

## 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  $0^\circ \text{C}$ , 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  $0^\circ \text{C}$  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  $0^\circ \text{C}$  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  $0^\circ \text{C}$ .

**Ответ:**  $0^\circ \text{C}$ .

**9.3** В гирлянде, состоящей из большого числа одинаковых лампочек, каждая из которых рассчитана на напряжение  $12 \text{ В}$ , 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  $12 \text{ В}$ , 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.

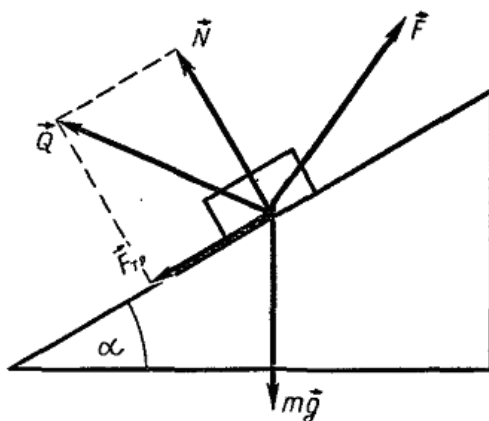
**9.4** По деревянным сходам (наклонная плоскость), образующим угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, за веревку равномерно втаскивают ящик. Коэффициент трения ящика о сходы равен  $\mu = 0,15$ . Под каким углом к горизонту следует направить веревку, чтобы втаскивать ящик с наименьшим усилием?

### Решение

На ящик действуют сила тяжести  $m\vec{g}$ , сила натяжения веревки  $\vec{F}$ , сила реакции сходящей  $\vec{N}$  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 сходящей  $\vec{Q}$ .



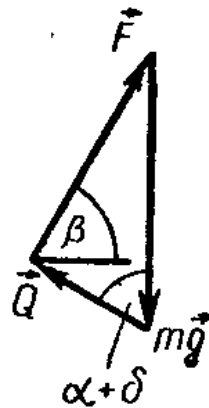
При равномерном движении сумма сил  $\vec{Q}$ ,  $\vec{F}$  и  $m\vec{g}$  должна равняться нулю и векторы этих сил должны образовать замкнутый треугольник.

Заметим, что направление силы  $\vec{Q}$  составляет с перпендикуляром к наклонной плоскости угол  $\delta$ , 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  $\beta$  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:

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

$$x_{\text{тов}} = V_2 t + l_0.$$

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

$$x_{нас} = x_{тов}.$$

Приравнявая, 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 м/с, получим:

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

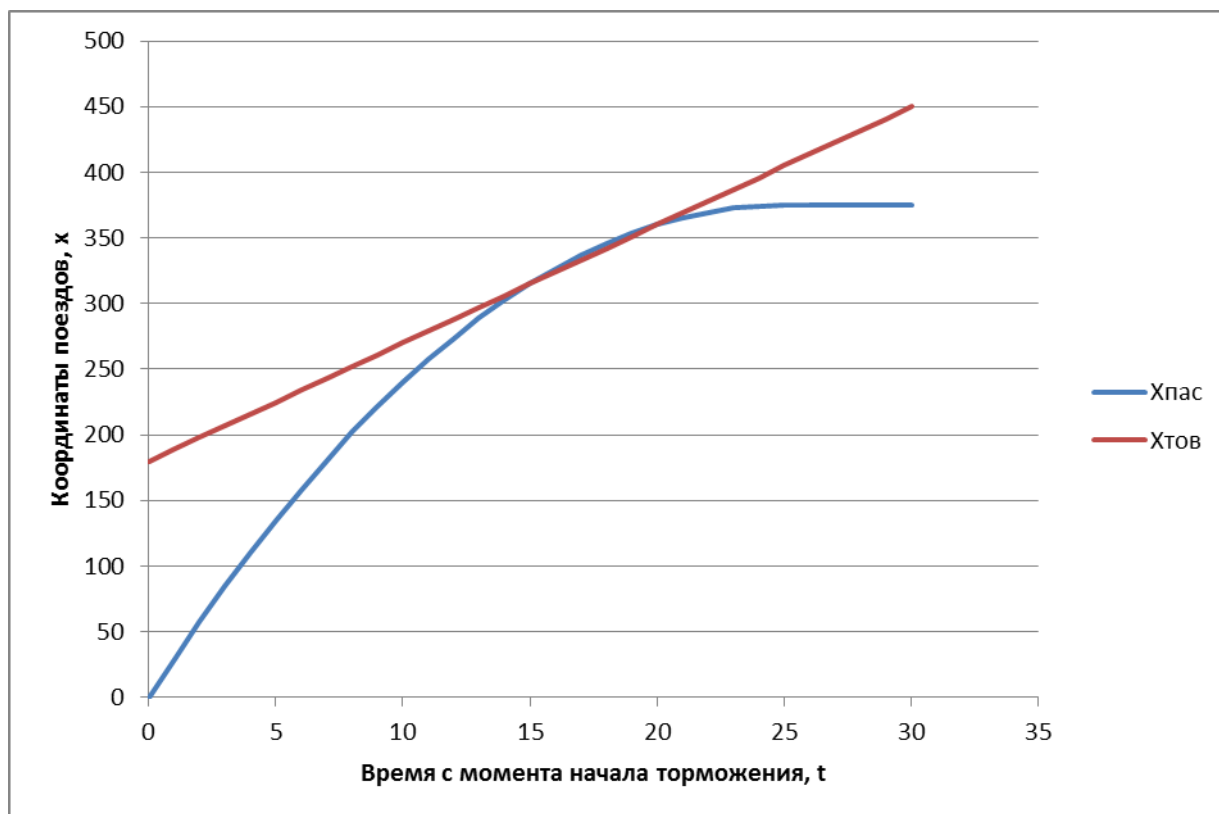
Решая это уравнение, получим моменты времени, когда поезда могут столкнуться при данных параметрах движения, т.е.

$$t_1 = 15c,$$

$$t_2 = 20c.$$

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 ( $t_1 = 25c$ ), 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.