

**Всероссийская олимпиада школьников**  
**II (муниципальный) этап**  
**Физика**  
**10 класс**  
**Критерии проверки**

Общее время выполнения работы – 4 часа.

**Общие замечания по проверке**

Задачи проверяются на основе 100 – балльной шкалы, что позволит более корректно расставить участников по местам. После распределения мест, при желании, можно вернуться к 10-балльной системе, простым делением полученных баллов на 10. Максимально возможный балл определяется сложностью задачи и приводится отдельно для каждой задачи.

Приводятся возможные решения задач. Если участник предлагает свое решение, которое эквивалентно приведенному, то оно оценивается по тем же критериям. Если же решение участника нерациональное, длинное, то рекомендуется оценивать его на 10 – 15 баллов ниже. Если решение, приведенное участником, более рациональное, чем рекомендуемое (такое бывает), то это следует поощрять начислением дополнительных баллов по общему согласованному решению жюри.

При организации проверки рекомендуется назначать несколько пар экспертов, каждая из которых осуществляет оценивание одной и той же задачи во всех выполненных работах.

**Задание 1.**

Горка в виде полусферы радиуса  $R$  находится на плоской поверхности. При какой минимальной скорости  $v_0$  камень, брошенный с поверхности, перелетит через горку, не коснувшись поверхности горки.

Найдем скорость  $v_1$ , при которой камень коснется горки в верхней точке.

По закону сохранения энергии для точки бросания и верхней точки траектории имеем:

$$Mv_1^2 / 2 = (mv_1^2 \cos^2 \alpha) / 2 + mgR$$

$$v_1^2 = (v_1^2 \cos^2 \alpha) + 2gR$$

Верхняя точка траектории – точка касания кривых, поэтому радиусы кривизны полусферы и параболы должны быть одинаковы. Тогда в этой точке центростремительное ускорение будет равно:

$$a_n = v_1^2 \cos^2 \alpha / R \quad \text{при этом} \quad a_n = g$$

$$v_1^2 \cos^2 \alpha = gR$$

$$v_1^2 = 3gR \quad v_1 = \sqrt{3gR} \quad v_0 > \sqrt{3gR}$$

**Максимальный балл – 100.** Проведен анализ, получено решение с правильным ответом. 70 – 90 баллов. Идея решения верна. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.

50 баллов. Использовано равенство радиусов кривизны в верхней точке траектории.

30 баллов. Верно записан закон сохранения энергии для верхней точки траектории.

До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

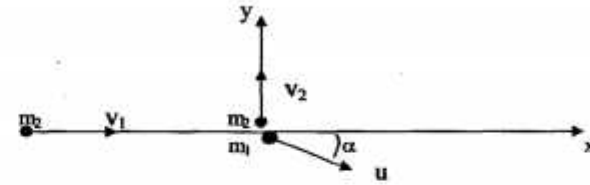
**Задание 2**

На неподвижную частицу с массой  $m_1$  налетает частица массы  $m_2$ . После соударения первая частица полетела под прямым углом, а вторая под углом  $\alpha = 30^\circ$  к направлению первоначальной скорости налетевшей частицы. Найти отношение масс частиц  $m_2 / m_1$ , если при столкновении 20 % первоначальной энергии перешло в тепло.

Удар неупругий и часть энергии превратится в тепло и только 0,8 начальной кинетической энергии превратится в кинетическую энергию после удара.

$$0,8 m_2 v_1^2 / 2 = m_2 v_2^2 / 2 + m_1 u^2 / 2 \quad (1)$$

$$m_1 u^2 = m_2 (0,8 v_1^2 - v_2^2) \quad (2)$$



По закону сохранения импульса

$$p_1^2 = p_x^2 + p_y^2$$

$$(m_1 u)^2 = (m_2 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2 \quad (3)$$

Поделив (3) на (2), получим:

$$m_1 = m_2 (v_1^2 + v_2^2) / (0,8 v_1^2 - v_2^2) \quad (4)$$

$$m_2 / m_1 = (0,8 v_1^2 - v_2^2) / (v_1^2 + v_2^2) \quad (5)$$

С другой стороны

$$m_1 u \sin \alpha = m_2 v_2 \quad \text{и} \quad m_1 u \cos \alpha = m_2 v_1$$

$$\tan \alpha = v_2 / v_1$$

$$m_2 / m_1 = (0,8 - \tan^2 \alpha) v_1^2 / (1 + \tan^2 \alpha) v_1^2$$

$$m_2 / m_1 = (0,8 - \tan^2 \alpha) / (1 + \tan^2 \alpha)$$

$$m_2 / m_1 = 0,35$$

**Максимальный балл – 100.** Получено решение и численный ответ.

80 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

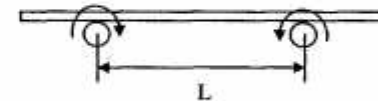
60 баллов. Правильно написаны исходные уравнения. Закон сохранения импульса и закон преобразования энергии.

40 баллов. Не записан один из законов

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

**Задание 3**

На два одинаковых, быстро вращающихся вала, положили горизонтально доску с массой  $m$  (см. рис.). Расстояние между осями валов равно  $L$ , коэффициент трения между валами и доской равен  $\mu$ . Описать движение доски. Что изменится, если поменять направление вращения валов?



Результат зависит от первоначального положения доски. Если доска лежит симметрично относительно валов, то при любом направлении вращения она будет оставаться неподвижной. При несимметричном расположении доски результат зависит от направления вращения валов. При том направлении вращения, которое указано на рисунке, смещение в сторону одного из валов приведет к увеличению силы давления на этот вал, что увеличит возвращающую силу трения. Доска начнет двигаться в обратном направлении. Возникнут

колебания. При обратном направлении вращения будет также увеличиваться сила давления на тот вал, в сторону которого сместилась доска. Но в этом случае увеличивающаяся сила трения будет «стаскивать» доску с валов. Доска упадет вниз.

Рассмотрим первый случай, когда возникнут колебания. Так как валы вращаются быстро, то между ним и доской возникнет сила трения скольжения.

Пусть доска сместилась из положения равновесия в сторону первого вала на  $x$ , тогда

$$a = (F_{\text{сп}} - F_{\text{тр}}) / m = \mu(N_1 - N_2) / m \quad (1)$$

$$N_1 / N_2 = (L/2 - x) / (L/2 + x) \quad (2)$$

$$N_1 + N_2 = mg \quad (3)$$

Из (1) – (3) имеем:

$$N_1 = mg(1/2 - x/L) \quad (4)$$

$$N_2 = mg(1/2 + x/L) \quad (5)$$

Подставив  $N_1$  и  $N_2$  в (1), получим:

$$a = -2\mu g x / L \quad (6)$$

$$F = -2mgx / L \quad F = -kx \quad (7)$$

Возвращающая сила пропорциональна смещению. Это приведет к колебаниям с периодом  $T$  равным:

$$T = 2\pi\sqrt{L/2\mu g} \quad (8)$$

Максимальный балл – 100. Проведен анализ, получены оба решения, с правильными ответами.

70 – 90 баллов. Рассмотрены оба случая. Ответ для периода колебаний получен неверно из-за ошибок в выкладках.

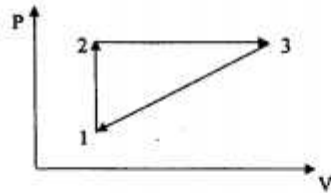
70 баллов. Решение для колебаний верное. Неверно описано движение во втором случае.

До 50 баллов. Рассмотрен только случай колебаний. Ответ получен неверно из-за ошибок в выкладках.

До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

#### Задание 4

Над идеальным одноатомным газом произведен замкнутый процесс 1-2-3-1 (см. рис.). Известно, что работа в этом процессе в  $\alpha = 9$  раз меньше количества теплоты, которое отдано газом на участке 3-1. Найти КПД цикла.



Газ получает теплоту на участках 1 – 2 и 2 – 3, а отдает на участке 3 – 1. Таким образом, теплота, полученная от нагревателя

$$Q_1 = Q_{12} + Q_{23},$$

а теплота, отданная холодильнику

$$Q_2 = Q_{31}.$$

Работа в процессе

$$A = Q_1 - Q_2 = Q_2 / 9 \quad Q_1 = 10 Q_2 / 9$$

КПД цикла будет равен:

$$\eta = (Q_1 - Q_2) / Q_1 = 1 / 10$$

Максимальный балл – 60. Получено решение с правильным ответом.

50 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

30 баллов. Правильно написана формула для КПД

До 15 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

#### Задание 5

Светящаяся точка равномерно движется вдоль оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 20$  см. Во сколько раз средняя скорость перемещения изображения  $u_{\text{ср}}$  больше скорости перемещения точки  $v_{\text{ср}}$ , если расстояние от точки до линзы изменяется в пределах:

1) от  $a_1 = 12$  см до  $a_2 = 18$  см; 2) от  $a_1 = 21$  см до  $a_2 = 25$  см; 3) от  $a_1 = 38$  см до  $a_2 = 42$  см.

Объяснить полученный результат.

Пусть скорость перемещения предмета –  $v$ , а изображения –  $u$ .

Тогда  $v_{\text{ср}} = \Delta a / \Delta t$  и  $u_{\text{ср}} = \Delta b / \Delta t$

Для первого случая  $a < F$ , поэтому формула линзы:

$$1 / F = 1 / a - 1 / b;$$

$$b = F a / (F - a)$$

$$\Delta b = b_2 - b_1 = F a_2 / (F - a_2) - F a_1 / (F - a_1) = F^2 \Delta a / (F - a_1)(F - a_2)$$

$$u_{\text{ср}} / v_{\text{ср}} = \Delta b / \Delta a = F^2 / (F - a_1)(F - a_2) = 25$$

Для второго случая  $F < a$ , поэтому формула линзы:

$$1 / F = 1 / a + 1 / b$$

$$b = F a / (a - F)$$

$$\Delta b = -F^2 \Delta a / (a_1 - F)(a_2 - F)$$

Знак «-» показывает, что предмет удаляется от линзы, а изображение приближается.

$$|u_{\text{ср}} / v_{\text{ср}}| = \Delta b / \Delta a = F^2 / (a_1 - F)(a_2 - F) = 80$$

Для третьего случая  $F < a$ , поэтому формула линзы:

$$1 / F = 1 / a + 1 / b$$

$$b = F a / (a - F)$$

$$\Delta b = -F^2 \Delta a / (a_1 - F)(a_2 - F)$$

Знак «-» показывает, что предмет удаляется от линзы, а изображение приближается.

$$|u_{\text{ср}} / v_{\text{ср}}| = \Delta b / \Delta a = F^2 / (a_1 - F)(a_2 - F) = 1,01$$

Скорости практически одинаковы, так как и предмет, и изображение располагаются около точки  $2F$ .

Максимальный балл – 80. Получены решения с правильными ответами, приведены объяснения полученным результатам.

70 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

60 баллов. Решения верны, но нет объяснения.

30 – 50 баллов допущены ошибки в расчетах, нет объяснения.

До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.