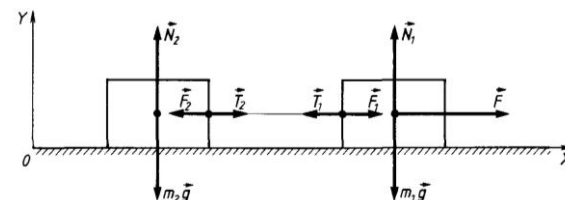
Подставляя численные значения, получаем $a = 2 \times 60 / 10 - 9.8 = 2.2 \text{ м/с}^2$.

Ответ: $a = 2.2 \text{ м/с}^2$

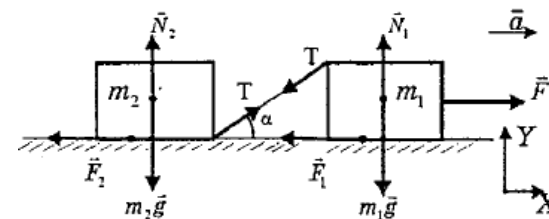
Самостоятельная аудиторная работа.

- Два груза массами $5 \text{ и } 10 \text{ кг}$ находятся на гладкой горизонтальной поверхности и связаны нитью, которая разрывается при силе натяжения 24 Н . Какую максимальную силу тяги можно приложить к а) меньшему грузу? б) к большему грузу, чтобы нить не разорвалась?

- Два тела массами m_1 и m_2 , связанные нерастяжимой нитью, лежат на горизонтальной поверхности. С каким ускорением будут двигаться эти тела, если к телу массой m_1 приложить горизонтально направленную силу F : а) нить невесома; б) масса нити m . Трением между телами и плоскостью пренебречь.



- Два тела массами m_1 и m_2 , связанные невесома нерастяжимой нитью, лежат на горизонтальной поверхности. Нить расположена в вертикальной плоскости, проходящей через центры тел, и образует с горизонтом угол α . К телу массой m_1 приложена горизонтально направленная сила F . Определить силу натяжения нити при условии, что тела скользят по горизонтальной поверхности, их коэффициент трения о поверхность равен μ , угол α в процессе движения не меняется.



4. Порожний грузовой автомобиль массой 4 т начинает движение с ускорением 0.3 м/с^2 . После загрузки при той же силе тяги он трогается с места с ускорением 0.2 м/с^2 . Сколько тонн груза принял автомобиль?
5. На нити, выдерживающей натяжение $F = 20 \text{ Н}$, поднимают груз массой $m = 1 \text{ кг}$ из состояния покоя вертикально вверх. Считая движение равноускоренным, найти предельную высоту h , на которую можно поднять груз за $t = 1 \text{ с}$ так, чтобы нить не оборвалась.
6. Сотрудник ГИБДД установил, что след торможения автомобиля на асфальтной дороге равен 40 м. С какой скоростью ехал автомобиль, если коэффициент трения колес об асфальт 0.5?
7. Вычислите время, за которое тело соскользнет с наклонной плоскости высотой 26 см с углом наклона 60° , если по наклонной плоскости с углом наклона 45° и тем же коэффициентом трения это тело соскальзывает равномерно.
8. На горизонтальной вращающейся платформе на расстоянии 10 см от оси вращения лежит груз. Коэффициент трения между грузом и платформой 0.01. При какой угловой скорости вращения платформы груз начнет скользить?
9. Моторная лодка массой $m = 400 \text{ кг}$ начинает движение по озеру. Сила тяги F мотора равна 200 Н. Считая силу сопротивления F_k пропорциональной модулю скорости, определить скорость лодки через $t_1 = 20 \text{ с}$ после начала движения. Коэффициент сопротивления $k = 20 \text{ кг/с}$.

Задание на дом

1. Шар массой 0.5 кг, падая с высоты 10 м, попадает в снег и пробивает в нем туннель глубиной 0.8 м. Считая движение в воздухе и в снегу равноускоренным и силу сопротивления воздуха равной 0.6 Н, найдите силу сопротивления при движении в снегу.
2. Две лодки по очереди приводят в движение горизонтальной силой F . Установившаяся скорость одной лодки оказывается равной 1.2 м/с, другой 0.4 м/с. Чему равна установившаяся скорость, если лодки связать длинной веревкой и приложить у одной из них силу F ? Сила сопротивления воды пропорциональна скорости.
3. Тело соскальзывает с наклонной плоскости в отсутствие трения с ускорением 2 м/с^2 . Высота наклонной плоскости 18 м. Найдите длину её ската.
4. Человек тянет за собой санки весом 25 кг с помощью веревки, составляющей с горизонтом угол, тангенс которого равен 0.75. Коэффициент трения между санками и дорогой 0.3. Определите силу натяжения веревки.
5. На концах нити, перекинутой через блок с неподвижной осью, прикреплены грузы с массами 2 кг и 8 кг. Найти силу натяжения нити.

Приложение

Размерности физических величин

$$[p] = MLT^{-1} \quad [F] = MLT^{-2}$$

Литература

- [1]. Баранов А. В. Физика. Теория, задачи, тесты: учеб. пособие / Б. Б. Горлов, А. В. Баранов, Г. Е. Невская Г.Е. – : Издательство НГТУ, 2006. – 280 с.
- [2]. Трофимова Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – 11-изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
- [3]. Трофимова Т. И. Физика в таблицах и формулах Учеб. пособие для студентов вузов / Т. И. Трофимова. – М.: Дрофа, 2002. – 432 с.