

**Муниципальный этап  
Всероссийской олимпиады школьников по физике  
10 класс  
2016-2017 учебный год**

**Задача №1**

Шофер автомобиля, едущего со скоростью  $v$ , внезапно видит перед собой на расстоянии  $a$  широкую стену. Что ему выгоднее: затормозить или повернуть?

**Решение:** Если шофер затормозит, автомобиль остановится, когда его кинетическая энергия израсходуется на работу против силы трения. При повороте автомобиля та же сила трения будет играть роль центростремительной силы, заставляющей автомобиль двигаться по дуге окружности (1 балл).

В случае торможения:

$$\frac{mv^2}{2} = Fx, \text{ (2 балла)}$$

где  $F$  – сила трения,  $x$  – путь, который пройдет автомобиль после включения тормоза. Отсюда  $x = mv^2/(2F)$ . Очевидно, чтобы автомобиль не разбился, должно быть:

$$x = mv^2/(2F) \leq a \text{ (1 балл)}$$

или

$$F \geq \frac{mv^2}{2a}. \text{ (1 балл)}$$

В случае поворота:

$$F = mv^2/R \text{ (2 балла)}$$

и чтобы автомобиль не разбился, должно быть:

$$R = mv^2/F \leq a \text{ (1 балл)}$$

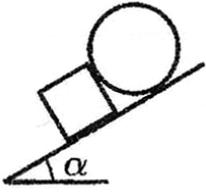
или

$$F \geq \frac{mv^2}{a}. \text{ (1 балл)}$$

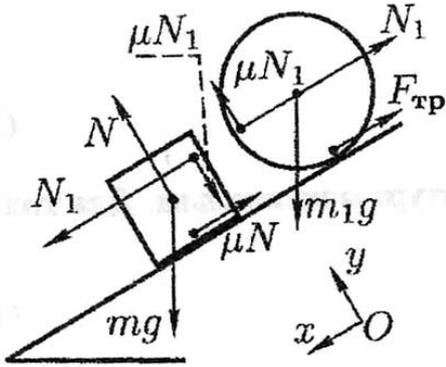
Для того чтобы избежать столкновения со стеной, при торможении нужна сила трения вдвое меньшая, чем при повороте. Очевидно, выгоднее затормозить, чем поворачивать (1 балл).

**Ответ:** затормозить.

## Задача №2



На наклонной плоскости лежит кубик массой  $m$ . На ту же плоскость аккуратно кладут цилиндр так, что он соприкасается с боковой гранью кубика (см. рисунок). При какой максимальной массе  $M_{\max}$  цилиндра система будет оставаться в равновесии? Коэффициент трения между всеми поверхностями, о которых идет речь в задаче, равен  $\mu = 0.5$ . Угол  $\alpha$  наклона плоскости таков, что  $\operatorname{tg} \alpha = 1/4$ . Радиус цилиндра меньше длины ребра кубика.



**Решение:** Направим ось  $Ox$  вдоль наклонной плоскости сверху вниз, а ось  $Oy$  – перпендикулярно ей вверх (см. рисунок) – (1 балл). В проекции на оси  $Ox$  и  $Oy$  сумма сил, действующих на кубик равна 0:

$$mg \sin \alpha + N_1 - \mu N = 0 \quad (1 \text{ балл}),$$

$$N - mg \cos \alpha - \mu N_1 = 0 \quad (1 \text{ балл}).$$

Из данной системы можем найти  $N_1$ :

$$N_1 = \frac{\mu - \operatorname{tg} \alpha}{1 - \mu^2} mg \cos \alpha \quad (1 \text{ балл}).$$

Для цилиндра в проекции на ось  $Ox$  сумма сил равна:

$$m_1 g \sin \alpha - N_1 - F_{\text{тр}} = 0 \quad (1 \text{ балл}).$$

где  $m_1$  – масса цилиндра.

Так как цилиндр не вращается, сумма моментов сил, действующих на него, равна 0. В качестве полюса, относительно которого заданы моменты, удобно принять ось цилиндра:

$$F_{\text{тр}} R - \mu N_1 R = 0 \quad (1 \text{ балл}).$$

Зная  $F_{\text{тр}} = \mu N_1$  (1 балл) и саму силу  $N_1$ , находим

$$M_{\max} = \frac{\mu \operatorname{ctg} \alpha - 1}{1 - \mu} m \quad (3 \text{ балла}).$$

**Ответ:**  $M_{\max} = \frac{\mu \operatorname{ctg} \alpha - 1}{1 - \mu} m.$

### Задача №3

В герметически закрытом сосуде в воде плавает кусок льда массой  $M = 0.1$  кг, в который вмерзла дробинка массой  $m = 5$  г. Какое количество тепла нужно затратить, чтобы дробинка начала тонуть? Плотность свинца  $11.3 \text{ г/см}^3$ , плотность льда  $0.9 \text{ г/см}^3$ , теплота плавления льда  $3.3 \cdot 10^5$  Дж/кг. Температура воды в сосуде равна  $0^\circ\text{C}$ .

**Решение:** Для того, чтобы дробинка начала тонуть, нет необходимости в том, чтобы растаял весь лед. Достаточно того, что средняя плотность льда с дробинкой станет равной плотности воды (2 балла). Если массу оставшегося при этом льда обозначить  $M_1$ , то условие того, что дробинка начнет тонуть, запишется так:

$$\frac{M_1 + m}{V} = \rho_{\text{в}} \quad (1 \text{ балл}).$$

Но объем  $V$  льда и дробинки равен сумме их объемов:

$$V = \frac{M_1}{\rho} + \frac{m}{\rho_{\text{св}}} \quad (1 \text{ балл}).$$

Поэтому

$$M_1 + m = \rho_{\text{в}} \left( \frac{M_1}{\rho} + \frac{m}{\rho_{\text{св}}} \right) \quad (1 \text{ балл}).$$

Отсюда:

$$M_1 = m \frac{(\rho_{\text{св}} - \rho_{\text{в}})\rho_{\text{л}}}{(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{л}})\rho_{\text{св}}} = 8.2 \text{ г} \quad (2 \text{ балла}).$$

Растаять должна масса льда:

$$\Delta M = M - M_1 = 100 \text{ г} - 8.2 \cdot 5 \text{ г} = 59 \text{ г} \quad (1 \text{ балл}).$$

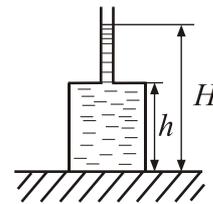
Для этого необходимо количество теплоты:

$$Q = \lambda \cdot \Delta M = 3.3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} \cdot 59 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 19.5 \cdot 10^3 \text{ Дж} \quad (2 \text{ балла}).$$

**Ответ:**  $Q = 19.5 \cdot 10^3$  Дж.

#### Задача №4

В дне цилиндрического сосуда площади  $S_1$  просверлили отверстие площади  $S_2$  и вставили в нее пластмассовую трубку. Масса сосуда с трубкой равна  $m$ . Сосуд стоит на ровном листе резины дном вверх. Сверху в трубку осторожно наливают воду. До какого уровня можно налить воду, чтобы она не вытекала снизу?



**Решение:** Вода начинает вытекать, когда ее сила давления на дно сосуда уравновешивает силу тяжести (2 балла):

$$mg = p(S_1 - S_2) \text{ (2 балла).}$$

Так как:

$$p = \rho g(H - h) \text{ (3 балла),}$$

то:

$$H - h = \frac{m}{\rho(S_1 - S_2)} \Rightarrow H = \frac{m}{\rho(S_1 - S_2)} + h \text{ (3 балла).}$$

$$\text{Ответ: } H = \frac{m}{\rho(S_1 - S_2)} + h.$$

### Задача №5

Электронагреватель для получения горячей воды имеет две обмотки. При включении одной из них вода закипает через промежуток времени  $t_1$ , при включении второй – через  $t_2$ . В каком случае время закипания воды будет меньше, если соединить обмотки последовательно ( $t_3$ ) или параллельно ( $t_4$ )?

**Решение:** Если  $Q$  – количество теплоты, необходимое для нагревания воды до кипения, то при включении одной обмотки нагревателя:

$$Q = \frac{U^2}{R_1} t_1 \quad (1 \text{ балл}), \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение сети,  $R_1$  – сопротивление этой обмотки.

При включении только второй обмотки:

$$Q = \frac{U^2}{R_2} t_2 \quad (1 \text{ балл}), \quad (2)$$

где  $R_2$  – сопротивление этой обмотки.

При последовательном соединении обмоток ( $R = R_1 + R_2$ ) (1 балл):

$$Q = \frac{U^2}{R_1 + R_2} t_3 \quad (1 \text{ балл}), \quad (3)$$

а при параллельном соединении ( $1/R = 1/R_1 + 1/R_2$ ) (1 балл):

$$Q = \frac{U^2(R_1 + R_2)}{R_1 R_2} t_4 \quad (1 \text{ балл}). \quad (4)$$

Из выражений (1) и (2) легко найти:

$$R_1 = \frac{U^2 t_1}{Q} \quad \text{и} \quad R_2 = \frac{U^2 t_2}{Q} \quad (1 \text{ балл}). \quad (5)$$

Подставляя (5) в (3) и (4), можно получить:

$$t_3 = t_1 + t_2, \quad t_4 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} \quad (2 \text{ балла}).$$

Откуда видно, что:  $t_4 < t_3$ , т.е. при параллельном соединении обмоток вода закипает быстрее (1 балл).

**Ответ:** при параллельном соединении.