

9 класс

9.1 Как определить направление вращения двигателя электрической кофемолки, если корпус кофемолки непрозрачен?

Решение

Направление вращения можно определить, если кофемолку подвесить на нити и включить мотор. Кофемолка в соответствии с законом сохранения момента импульса начнет вращаться в направлении, противоположном направлению вращения якоря мотора.

9.2 В калориметр налито $m_1 = 0,5\text{кг}$ воды при температуре $t_1 = +15^\circ\text{C}$. В воду опускают кусок льда массой $m_2 = 0,5\text{кг}$, имеющий температуру $t_2 = -10^\circ\text{C}$. Найдите температуру смеси после установления теплового равновесия.

Удельная теплоемкость воды $c_1 = 4,2 \cdot 10^3 \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, удельная теплоемкость льда $c_2 = 2,1 \cdot 10^3 \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{Дж}/\text{кг}$.

Решение

Остывая до 0°C , вода может отдать количество теплоты, равное

$$Q_1 = c_1 m_1 t_1 = 3,15 \cdot 10^4 \text{Дж}.$$

Для нагревания льда до 0°C необходимо затратить количество теплоты, равное

$$Q_2 = c_2 m_2 (0 - t_2) = 1,05 \cdot 10^4 \text{Дж}.$$

Для того, чтобы теперь весь лед расплавился, необходимо еще подвести к нему количество теплоты:

$$Q_3 = \lambda m_2 = 1,65 \cdot 10^5 \text{Дж}.$$

Но после нагрева льда до 0°C вода может отдать лишь $2,1 \cdot 10^4 \text{Дж}$. Поэтому лед расплавится не весь, и температура смеси после установления теплового равновесия будет равна 0°C .

Ответ: 0°C .

9.3 В гирлянде, состоящей из большого числа одинаковых лампочек, каждая из которых рассчитана на напряжение 12 В , перегорела одна из них. Заменяя перегоревшую лампочку, ученик заметил, что если вместо нее включить лампочку, рассчитанную на напряжение $6,3\text{ В}$, эта лампочка не перегорает. Если же включить лампочку, рассчитанную на те же 12 В , она перегорает. Как это можно объяснить?

Решение

Дело не только в напряжении, но и в мощности, на которую рассчитана лампочка. Если мощность подключаемой 12-вольтовой лампочки меньше, чем у других лампочек, то при включении такой лампочки сила тока, протекающего через нее, значительно больше силы тока, на которую она рассчитана, и она перегорает.

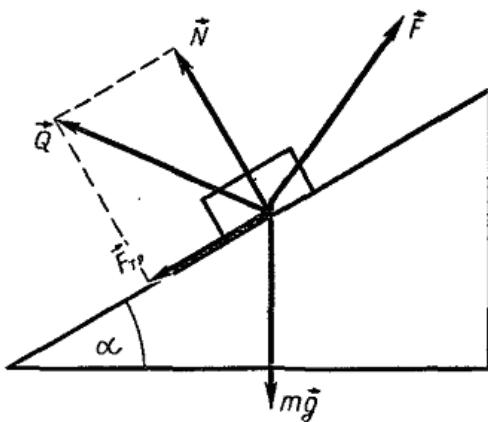
Лампочка же на 6,3 В не перегорит, если она рассчитана на мощность, которая равна или больше половины мощности имеющихся в цепи 12-вольтовых лампочек.

9.4 По деревянным сходням (наклонная плоскость), образующим угол $\alpha = 30^\circ$ с горизонтом, за веревку равномерно втаскивают ящик. Коэффициент трения ящика о сходни равен $\mu = 0,15$. Под каким углом к горизонту следует направить веревку, чтобы втаскивать ящик с наименьшим усилием?

Решение

На ящик действуют сила тяжести $\vec{m}g$, сила натяжения веревки \vec{F} , сила реакции сходней \vec{N} и сила трения \vec{F}_{mp} , модуль которой равен $F_{mp} = \mu N$.

Заменим силы \vec{N} и \vec{F}_{mp} их равнодействующей полной силой реакции сходней \vec{Q} .



При равномерном движении сумма сил \vec{Q} , \vec{F} и $\vec{m}g$ должна равняться нулю и векторы этих сил должны образовать замкнутый треугольник.

Заметим, что направление силы \vec{Q} составляет с перпендикуляром к наклонной плоскости угол δ , который определяется соотношением

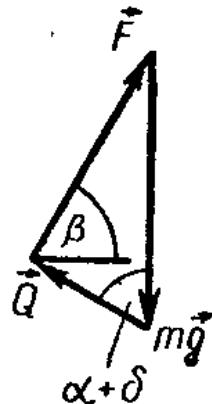
$$\operatorname{tg} \delta = \frac{F_{mp}}{N} = \frac{\mu N}{N} = \mu.$$

Отсюда видно, что при изменении модуля и направления силы \vec{F} направление силы \vec{Q} остается неизменным. Так как направление и модуль силы тяжести не изменяются, то модуль вектора силы \vec{F} будет минимальным, если этот вектор окажется перпендикулярным к вектору \vec{Q} .

При этом с горизонтом сила \vec{F} будет составлять угол

$$\beta = \alpha + \delta = \alpha + \arctg \mu.$$

Углы β и $\alpha + \delta$ равны, как углы со взаимно перпендикулярными сторонами.



Таким образом, получаем $\beta = 30^\circ + \arctg(0,15) \approx 30^\circ + 8,5^\circ = 38,5^\circ$.

Ответ: $38,5^\circ$.

9.5 Машинист пассажирского поезда, двигавшегося со скоростью $V_1 = 108 \text{ км/ч}$, заметил на расстоянии $l_0 = 180 \text{ м}$ впереди движущийся в ту же сторону со скоростью $V_2 = 32,4 \text{ км/ч}$ товарный поезд. Машинист сразу включил тормоз, благодаря чему пассажирский поезд начал двигаться с ускорением $a = -1,2 \text{ м/с}^2$. Достаточно ли этого для того, чтобы поезда не столкнулись?

Решение

За начало отсчета выберем точку, в которой началось торможение пассажирского поезда. Момент начала торможения выбираем за начало отсчета времени. В такой системе отсчета координаты поездов в момент времени t будут равны:

$$x_{nac} = V_1 t + \frac{at^2}{2},$$

$$x_{tov} = V_2 t + l_0.$$

Равенство координат обоих поездов между собой означает, что состоялось столкновение поездов. Поэтому условием столкновения будет:

$$x_{\text{пас}} = x_{\text{тov}}.$$

Приравнивая, получим:

$$V_1 t + \frac{at^2}{2} = V_2 t + l_0.$$

В результате получили квадратное уравнение

$$\frac{at^2}{2} + t(V_1 - V_2) - l_0 = 0.$$

Подставляя числовые данные и приводя единицы измерения скорости к $\text{м}/\text{с}$, получим:

$$-0,6t^2 + 21t - 180 = 0.$$

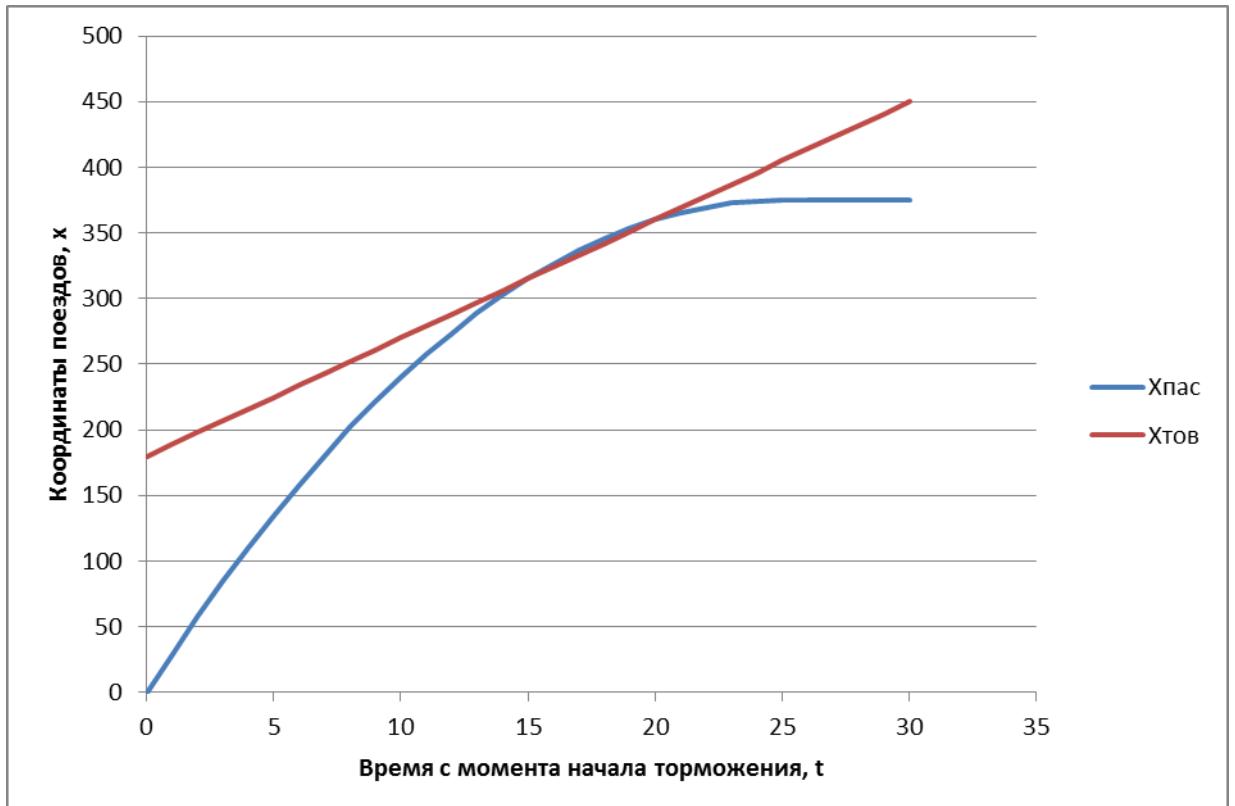
Решая это уравнение, получим моменты времени, когда поезда могут столкнуться при данных параметрах движения, т.е.

$$t_1 = 15\text{с},$$

$$t_2 = 20\text{с}.$$

Таким образом, поезда столкнутся через 15 секунд после начала торможения.

Решение проще понять, если изобразить на плоскости зависимости координат x от времени t (см. рисунок).



Заметим, что простое вычисление координат поездов, соответствующих моменту полной остановки пассажирского поезда ($t_1 = 25\text{с}$), не дает верного решения. Вычисления показывают, что в момент полной остановки пассажирского поезда, координата товарного поезда

больше. Тем не менее, приведенное выше решение приводит к выводу, что столкновение произойдет.

Ответ: не достаточно, поезда столкнутся через 15 секунд после начала торможения.