

**Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»**

**10 класс**

**Вариант 2**

1. Мальчик, поднимаясь по неподвижному эскалатору, насчитал  $N = 100$  ступенек, а когда он поднимался по тому же эскалатору, движущемуся вниз, то насчитал  $N_1 = 300$  ступенек. Считая скорость мальчика в обоих случаях одинаковой и постоянной, скорость эскалатора также постоянной, определите, чему равно отношение скорости мальчика к скорости эскалатора. Обе скорости взять в неподвижной системе отсчета. Ответ округлите до десятых.

**Решение.** Пусть  $L$  – длина эскалатора,  $n = \frac{N}{L}$ . Мальчик пройдет путь  $s = v_m t = \frac{v_m L}{v_m - v_э}$  и

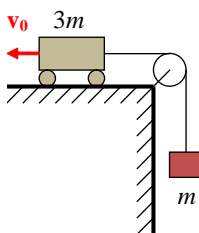
насчитает ступенек  $N_1 = ns = \frac{N v_m}{v_m - v_э}$ ,  $\Rightarrow \frac{v_m}{v_э} = \frac{N_1}{N_1 - N} = 1,5$ .

**Ответ. 1,5**

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	6
Задание решено неверно.	0

2. Тележка массы  $3m$ , удерживаемая на гладкой горизонтальной поверхности длинного стола, скреплена легкой нерастяжимой нитью, перекинутой через идеальный блок, с грузом массы  $m$  (см. рис.). Тележке сообщили начальную скорость  $v_0 = 7,5$  м/с, направленную влево. Определите путь, пройденный тележкой, за первые  $t = 6$  с движения. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ дайте в метрах, округлив его до десятых.



**Решение** Ускорение тележки  $a = \frac{mg}{3m + m} = \frac{g}{4} = 2,5$  м/с<sup>2</sup> и направлено противоположно  $\vec{v}_0$ .

Спустя время  $t_0 = \frac{v_0}{a} = 3$  с скорость тележки станет равна 0, тележка достигнет крайнего

положения и переместится на расстояние  $x = v_0 t_0 - \frac{at_0^2}{2} = 11,25$  м. Путь, пройденный тележкой за  $t = 2t_0 = 6$  с, равен  $s = 2x = 22,5$  м.

**Ответ. 22,5**

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	6
Задание решено неверно.	0

3. Болид Формулы-1 имеет массу вместе с пилотом  $m = 768$  кг. Болид разгоняется с места равноускоренно до скорости  $v = 100$  км/ч за время  $t = 1,7$  с. Какую мощность должен развить мотор болида? Ответ дайте в киловаттах, округлив его до целых.

**Решение.**  $N = Fv = mav = \frac{mv^2}{t} = 348,6$  кВт.

**Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»**

**10 класс**

**Вариант 2**

**Ответ. 349**

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	6
Задание решено неверно.	0

**4.** Пираты забрасывают мешки с награбленным грузом на борт своего корабля под углом  $\alpha = 60^\circ$  к горизонту. Высота борта корабля  $h = 2$  м, наибольшая начальная скорость, с которой пират может бросить мешок  $V_0 = 8$  м/с. Чему равно наибольшее расстояние до корабля, с которого пираты смогут забросить мешки на борт? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Трением мешков о воздух и их размерами пренебречь. Мешки бросают с поверхности Земли. Ответ дайте в метрах, округлив его до десятых.

**Решение.**  $y(t) = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = h$ . Наибольший корень полученного квадратного

уравнения:  $t_{\max} = \frac{v_0 \sin \alpha + \sqrt{(v_0 \sin \alpha)^2 - 2gh}}{g} = 0,976$  с.

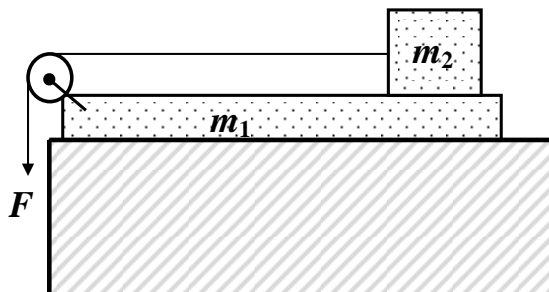
$$L_{\max} = x(t_{\max}) = v_0 \cos \alpha \cdot t_{\max} = 3,9 \text{ м.}$$

**Ответ. 3,9**

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	10
Задание решено неверно.	0

**5.** На неподвижном столе находится доска массой  $m_1 = 4$  кг, а на доске лежит груз массой  $m_2 = 2$  кг. К грузу привязана невесомая нить, второй конец которой перекинут через идеальный блок. Блок закреплен на краю доски (см. рис.). Коэффициент трения между доской и столом  $\mu_1 = 0,2$ , а между доской и грузом  $\mu_2 = 0,4$ . Участок нити между доской и блоком остается горизонтальным. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. С какой минимальной силой  $F$  нужно тянуть вниз вертикальный участок нити, чтобы доска начала двигаться вправо относительно стола? Ответ дайте в ньютонах и округлите до десятых.



**Решение.** Обозначим  $N_1$  – модуль силы нормальной реакции (нормального давления) между доской и столом, а  $N_2$  – между грузом и доской, аналогичные по смыслу силы трения скольжения соответственно  $F_{\text{тр}1}$  и  $F_{\text{тр}2}$ , сила натяжения нити равна  $F$ . Тогда  $N_2 = m_2 g$ ,

$$N_1 = F + m_1 g + N_2 = F + (m_1 + m_2) g, \quad F_{\text{тр}1} = \mu_1 N_1 = \mu_1 [F + (m_1 + m_2) g], \quad F_{\text{тр}2} = \mu_2 N_2 = \mu_2 m_2 g.$$

На доску с блоком действуют сила натяжения нити вправо, а также силы трения со стороны стола и со стороны бруска, направленные влево. Доска начнет скользить, когда

**Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»**

**10 класс**

**Вариант 2**

сила трения между поверхностью стола и доской принимает максимальное значение равное  $F_{\text{тр1}}$ , при этом сила трения между доской и грузом равна  $F_{\text{тр2}}$ . Сила  $F$  будет минимальной, когда  $F = F_{\text{тр1}} + F_{\text{тр2}}$ .

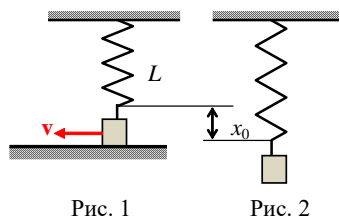
$$\Rightarrow F = \mu_1 [F + (m_1 + m_2)g] + \mu_2 m_2 g, \Rightarrow F = \frac{[\mu_1(m_1 + m_2) + \mu_2 m_2]g}{1 - \mu_1} = 25 \text{ Н.}$$

**Ответ. 25**

Критерии оценивания

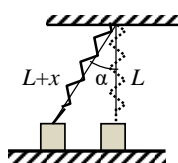
Дан верный ответ.	10
Задание решено неверно.	0

**6.** Легкая недеформированная пружина длины  $L = 90$  см подвешена к потолку, к нижнему концу пружины прикреплен массивный груз. Сначала груз снизу поддерживается неподвижной гладкой горизонтальной плоскостью (см. рис. 1), так что пружина остается недеформированной и вертикальной. Какую минимальную скорость необходимо сообщить грузу горизонтально вдоль плоскости, чтобы он оторвался от плоскости? Если поддерживающую плоскость убрать, то пружина, под действием этого груза, растягивается на  $x_0 = 10$  см (см. рис. 2). Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Ответ дайте в м/с, округлив его до сотых.



**Решение.** Обозначим  $x$  – максимальную деформацию пружины, когда груз отрывается от плоскости (см. рис). В момент отрыва груза от плоскости пружина составляет угол  $\alpha$  с вертикалью:  $\cos \alpha = \frac{L}{L+x}$ . В момент отрыва груза от плоскости:  $kx \cos \alpha = mg$ ,

$$\Rightarrow kx \frac{L}{L+x} = mg, \Rightarrow x = \frac{mgL}{kL - mg}.$$



Закон сохранения энергии:  $\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}, \Rightarrow v = x \sqrt{\frac{k}{m}}.$

Учтем, что из второго условия, когда убирают поддерживающую плоскость  $\Rightarrow mg = kx_0$ .

Тогда  $v = \frac{mgL}{kL - mg} \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{x_0 L}{L - x_0} \sqrt{\frac{g}{x_0}} = 1,125 \text{ м/с.}$

**Ответ. 1,13**

Критерии оценивания

Дан ответ от 1,12 до 1,13	10
Дан ответ 1	5

Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»

10 класс

Вариант 2

Задание решено неверно.	0
-------------------------	---

7. Петарду запустили вертикально вверх. В верхней точке она разрывается на два осколка, начальные скорости которых направлены в противоположные стороны параллельно поверхности земли. В момент времени, когда векторы скоростей осколков оказались взаимно перпендикулярными по направлению, их значения по модулю равны  $v_1 = 150$  м/с и  $v_2 = 200$  м/с. Определите, какое время пройдет от момента разрыва петарды до момента, когда скорости осколков станут взаимно перпендикулярными? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Сопротивлением воздуха пренебречь. Осколки движутся в одной плоскости. Скорости осколков становятся взаимно перпендикулярными раньше, чем осколки упадут на землю. Ответ дайте в секундах, округлив его до десятых.

**Решение.** Скалярное произведение скоростей осколков  $(\vec{v}_1, \vec{v}_2) = 0$ , когда  $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$ . Тогда

$$-v_{10}v_{20} + g^2 t^2 = 0, \text{ где } v_{10} \text{ и } v_{20} \text{ – начальные скорости осколков, } \Rightarrow t = \frac{\sqrt{v_{10}v_{20}}}{g}.$$

У обоих осколков вертикальные компоненты скорости равны  $v_{1y} = v_{2y} = gt = \sqrt{v_{10}v_{20}}$ .

Тогда для модулей их скоростей в искомый момент времени  $t$  получим систему:

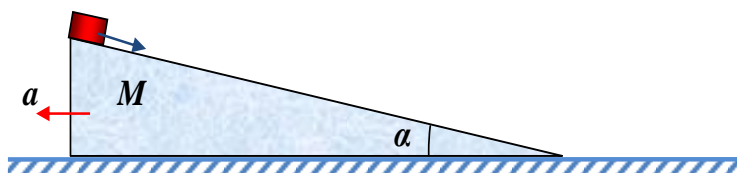
$$\begin{cases} v_1^2 = v_{1x}^2 + v_{1y}^2 = v_{10}^2 + v_{10}v_{20}, \\ v_2^2 = v_{2x}^2 + v_{2y}^2 = v_{20}^2 + v_{10}v_{20}, \end{cases} \Rightarrow v_{10} = \frac{v_1^2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}, v_{20} = \frac{v_2^2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}. \Rightarrow t = \frac{v_1 v_2}{g \sqrt{v_1^2 + v_2^2}} = 12 \text{ с.}$$

**Ответ. 12**

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	17
Задание решено неверно.	0

8. Клин массой  $M = 2$  кг находится на гладкой горизонтальной поверхности льда. Одна из граней клина наклонена под углом  $\alpha$  ( $\tan \alpha = 2$ ) к горизонту (см. рис.). На эту грань положили небольшой брусок, и он начал без трения скользить по ней. В результате клин получает ускорение  $a = 1,4$  м/с<sup>2</sup>. Чтобы клин перестал скользить по льду при движении бруска по наклонной грани клина, к его вертикальной грани приложили силу, направленную горизонтально в плоскости рисунка. Чему может быть равно минимальное значение этой силы? Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Ответ дайте в ньютонах, округлив его до десятых.



**Решение.** 1) Обозначим массу бруска  $m$ , силу нормальной реакции, действующей со стороны клина на брусок (и аналогичную силу давления бруска на клин)  $N$ , ускорение клина  $\vec{a}$ , ускорение бруска в системе отсчета, связанной с клином  $\vec{a}'$ , тогда в неподвижной системе отсчета, связанной со льдом, ускорение бруска равно  $a_{оп} = \vec{a}' + \vec{a}$ .

Запишем в неподвижной системе отсчета, связанной со льдом, уравнение движения клина в проекции на горизонтальную ось  $x$  и уравнение движения бруска в проекции на ось  $y'$ , перпендикулярную наклонной плоскости клина.

**Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»**

**10 класс**

**Вариант 2**

$$\begin{cases} x: N \sin \alpha = Ma, \\ y': N - mg \cos \alpha = -ma \sin \alpha. \end{cases} \Rightarrow m = \frac{Ma}{\sin \alpha (g \cos \alpha - a \sin \alpha)}.$$

2) Пусть теперь на клин действует горизонтальная сила  $F$ , такая, что клин будет неподвижным при движении бруска. Тогда  $F = N_0 \sin \alpha$ , где  $N_0 = mg \cos \alpha$  – сила нормальной реакции клина (нормального давления бруска на клин).  $\Rightarrow F = mg \cos \alpha \sin \alpha$ .

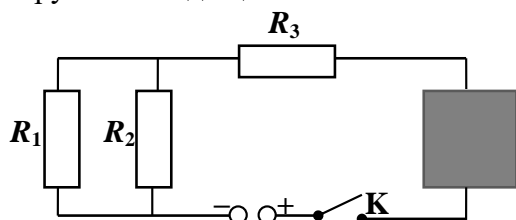
$$\Rightarrow F = \frac{Mag}{g - a \operatorname{tg} \alpha} = 3,89 \text{ Н.}$$

**Ответ. 3,9 (принимается 3,8 -4,1)**

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	18
Задание решено неверно.	0

9. Электрическая цепь, изображенная на рисунке, содержит три резистора с известными сопротивлениями  $R_1 = 2 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 3 \text{ Ом}$  и  $R_3 = 5 \text{ Ом}$ , источник тока, напряжение которого неизвестно, «черный» электрический ящик и ключ К. Внутри «черного» ящика находятся резисторы, соединенные между собой проводами и подключенные к остальным элементам цепи. Никаких других электрических элементов, кроме резисторов, сопротивления которых неизвестны, внутри «черного» ящика нет. Вначале ключ разомкнут, и токи в цепи отсутствуют. Затем ключ замыкают, и по различным участкам этой цепи начинают течь токи. Спустя некоторый промежуток времени, ключ снова размыкают. За то, время, что ключ был замкнут, на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  выделилось общее количество теплоты  $Q = 310 \text{ Дж}$ . Какое количество теплоты выделилось за это же время только на резисторе  $R_1$ ? Внутреннее сопротивление источника и сопротивления проводов пренебрежимо малы, по сравнению с сопротивлениями всех резисторов в этой цепи. Ответ дайте в джоулях, округлив его до целых.



**Решение.** Обозначим количество теплоты, выделившееся на каждом из резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  соответственно  $Q_1$ ,  $Q_2$  и  $Q_3$ , токи, текущие через резисторы  $R_1$  и  $R_2$  после замыкания ключа соответственно  $I_1$  и  $I_2$ , а ток, текущий через резистор  $R_3$  –  $I_3$ . Тогда при параллельном соединении резисторов  $R_1$  и  $R_2$   $Q_1 = \frac{U^2}{R_1} t$ ,  $Q_2 = \frac{U^2}{R_2} t$ , где  $U$  – напряжение на этих резисторах,  $t$  – время, в течение которого ключ замкнут.  $\Rightarrow Q_2 = Q_1 \frac{R_1}{R_2}$ . Токи  $I_1$ ,  $I_2$  и  $I_3$

можно связать между собой с помощью следующих уравнений.

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_3, \\ U = I_1 R_1 = I_2 R_2, \end{cases} \Rightarrow I_3 = \frac{R_1 + R_2}{R_2} I_1.$$

Отборочный этап Олимпиады школьников по профилю «Физика»

10 класс

Вариант 2

Т.к.  $Q_3 = I_3^2 R_3 t$ , а  $Q_1 = I_1^2 R_1 t$ , то  $Q_3 = Q_1 \frac{(R_1 + R_2)^2 R_3}{R_1 R_2^2}$ . Полное количество теплоты,

выделившееся на резисторах  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  равно  $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$= Q_1 \frac{R_1 R_2 (R_1 + R_2) + (R_1 + R_2)^2 R_3}{R_1 R_2^2}.$$

$$\Rightarrow Q_1 = Q \frac{R_1 R_2^2}{(R_1 + R_2)(R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3)} = 36 \text{ Дж.}$$

**Ответ. 36**

Критерии оценивания

Дан верный ответ.	17
Задание решено неверно.	0