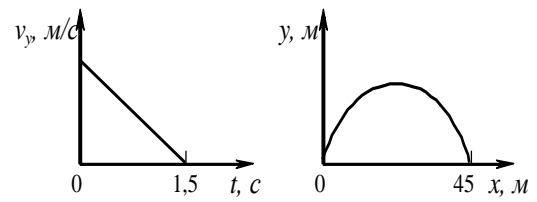


## Вариант 221121

**Задача 1.** На рисунке показан график зависимости вертикальной проекции скорости тела, брошенного под некоторым углом  $\alpha$  к горизонту, от времени и траектория движения тела. Найти модуль  $v_0$  вектора начальной скорости тела и угол  $\alpha$ . Принять  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .

*Решение*

Из первого графика видно, что в момент времени  $t_1 = 1,5 \text{ с}$  проекция скорости тела на ось  $Oy$  равна нулю, значит, в этот момент времени тело достигло наивысшей точки своей траектории. Из второго графика ясно, что дальность полета тела  $\ell = 45 \text{ м}$ .

Зависимости от времени координат и проекции скорости тела на ось  $Oy$  имеют вид:

$$x = v_{0x}t, \quad (1.1)$$

$$y = v_{0y}t - \frac{gt^2}{2}, \quad (1.2)$$

$$v_y = v_{0y} - gt, \quad (1.3)$$

где  $v_{0x}$  и  $v_{0y}$  - проекции начальной скорости тела на оси  $Ox$  и  $Oy$ , соответственно. В момент времени  $t_1$   $v_y = 0$ , т.е.

$$0 = v_{0y} - gt_1.$$

Таким образом,

$$v_{0y} = gt_1 = 15 \text{ м/с}. \quad (1.4)$$

В момент времени  $t_2$ , соответствующий падению тела на землю,  $x = \ell$ , а  $y = 0$ :

$$\ell = v_{0x}t_2, \quad (1.5)$$

$$0 = v_{0y}t_2 - \frac{gt_2^2}{2}. \quad (1.6)$$

Из (1.6) с учетом (1.4)

$$t_2 = \frac{2v_{0y}}{g} = 2t_1 = 3 \text{ с}. \quad (1.7)$$

Тогда из (1.5) получим

$$v_{0x} = \frac{\ell}{t_2} = 15 \text{ м/с}. \quad (1.8)$$

Найдем теперь модуль начальной скорости и угол  $\alpha$ :

$$v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} \approx 21,2 \text{ м/с}, \quad (1.9)$$

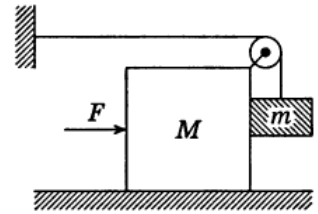
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} = 1, \quad \text{т.е. } \alpha = 45^\circ. \quad (1.10)$$

**Примерная схема оценивания (7 баллов)**

- 1) Правильная интерпретация числовых величин, указанных на графиках.....1 балл
- 2) Определение  $v_{0y}$  (1.4).....1 балл
- 3) Обоснование связи  $t_2$  с  $t_1$  (1.6), (1.7).....1 балл
- 4) Численное значение полного времени полета тела  $t_2$  (1.7).....1 балл
- 5) Определение  $v_{0x}$  (1.8).....1 балл
- 6) Правильное числовое значение  $v_0$  (1.9).....1 балл
- 7) Правильное числовое значение  $\alpha$  (1.10).....1 балл

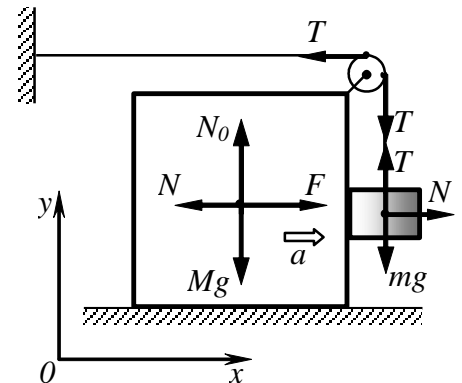
Вариант 2211121

**Задача 2.** Куб массой  $M$  с закрепленным на нём невесомым блоком находится на поверхности гладкого горизонтального стола. Брусок массой  $m$ , висящий на нити, перекинутой через блок, касается гладкой боковой поверхности куба. Свисающий конец нити вертикален (см. рисунок). Куб толкают вправо горизонтальной силой  $F$ . Найти силу натяжения нити.



Решение

$M, m, F$  | На куб с блоком действуют сила тяжести  $Mg$ , сила нормальной реакции стола  $N_0$ , сила  $F$ , сила давления бруска  $N$ , сила натяжения горизонтального участка нити  $T$  и сила натяжения вертикального участка нити  $T$ . На брусок действуют сила тяжести  $mg$ , сила давления куба  $N$  и сила натяжения нити  $T$  (см. рисунок).



При смещении куба по горизонтали удлиняется горизонтальный участок нити, а вертикальный уменьшается, и брусок смещается одновременно вверх и вправо. При этом смещение бруска по вертикали равно смещению куба и бруска по горизонтали. Это означает, что вертикальная составляющая ускорения бруска равна его горизонтальной составляющей и равна ускорению куба  $a$ .

Второй закон Ньютона для куба с блоком в проекциях на ось  $Ox$ :

$$F - T - N = Ma. \tag{2.1}$$

Второй закон Ньютона для бруска в проекциях на ось  $Ox$  и  $Oy$ , соответственно:

$$N = ma, \tag{2.2}$$

$$T - mg = ma. \tag{2.3}$$

Решая систему уравнений (2.1) - (2.3), находим

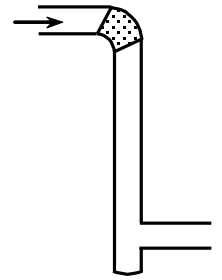
$$T = \frac{F + (M + m)g}{2 + \frac{M}{m}}. \tag{2.4}$$

Примерная схема оценивания (7 баллов)

- 1) Рисунок или словесное описание, поясняющие силы, действующие на куб..... 1 балл
- 2) Рисунок или словесное описание, поясняющие силы, действующие на брусок..... 1 балл
- 3) Обоснование равенства ускорений куба и бруска..... 1 балл
- 4) Второй закон Ньютона для куба (2.1)..... 1 балл
- 5) Второй закон Ньютона для бруска в проекциях на ось  $Ox$  (2.2)..... 1 балл
- 6) Второй закон Ньютона для бруска в проекциях на ось  $Oy$  (2.3)..... 1 балл
- 7) Правильный ответ (2.4)..... 1 балл

Вариант 221121

**Задача 3.** В верхнем колене длинного вертикального стояка теплоизолированной трубы образовалась ледяная пробка массой 12,5 кг при температуре 0 °С. Когда в трубу налили 10,111 л кипятка (при температуре 100 °С), пробка оторвалась и упала на дно стояка. Какой должна быть наименьшая высота стояка, чтобы весь лёд при этом растаял? Удельная теплоемкость воды 4,2 кДж/(кг·К), удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг. Плотность воды 1000 кг/м<sup>3</sup>. Трением о воздух в процессе падения, а также теплоёмкостью стояка пренебречь.



*Решение*

$m_{\text{л}} = 12,5 \text{ кг}$   
 $t_{\text{л}} = 0 \text{ }^\circ\text{С}$   
 $V = 10,111 \text{ л}$   
 $t_{\text{в}} = 100 \text{ }^\circ\text{С}$   
 $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$   
 $\lambda = 3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$   
 $\rho = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$   
 $h - ?$

Найдём количество теплоты  $Q_1$ , которое может отдать вода при охлаждении ее до 0 °С:

$$Q_1 = cm_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t_{\text{л}}) = 4,24662 \cdot 10^6 \text{ Дж}, \quad (3.1)$$

где  $m_{\text{в}}$  - масса горячей воды:

$$m_{\text{в}} = \rho V. \quad (3.2)$$

Количество теплоты, необходимое для плавления льда при 0 °С:

$$Q_2 = \lambda m_{\text{л}} = 4,25 \cdot 10^6 \text{ Дж}. \quad (3.3)$$

Т.к.  $Q_1 < Q_2$ , то для того, чтобы растаял весь лёд, нужна дополнительная энергия – высвободившаяся при падении с высоты  $h$  потенциальная энергия воды и льда  $E$ :

$$E = (m_{\text{л}} + m_{\text{в}})gh. \quad (3.4)$$

Таким образом, закон сохранения энергии будет иметь вид:

$$c\rho V(t_{\text{в}} - t_{\text{л}}) + (m_{\text{л}} + \rho V)gh = \lambda m_{\text{л}}. \quad (3.5)$$

Из (3.5) находим

$$h = \frac{\lambda m_{\text{л}} - c\rho V(t_{\text{в}} - t_{\text{л}})}{(m_{\text{л}} + \rho V)g}. \quad (3.6)$$

Подставляя в (3.6) числовые значения, получим

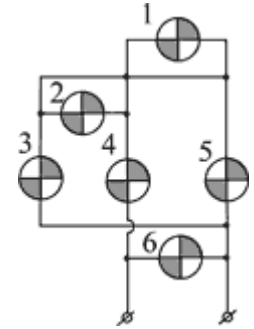
$$h \approx 15 \text{ м}. \quad (3.7)$$

**Примерная схема оценивания (7 баллов)**

- 1) Выражение для количества теплоты, отданного водой (3.1).....1 балл
- 2) Выражение для массы горячей воды (3.2).....1 балл
- 3) Выражение для количества теплоты, необходимого для плавления льда (3.3) .....1 балл
- 4) Выражение для потенциальной энергии льда и воды (3.4).....1 балл
- 5) Закон сохранения энергии (3.5).....1 балл
- 6) Правильный ответ в общем виде (3.6).....1 балл
- 7) Правильный числовой ответ (3.7).....1балл

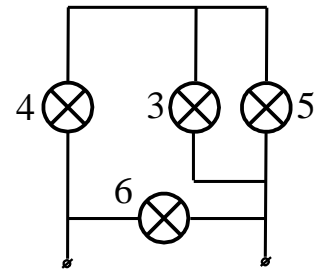
Вариант 2211121

**Задача 4.** К выводам схемы (см. рисунок) подключено постоянное напряжение. Лампочки в схеме одинаковые. Расположите лампочки по возрастанию яркости свечения. Сопротивлением соединительных проводов пренебречь. Обоснуйте Ваше решение.



*Решение*

Лампочки 1 и 2 подключены параллельно с соединительными проводами, сопротивление которых можно считать равным нулю. Поэтому ток через эти лампочки не пойдет, они гореть не будут. Их можно удалить из схемы, тогда эквивалентная схема будет иметь вид, показанный на рисунке.



Лампочка будет гореть тем ярче, чем больше выделяющаяся на ней мощность  $P$ :

$$P = I^2 R = \frac{U^2}{R}, \quad (4.1)$$

где  $R$  – сопротивление лампочки,  $I$  – сила тока в ней,  $U$  – напряжение на ней.

Тогда самой яркой будет лампочка 6, т.к. напряжение на ней будет наибольшим (равным напряжению источника). Из оставшихся лампочек ярче будет гореть лампочка 4, т.к. ток через нее будет больше, чем через лампочки 3 и 5 (он будет равен сумме этих токов). Лампочки 3 и 5 подключены параллельно друг другу, и ток в них будет одинаковым, т.к. их сопротивления одинаковы. А поэтому и яркость свечения этих лампочек будет одинаковой.

Таким образом, лампочки расположатся в порядке увеличения яркости их свечения следующим образом:

$$(1,2), (3,5), 4, 6. \quad (4.2)$$

**Примерная схема оценивания (9 баллов)**

- 1) Вывод (и его обоснование) о том, что лампочки 1 и 2 не будут гореть.....1 балл
- 2) Эквивалентная схема.....2 балла
- 3) Связь яркости горения лампочки с выделяющейся на ней мощностью.....1 балл
- 4) Выражение для мощности (4.1).....1 балл
- 5) Вывод (и его обоснование) о том, что самой яркой будет лампочка 6.....1 балл
- 6) Вывод (и его обоснование) о том, что лампочка 4 будет гореть ярче, чем 3 и 5.....1 балл
- 7) Вывод (и его обоснование) о том, что яркость лампочек 3 и 5 одинакова.....1 балл
- 8) Правильный ответ (4.2).....1 балл