

Всероссийская олимпиада школьников  
II (муниципальный) этап  
Физика  
II 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 неразумное, 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**

Самолет совершает полет из пункта А в пункт В и обратно. Расстояние между А и В – S. При каком направлении ветра относительно трассы полета время полета будет а) максимальным? б) минимальным? Найти эти времена, если скорость самолета относительно воздуха равна V, а скорость ветра – u.

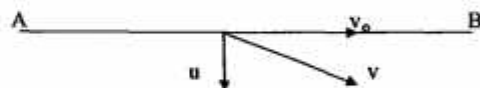
Средняя скорость тем меньше, чем дальше объект движется с малой скоростью. В нашей задаче минимальная скорость будет при полете против ветра, поэтому время полета будет максимальным в том случае, когда ветер дует вдоль трассы. Минимальное время будет, когда ветер дует перпендикулярно трассе. В этом случае скорость полета одинакова при движении туда и обратно. Покажем это.

1) ветер вдоль трассы

$$t_1 = S / (v + u) + S / (v - u) = 2Sv / (v^2 - u^2)$$

$$v_{\text{эф}} = 2S / t_1 = (v^2 - u^2) / v$$

2) ветер перпендикулярен



$$t_2 = 2S / v_0 = 2S / \sqrt{v^2 - u^2}$$

$$v_{\text{эф}} = \sqrt{v^2 - u^2}$$

$$v_{\text{эф1}} / v_{\text{эф2}} = \sqrt{v^2 - u^2} / v = \sqrt{1 - u^2 / v^2} < 1$$

Максимальный балл – 100. Проведен анализ. Рассмотрены оба случая, с правильными ответами.

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

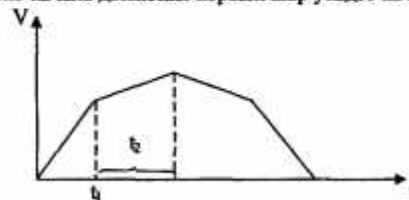
60 баллов. Формулы для скоростей получены верно, но не сделано анализа.

До 40 баллов. Написаны исходные формулы.

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

**Задание 2**

Шар массой 2m подбрасывают вертикально вверх со скоростью  $V_0 = 10$  м/с. К шару привязана невесомая нить длиной  $L = 1$  м, на другом конце которой находится шар массой m. Через какое время после начала движения первый шар упадет на землю?



Пусть  $t_1$  – момент времени, когда оторвется второй шар. Для скорости первого шара в этот момент имеем:

$$v_1 = v_0 - g t_1 \quad \text{с другой стороны} \quad v_1 = \sqrt{v_0^2 - 2g L}$$

$$t_1 = (v_0 - v_1) / g$$

Из закона сохранения импульса

$$3m u_1 = 2m v$$

В верхней точке траектории  $u = 0$

$$0 = u_1 - g t_2 \quad t_2 = u_1 / g$$

Общее время движения  $t_0$  равно:

$$t_0 = 2(t_1 + t_2) = 2(v_0 - 1/3 \sqrt{v_0^2 - 2g L}) / g = 1,4 \text{ с}$$

Максимальный балл – 60. Получено решение с правильным ответом.

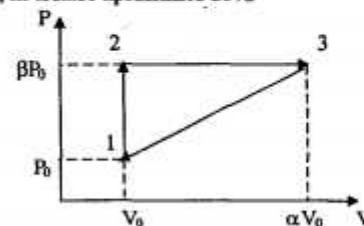
40 – 50 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.

30 баллов. Правильно написаны исходные формулы.

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

**Задание 3**

Показать, что КПД изображенного на рисунке процесса, проводимого с идеальным одноатомным газом, не может превышать 20%.



Запишем уравнение Клапейрона – Менделеева для всех трех состояний:

$$P_0 V_0 = \nu R T_1$$

$$\beta P_0 V_0 = \nu R T_2 \quad T_2 = \beta T_1$$

$$\alpha \beta P_0 V_0 = \nu R T_3 \quad T_3 = \alpha \beta T_1$$

Теплота, полученная газом на участке 1 – 2, равна (изохорный процесс):

$$Q_{12} = 3/2 \nu R (T_2 - T_1) = 3/2 \nu R T_1 (\beta - 1) = 3/2 P_0 V_0 (\beta - 1)$$

Теплота, полученная газом на участке 2 – 3, равна (изобарный процесс):

$$Q_{23} = 5/2 \nu R (T_3 - T_2) = 5/2 \nu R T_1 (\alpha \beta - \beta) = 5/2 \beta P_0 V_0 (\alpha - 1)$$

$$|Q_{31}| = |A_{31} + \Delta U_{31}| = 1/2 V_0 (\alpha - 1) P_0 (\beta + 1) + 3/2 \nu R T_1 (\alpha \beta - 1)$$

(работа через площадь трапеции)

$$|Q_{31}| = 2 P_0 V_0 [(\alpha \beta - 1) + 1/2 (\alpha - \beta)]$$

$$\eta = 1 - |Q_{31}| / (Q_{12} + Q_{23})$$

$$\eta = 1 - [4\alpha\beta + (\alpha - \beta) - 4] / (5\alpha\beta - 2\beta - 3)$$

Вычитаемое будет минимальным, а КПД максимальным при условии  $\alpha\beta \rightarrow \infty$ . Величина КПД будет стремиться к  $\eta_{\max}$

$$\eta_{\max} = 1 - 4\alpha\beta / 5\alpha\beta = 0,2$$

Максимальный балл – 100. Получено решение и численный ответ.

90 баллов. Не проанализирована формула для КПД.

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

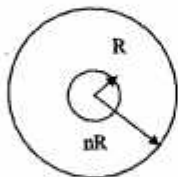
60 баллов. Неправильно написана формула для одной из Q.

40 баллов. Неправильно написана формула для двух Q.

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

#### Задание 4

Металлический шар радиусом R, заряженный до потенциала  $\phi$ , окружат концентрической сферической проводящей оболочкой радиуса nR. Чему будет равен потенциал шара  $\phi_0$ , если оболочку заземлить?



Если заряженный проводящий шар радиуса R окружить концентрической сферической проводящей оболочкой радиуса nR, то потенциал оболочки будет равен:

$$\phi_0 = kq / nR, \quad \text{где } q - \text{заряд шара}$$

$$q = qR / k$$

Таким образом, потенциал оболочки будет равен:

$$\phi_0 = \phi / n$$

Если теперь оболочку заземлить, то на нее придет такой заряд, чтобы ее потенциал стал равным нулю. При этом пришедший заряд распределится на внешней поверхности проводящей оболочки. Поле же между шаром и оболочкой останется неизменным, потому что неизменной остается разность потенциалов шар – оболочка.

$$\text{Было } \Delta\phi = \phi - \phi / n = (n-1)\phi / n; \quad \text{стало } \Delta\phi = \phi_0 - 0 = (n-1)\phi / n$$

$$\phi_0 = (n-1)\phi / n$$

Максимальный балл – 80. Получены решения с правильными ответами, приведены объяснения полученному результату.

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

50 баллов. Получены выражения для заряда шара и исходного потенциала оболочки.

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

#### Задание 5

На гладком горизонтальном столе лежит шар с массой M, прикрепленный к очень легкой пружине с коэффициентом жесткости k. В шар попадет пуля массы m, летящая горизонтально вдоль оси пружины со скоростью  $v_0$ , и застревает в нем. Определить амплитуду A и период колебания T шара.



Из закона сохранения импульса получим:

$$m v_0 = (M + m) u$$

$$u = m v_0 / (M + m)$$

Зная скорость u, найдем кинетическую энергию шара с пулей сразу после удара.

$$E_k = (M + m) u^2 / 2 = m^2 v_0^2 / 2(M + m)$$

При наибольшем сжатии пружины потенциальная энергия равна:

$$E_p = k A^2 / 2$$

$$m^2 v_0^2 / 2(M + m) = k A^2 / 2$$

$$A = [m v_0 / (M + m)] \cdot \sqrt{(M + m) / k}$$

Колебания будут гармоническими, для отклонения x от положения равновесия получим:

$$x = A \sin \omega t \quad v_x = \omega A \cos \omega t \quad a_x = -\omega^2 A \sin \omega t$$

$$a_x = -\omega^2 x \quad F = (M + m) a_x = -\omega^2 x (M + m)$$

$$F = -kx \quad k = \omega^2 (M + m)$$

$$\omega = \sqrt{k / (M + m)} \quad T = 2\pi \sqrt{(M + m) / k}$$

Максимальный балл – 100. Получено выражение для амплитуды колебаний, правильно выведена формула для периода колебаний.

80 баллов. Идея решения верна в обеих частях задачи, но допущены математические ошибки.

70 баллов. Получено выражение для амплитуды колебаний, правильно написана формула для периода колебаний.

50 баллов. Не получено выражения для одной из величин.

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