

## 1 Вопросы для самопроверки.

1. Дайте определение силы. В каких единицах в системе СИ измеряется сила? Сформулируйте третий закон Ньютона.
2. Сформулируйте концепции близкодействия и дальнего действия. Какой концепции придерживаются в рамках классической механики?
3. Назовите все типы фундаментальных взаимодействий, приведите примеры для каждого из них.
4. Дайте определение инерции. Что является мерой инерции тела, в каких единицах в системе СИ она измеряется?
5. Сформулируйте первый закон Ньютона.
6. Дайте определение импульса. Сформулируйте и запишите в дифференциальной форме второй закон Ньютона.
7. Сформулируйте и запишите закон изменения и закон сохранения импульса.
8. Сформулируйте классический принцип относительности и принцип относительности Эйнштейна. Приведите примеры инвариантов в классическом принципе относительности.
9. Запишите преобразования Галилея.
10. Дайте определение центра масс. Запишите формулу приведённой массы для двух тел.

## 2 Задачи с закрытой формой ответа.

### Задача 1. (1)

Тело массой  $m = 2$  кг движется по плоскости. Зависимости его координат от времени выглядят следующим образом:  $x = 2 \cos \omega t$  (м),  $y = 3 \cos \omega t$  (м). Найдите силу, действующую на тело в момент времени  $t = \pi$  с, если  $\omega = 0.5$  с<sup>-1</sup>.

- а) 6 Н  
б) 1 Н  
в) 3 Н  
г) 1.5 Н

Правильный ответ: г) 1.5 Н

$$F = m\omega^2 \sqrt{4 \cos^2(\omega t) + 9 \sin^2(\omega t)}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$m = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ кг}$$

$$\omega = 0.5, 1.5, 2, 2.5, 3 \text{ с}^{-1}$$

$$t = \pi, \pi/2, 2\pi, 3\pi/2, 0 \text{ с}$$

### Задача 2. (1)

На тело массой  $m = 1$  кг действует сила  $F = F_0 \sin \omega t$  ( $F_0 = 4$  Н,  $\omega = 2$  м/с<sup>2</sup>) вдоль оси  $x$ . Какую координату по оси  $x$  будет иметь тело через время  $t = \pi/2$ ? Начальную скорость считать равной нулю. Ответ округлить до сотых.

Варианты ответа:

- а) 3.14 м  
б) 6.28 м  
в) 12.57 м  
г) 2.14 м

Правильный ответ: а) 3.14 м

$$x = \frac{F_0}{m\omega^2} (\omega t - \sin(\omega t))$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$F_0 = 4, 5, 6, 7, 8 \text{ Н}$$

$$\omega = 0.5, 1.5, 2, 2.5, 3, \text{ с}^{-1}$$

$$t = \pi, \pi/2, 2\pi, 3\pi/2, 0 \text{ с}$$

$$m = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ кг}$$

### Задача 3. (2)

Тело массой  $m = 2 \text{ кг}$  движется в горизонтальной плоскости. При этом её скорость зависит от времени как  $v = 2t$ , а координаты:  $y = 12t^2 - 8t + 1$ ,  $x = 4t$ . Найдите модуль силы, действующей на тело в точке с координатой  $x = 2 \text{ м}$  в момент времени  $t = 2 \text{ с}$ . Ответ округлите до десятых.

Варианты ответа:

а) 16.9 Н

б) 9.4 Н

в) 18.8 Н

г) 17.4 Н

Правильный ответ: г) 17.4 Н

Допустимые числовые значения переменных:

$$x = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ м}$$

$$t = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ с}$$

$$m = 1, 2, 3, 4, 5 \text{ кг}$$

$$F = m\sqrt{\left(\frac{4t^2}{R}\right)^2 + 4}, R = \frac{2}{3}\left(\frac{9}{4}x^2 - 6x + 5\right)^{3/2}$$

### Задача 4. (2)

Автомобиль массой  $m = 1 \text{ т}$  въезжает на наклонную плоскость, где траекторией его движения является окружность радиуса  $R = 20 \text{ м}$ . Угол наклона плоскости к горизонтали  $\alpha = 30^\circ$ . Сила трения, действующая на колеса автомобиля равна  $F_{\text{тр}} = 1000 \text{ Н}$ . С какой скоростью движется автомобиль в самой высокой точке своей траектории? Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Ответ округлите до сотых.

Варианты ответа:

а) 19.49

б) 8.94 м/с

в) 20.49 м/с

г) 12.38 м/с

Правильный ответ: а) 19.49 м/с

$$v = \sqrt{\frac{gR}{\sin \alpha} - \frac{F_{\text{тр}}R}{m}}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$\alpha = 30, 45, 60, 15, 25^\circ$$

$$F_{\text{тр}} = 600, 700, 800, 900, 1000 \text{ Н}$$

$$R = 20, 22, 24, 26, 28 \text{ м}$$

$$m = 960, 970, 980, 990, 1000 \text{ кг}$$

### Задача 5. (1)

По наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, движется тело массы  $m = 1 \text{ кг}$ , на которое в направлении его движения действует сила  $F = bt^2(t - \tau)$ , зависящая от времени  $t$  ( $\tau = 2 \text{ с}$  - время действия силы, константа  $b = 12 \text{ кг}\cdot\text{м/с}^5$ ). Каково будет изменение импульса тела за время действия силы  $\tau$ ? Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ .

Варианты ответа:

а) 16 кг·м/с

б) 22 кг·м/с

в) 6 кг·м/с

г) 11 кг·м/с

Правильный ответ: в) 6 кг·м/с

$$\Delta p = \frac{b\tau^4}{12} - mg \sin \alpha \tau$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$\alpha = 30, 45, 60, 15, 25^\circ$$

$$b = 12, 14, 16, 18, 20 \text{ кг} \cdot \text{м} / \text{с}^5$$

$$m = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1 \text{ кг}$$

$$\tau = 2, 3, 4, 5, 6 \text{ с}$$

### Задача 6. (1)

Воздушный шар с экипажем общей массой  $M = 300 \text{ кг}$  стал терять высоту с вертикальным ускорением  $a$ . Экипаж принял решение избавиться от одного человека на борту шара. Счастливчика массой  $m = 70 \text{ кг}$  выбросили наружу, после чего шар стал подниматься вверх с таким же ускорением. Считая ускорение свободного падения  $g$  равным  $10 \text{ м} / \text{с}^2$ , найдите модуль ускорения, с которым сначала падал, а потом поднимался воздушный шар. Ответ округлите до сотых.

Варианты ответа:

а)  $1.04 \text{ м} / \text{с}^2$

б)  $1.32 \text{ м} / \text{с}^2$

в)  $10 \text{ м} / \text{с}^2$

г)  $3.04 \text{ м} / \text{с}^2$

Правильный ответ: б)  $1.32 \text{ м} / \text{с}^2$

$$a = \frac{mg}{2M - m}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$M = 260, 270, 280, 290, 300 \text{ кг}$$

$$m = 62, 64, 66, 68, 70 \text{ кг}$$

### Задача 7 (2).

На наклонную плоскость, составляющую угол  $\alpha = 60^\circ$  с горизонтом, поместили два бруска. Коэффициенты трения между брусками и плоскостью равны  $k_1 = 0.2$  и  $k_2 = 0.3$  соответственно для бруска 1 и бруска 2. Сила, с которой они взаимодействуют друг с другом равна  $F = 3 \text{ Н}$ . Найдите массу второго бруска  $m_2$ , если масса первого бруска  $m_1 = 10 \text{ кг}$ . Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м} / \text{с}^2$ . Ответ округлите до десятых.

Варианты ответа:

а)  $15.0 \text{ кг}$

б)  $5.0 \text{ кг}$

в)  $1.4 \text{ кг}$

г)  $5.3 \text{ кг}$

Правильный ответ: а)  $15.0 \text{ кг}$

$$m_2 = \frac{m_1 F}{m_1 g \cos \alpha (k_2 - k_1) - F}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$m_1 = 260, 270, 280, 290, 300 \text{ кг}$$

$$F = 1, 1.5, 2, 2.5, 3 \text{ Н}$$

$$\alpha = 15, 30, 45, 50, 60^\circ$$

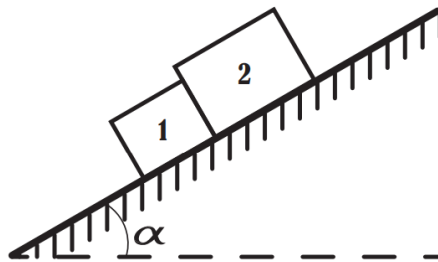


Рис. 1: Бруски 1 и 2 на наклонной плоскости

### Задача 8. (1)

На наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом, находится брусок 1 массой  $M = 100$  кг, которой соединен невесомой нерастяжимой нитью с бруском 2 массой  $\mu$ , как показано на рисунке. Коэффициент трения между бруском 1 и наклонной плоскостью равен  $k = 0.1$ . На брусок 1 сверху кладут брусок 3 массой  $m = 10$  кг, после чего система стала покоиться. Найти массу  $\mu$  бруска 2. Ответ округлите до сотых.

Варианты ответа:

- а) 81.10 кг
- б) 59.53 кг
- в) 40.47 кг
- г) 42.21 кг

Правильный ответ: в) 40.47 кг

$$\mu = M \sin \alpha - k(m + M) \cos \alpha$$

Допустимые числовые значения переменных:

$M = 100, 110, 120, 130, 140$  кг

$m = 10, 11, 12, 13, 14$  кг

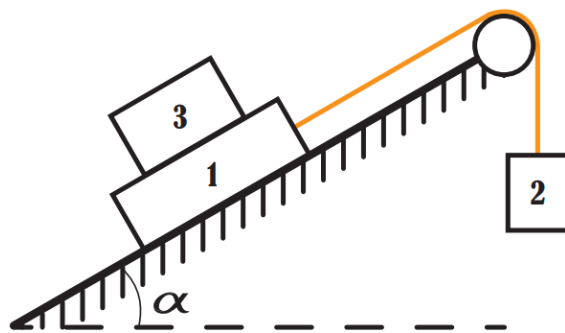


Рис. 2: Бруски 1, 2 и 3 на наклонной плоскости

### Задача 9. (2)

Небольшой шарик находится на шаре радиуса  $R = \sqrt{3}$  м и привязан нитью длиной  $l = 1$  м, как показано на рисунке. Шарик совершает вращательное движения относительно линии, соединяющей конец нити и центр шара. Расстояние от центра шара до конца нити равно  $d = 2$  м. С какой минимальной скоростью нужно двигаться шарiku, чтобы оторваться от шара? Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ округлите до десятых.

Варианты ответа:

- а) 3.87 м/с
- б) 1.69 м/с
- в) 2.94 м/с
- г) 5.09 м/с

Правильный ответ: а) 3.87 м/с

$$v = \sqrt{gl\left(\frac{1}{\cos \varphi} - \cos \varphi\right)}, \cos \varphi = \frac{l^2 + d^2 - R^2}{2ld}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$l = 1, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4$  м

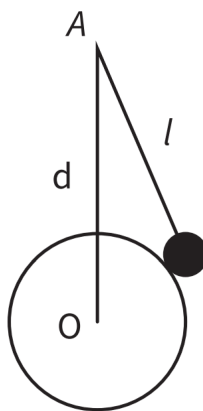


Рис. 3: Маленький шарик на шаре

### Задача 10. (1)

На наклонной плоскости, образующей угол  $\alpha = 30^\circ$  градусов с горизонтом, лежат два бруска одинаковой массы  $m = 1$  кг, соединённые друг с другом тонкой нерастяжимой нитью. Верхний брусок также соединен тонкой нерастяжимой нитью с бруском массой  $M = 20$  кг, как показано на рисунке. Коэффициент трения между брусками и поверхностью наклонной плоскости равен  $k = 0.2$ . Определите модуль ускорения, с которым движется система. Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Ответ округлите до десятых.

Варианты ответа:

- а)  $11.86 \text{ м/с}^2$
- б)  $9.70 \text{ м/с}^2$
- в)  $10.36 \text{ м/с}^2$
- г)  $8.48 \text{ м/с}^2$

Правильный ответ: г)  $8.48 \text{ м/с}^2$

$$a = \frac{Mg - 2mg(k \cos \alpha + \sin \alpha)}{M + 2m}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$M = 20, 21, 22, 23, 24 \text{ кг}$

$m = 1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8 \text{ кг}$

$k = 0.05, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25$

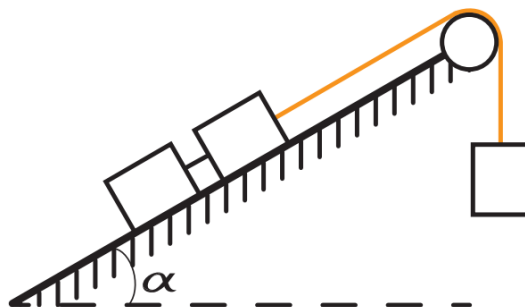


Рис. 4: Наклонная плоскость с брусками

**Задача 11. (2)**

Две маленькие шайбы массами  $m_1 = 10$  кг и  $m_2 = 5$  кг движутся по гладкой плоскости. Шайбы связаны между собой нитью длиной  $l = 2$  м. В определённый момент времени сила натяжения нити между шайбами равна  $T = 10$  Н и скорость одной из шайб равна 0. Найдите скорость второй шайбы. Ответ округлите до сотых.

Варианты ответа:

- а) 2.00 м/с
- б) 1.41 м/с
- в) 2.45 м/с
- г) 1.15 м/с

Правильный ответ: в) 2.45 м/с

$$v = \sqrt{\frac{Tl(m_1 + m_2)}{m_1 m_2}}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$T = 10, 15, 20, 25, 30$  Н

$l = 2, 2.5, 3, 3.5, 4$  м

$m_1 = 10, 12, 14, 16, 18$  кг

$m_2 = 5, 7, 9, 11, 13$  кг

**Задача 12. (2)**

На гладкой сферической поверхности радиуса  $R = 10$  м помещена цепочка длины  $l = 1$  м так, что один её конец закреплен к вершине шара. Найдите скорость цепочки через время  $t = 3$  с после того, как цепочку открепили от вершины шара. Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ округлите до сотых.

Варианты ответа:

- а) 1.49 м/с
- б) 0.49 м/с
- в) 0.75 м/с
- г) 0.15 м/с

Правильный ответ: а) 1.49 м/с

$$v = \frac{gR}{l} \left(1 - \cos \frac{l}{R}\right) t$$

Допустимые числовые значения переменных:

$l = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$  м

$R = 6, 7, 8, 9, 10$  м

$t = 3, 4, 5, 6, 7$  с

**Задача 13. (1)**

Три шарика массами  $m$ ,  $3m$  и  $4m$  расположены так, как показано на рисунке. Расстояние  $l$  между центрами шаров равно 8 см. Найдите положение центра масс системы данных шариков, считая что самый левый шарик находится в точке с координатой  $x = 0$  см.

Варианты ответа:

- а) 15 см
- б) 12 см
- в) 16 см
- г) 24 см

Правильный ответ: а) 15 см

$$x_{ц.м.} = \frac{15l}{8}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$l = 8, 10, 12, 14, 16$  см

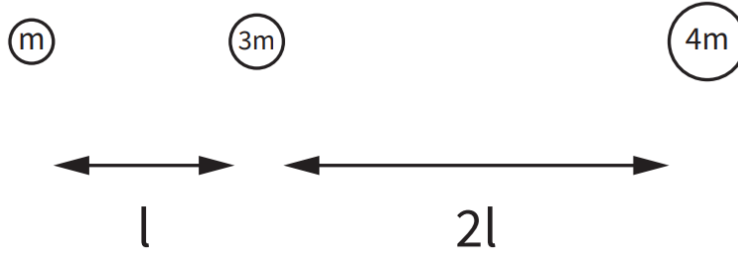


Рис. 5: Три шарика

**Задача 14. (1)**

Аттракцион состоит из вращающегося диска массой  $M = 500$  кг радиусом  $R = 5$  м и балки длиной  $L = 30$  м и массой  $\mu = 10$  кг, соединяющей диск и кубическую кабину массой  $m$ , сторона которой равна  $d = 4$  м. Центр масс данной системы находится на расстоянии  $\eta R$  ( $\eta = 0.8$ ) от центра диска. Найдите массу кабины  $m$ . Ответ округлите до сотых.

Варианты ответа:

- а) 73.79 кг
- б) 55.76 кг
- в) 63.45 кг
- г) 64.85 кг

Правильный ответ: б) 55.76 кг

$$m = \frac{\mu(R(1 - \eta) + \frac{L}{2}) - \eta RM}{R(\eta - 1) - L - \frac{d}{2}}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$\mu = 10, 12, 14, 16, 18$  кг

$M = 460, 470, 480, 490, 500$  кг

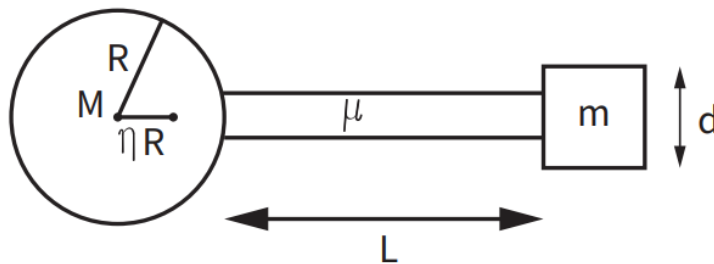


Рис. 6: Аттракцион.

**Задача 15. (3)**

На столе лежит  $N$  шариков вплотную друг к другу вдоль одной линии. Массы шариков возрастают следующим образом:  $m_1 = m$ ,  $m_2 = 3m$ ,  $m_3 = 5m$ , ...,  $m_N = (2N - 1)m$ . Радиус каждого шарика равен  $a = 12$  см. Найдите положение центра масс системы из 500 шариков, если самый левый шарик имеет координату  $x = 0$  см. Ответ округлите до десятых.

Варианты ответа:

- а) 11999.9 см
- б) 7999.9 см
- в) 5999.9 см
- г) 3999.9 см

Правильный ответ: б) 7999.9 см

$$x_{\text{ц.м.}} = \frac{a(4N^2 - 1)}{3N}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$a = 12, 14, 16, 18, 20$  см

$N = 500, 600, 700, 800, 900$

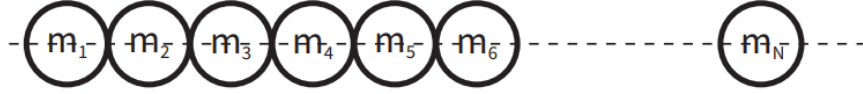


Рис. 7: Система из N шариков.

### 3 Задачи с открытой формой ответа.

#### Задача 1. (1)

Велосипедист едет по гладким холмам, описывающим форму синуса:  $y = 2 \sin 3x$  (м), с постоянной скоростью  $v = 0.3$  м/с. Велосипедист имеет массу  $m = 80$  кг. Какой вес будет иметь велосипедист, когда будет проезжать точку с координатой  $x = \pi/6$  м?

Правильный ответ: 670.4 Н

$$P = m(g - 18v^2)$$

Допустимые числовые значения переменных:

$m = 80, 85, 90, 95, 100$  кг

$v = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$  м/с

#### Задача 2. (3)

Небольшой шарик находится на вершине полусферы радиуса  $R = 0.2$  м. Он соединен нитью с вершиной полусферы. Со стороны нити на шарик действует сила натяжения, пропорциональная растяжению нити:  $T = 0.1l$  (Н),  $l$  - растяжение нити. С какой первоначальной скоростью опустили шарик, если при скорости  $v = 1$  м/с шарик оторвался от поверхности полусферы? Масса шарика  $m = 2$  кг. Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ округлите до десятых.

Правильный ответ: 0.69 м/с

$$v_0 = \sqrt{\frac{1}{m} \left[ 2 - 2 \frac{v^2}{gR} - kr \left( \arccos \frac{v^2}{gR} \right)^2 \right]}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$m = 1, 2, 3, 4, 5$  кг

$v = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$  м/с

#### Задача 3. (2)

Брусок массой  $m = 0.01$  кг лежит на наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha = 30^\circ$  с горизонтом. К бруску начинают прикладывать силу под углом к поверхности наклонной плоскости, который зависит от пройденного пути как:  $\phi = 0.5s$  (рад.). При этом модуль силы постоянен и равен  $F = mg/2$ . Коэффициент трения между бруском и поверхностью наклонной плоскости равен  $k = 0.1$ . Какую скорость будет иметь брусок, пройдя путь  $s = \pi$  м? Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ округлите до десятых.

Правильный ответ: 13.53 м/с

$$v = \sqrt{\frac{2}{m} \left( \frac{F}{0.5} \sin 0.5s - \frac{F}{0.5} k \cos 0.5s + 1 - mgs(\sin \alpha + k \cos \alpha) \right)}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$m = 1, 2, 3, 4, 5$  кг

$v = 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1$  м/с



#### Задача 4. (3)

Через наклонную плоскость, образующую угол  $\alpha = 30^\circ$  градусов с горизонтом, перекинута цепочка, как показано на рисунке. Когда в вертикальном положении была часть цепочки длины  $h = 0.5$  м, цепочке придали начальную скорость  $v_0 = 0.1$  м/с. С какой скоростью перекинется через наклонную плоскость конец цепочки? Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ округлите до десятых.

Правильный ответ: 1.39 м/с

$$v = \sqrt{2gh \ln \frac{1}{\sin \alpha} - 2gh \sin \alpha \left( \frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) + v_0^2}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$h = 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7$  м

$v_0 = 0.1, 0, 2, 0.3, 0.4, 0.5$  м/с

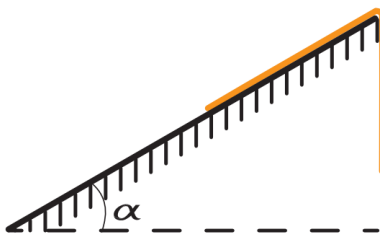


Рис. 8: Цепочка, перекинутая через наклонную плоскость.

#### Задача 5. (3)

Реактивный катер работает следующим образом: в него поступает вода, находящаяся перед ним, а после чего она выбрасывается с большей скоростью. Пусть диаметр отверстия, через которое поступает и выбрасывается вода равен  $D = 0.1$  м. Двигаясь в воде, катер испытывает силу сопротивления, пропорциональную скорости движения:  $F = 10v$  (Н). Будем считать, что катер достиг скорости в 50 км/ч. С какой скоростью относительно катера при таком движении выталкивается вода? Плотность воды считать равной  $1000$  кг/м<sup>3</sup>. Ответ округлите до сотых и приведите в км/ч.

Правильный ответ: 50.35 км/ч

$$u = \frac{40}{\rho \pi D^2} + v$$

Допустимые числовые значения переменных:

$D = 0.1, 0.12, 0.14, 0.16, 0.18$  м

$v = 50, 55, 60, 70, 75$  км/ч

## 4 Задачи на соответствие.

#### Задача 1. (1)

Брусок массой  $m = 2$  кг удерживается с помощью системы нитей, как показано на рисунке. Найти силы натяжения нитей 1)  $T_1$ , 2)  $T_2$ , 3)  $T_3$ , если  $\theta_1 = 60^\circ$ ,  $\theta_2 = 50^\circ$ . Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10$  м/с<sup>2</sup>.

Варианты ответов:

а) 10.15 Н

б) 10 Н

в) 10.64 Н

г) 20 Н

д) 9.41 Н

е) 13.68 Н

Правильные ответы:

1) - е)

2) - в)

3) - г)

$$T_2 = \frac{mg}{\operatorname{tg} \theta_1 \cos \theta_2 + \sin \theta_2}; T_1 = T_2 \frac{\cos \theta_2}{\cos \theta_1}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$m = 2, 3, 4, 5, 6$  кг

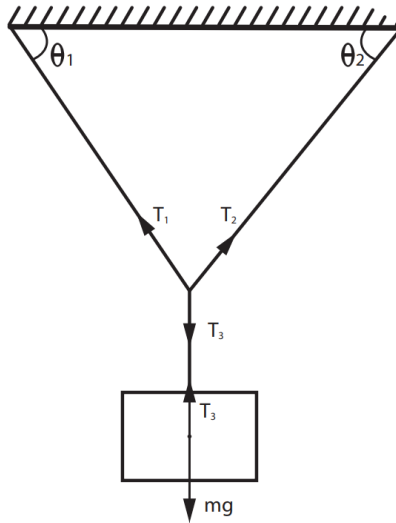


Рис. 9: Брусок, удерживаемый нитями.

### Задача 2. (2)

Тело массой  $m = 1$  кг движется под действием силы  $\vec{F} = 8\vec{e}_x + 2t\vec{e}_y$ . В некоторый момент времени скорость тела стала равна  $v = 15$  м/с. Найти:

- 1) В какой момент времени скорость тела стала равна  $v = 15$  м/с? (в секундах)
- 2) Какую координату по оси  $x$  имело тело? (в метрах)
- 3) Какую координату по оси  $y$  имело тело? (в метрах)

Варианты ответов:

- а) 44.62
- б) 3.34
- в) 1.67
- г) 37.26
- д) 12.42
- е) 89.24

Правильные ответы:

- 1) - б)
- 2) - а)
- 3) - д)

$$t = -32 + \sqrt{32^2 + v^2 m^2}; x = \frac{4t^2}{m}; y = \frac{t^3}{3m}$$

Допустимые числовые значения переменных:

$m = 1, 2, 3, 4, 5$  кг

$v = 15, 20, 25, 30, 35$  м/с

### Задача 3. (1)

Машина съезжает с горки, разогнавшись с 0 м/с до 30 м/с за 6 с. В машине к потолку прикреплена с помощью нити игрушка массы  $m = 0.1$  кг. Ускорение машины такое, что нить остаётся перпендикулярной потолку. Найти:

- 1) Угол, на который отклонилась нить от вертикального положения (в градусах).
- 2) Силу натяжения нити (в Ньютонах).

Варианты ответов:

- а) 30
- б) 0.87
- в) 60
- г) 45
- д) 0.5
- е) 0.71

Правильные ответы:

- 1) - а)
- 2) - б)

$$\theta = \arcsin \frac{\Delta v}{g \Delta t}; T = mg \cos \theta$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$v = 30, 32, 34, 36, 38 \text{ м/с}$$

$$\Delta t = 6, 7, 8, 9, 10 \text{ с}$$

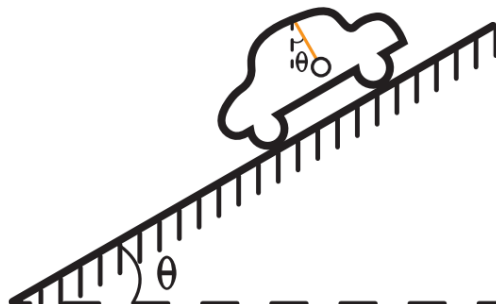


Рис. 10: Машина с игрушкой.

#### Задача 4. (2)

Вертолет массой  $m = 600$  кг поднимается в воздух с начальной скоростью  $v_{0x} = 10$  м/с, направленной вдоль оси  $x$ , так, что на него действует горизонтальная, разгоняющая его сила, линейно возрастающая с возрастанием скорости:  $F = 20v_x$  (Н). Кроме того, на вертолёт действует вертикальная подъёмная сила  $F_{\text{под}} = 6002$  Н. Ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Найдите:

- 1) Скорость вертолета через время  $t = 10$  с (в м/с).
- 2) Ускорение в проекции на горизонтальную ось вертолета через время  $t = 10$  с (в м/с<sup>2</sup>).

Варианты ответов:

- а) 20.35
- б) 0.34
- в) 34.36
- г) 0.47
- д) 30.23
- е) 0.93

Правильные ответы:

- 1) - а)
- 2) - г)

$$v = \sqrt{[v_{0x} \exp(\frac{20}{m}t)]^2 + [(F_{\text{под}} - mg)t]^2}; a_x = v_0 \frac{20}{m} \exp(\frac{20}{m}t)$$

Допустимые числовые значения переменных:

$$m = 560, 570, 580, 590, 600 \text{ кг}$$

$$v_0 = 10, 11, 12, 13, 14 \text{ м/с}$$

#### Задача 5. (3)

Брусок массой  $M = 1$  кг движется по гладкой плоскости под действием силы натяжения нити, составляющей в каждый момент угол  $\theta(t)$  с горизонтом. Другой конец нити привязан к грузу массы  $m = 0.5$  кг, как показано на рисунке. Расстояние  $h_0 = 0.8$  м, ускорение свободного падения  $g$  считать равным  $10 \text{ м/с}^2$ . Найдите:

- 1) Скорость бруска в проекции на горизонтальную ось в момент, когда длина невытянутой нити равна  $z = 1$  м и скорость движения нити равна  $v = 0.5 \text{ м/с}$  (в м/с).
- 2) Ускорение бруска в проекции на ось  $x$  в момент времени, когда он только начал своё движение из состояния покоя, если ускорение груза в этот момент равно  $a = 0.03 \text{ м/с}^2$ ; расстояние  $z = 1$  м (в м/с<sup>2</sup>).
- 3) Силу натяжения нити в момент, когда угол  $\theta = 30^\circ$  (в Н).

Варианты ответов:

- а) 0.05
- б) 2.38
- в) 0.83
- г) 0.3
- д) 6.76
- е) 0.018

Правильные ответы:

- 1) - в)
- 2) - а)
- 3) - д)

$$v_x = uv; a_x = ua; T = \frac{Mug}{\frac{M}{m}u - \cos \theta}, \text{ где } u = \frac{1}{2}(z^2 - h_0^2)^{-1/2}2z, \text{ (для вычисления } T \text{ расстояние } z = \frac{h_0}{\sin \theta})$$

Допустимые числовые значения переменных:

$M = 1, 1.5, 2, 2.5, 3$  кг

$m = 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5$  кг

$h_0 = 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8$  м

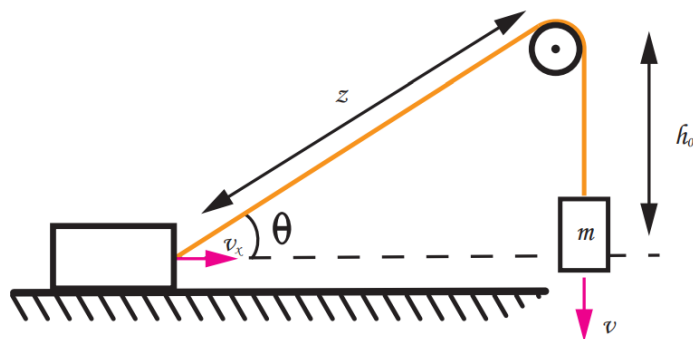


Рис. 11: Брусок на гладкой поверхности.