

**Ключи муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике
2020-2021 учебный год**

9 класс

Продолжительность олимпиады: 230 минут. Максимально возможное количество баллов: 50.

Общие критерии оценок

Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.

Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок по данной задаче.

Решение задач без указаний физических закономерностей и явлений не засчитывается. Не должно быть пропущено логических действий в решении задач.

Если задача решена отличным от авторского способа, то решение оценивается согласно приведенных ниже критериев.

Критерии проверки:

Баллы Правильность (ошибочность) решения

- 10** Полное верное решение

- 9** Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение.
- 6-8** Решение в целом верное, однако содержит существенные ошибки (не физические, а математические)
- 5** Найдено решение одного из двух возможных случаев
- 3-4** Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате чего полученная система уравнений не полна, и невозможно найти решение
- 2** Есть отдельные уравнения относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении)
- 0** Решение неверно или отсутствует

Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника. Рекомендуется проверять сначала первую задачу во всех работах, затем вторую и т.д.

Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, член жюри заносит её в таблицу (см. табл. 1) на первой странице работы и ставит свою подпись (с расшифровкой) под оценкой. В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции.

Таблица 1

№ задания	Набранные баллы
1	
2	
3	
...	
ИТОГО	

1. (10 баллов)

Во время летних каникул Коля с друзьями решил отправиться в небольшое путешествие на плоту. От этой пристани, одновременно с ними, на моторной лодке вниз по реке отправился старший брат Коли в поселок Ягодное, который находился на расстоянии $S_1 = 30$ км от пристани. Моторная лодка дошла до поселка за 1 час и, повернув обратно, встретила ребят на плоту на расстоянии $S_2 = 22$ км от поселка. Какова скорость течения реки, по которой ребята отправились в путешествие?

Возможное решение:

В качестве системы отсчета лучше выбрать плот (воду). В этой системе отсчета лодка движется вниз и вверх по реке с одинаковой скоростью. Тогда время удаления лодки от плота равно времени приближения к нему, т.е. лодка возвращалась к плоту 1 час. За прошедшие 2 часа плот прошел расстояние $S_1 - S_2 = 8$ км. Получаем, что скорость течения реки $v = 4$ км/ч.

Ответ: 4 км/ч.

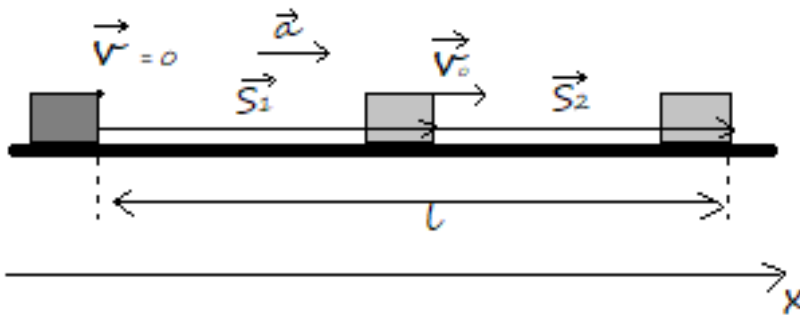
Критерии оценивания

<i>Если система отсчета плот (вода)</i>	
В качестве системы отсчета выбран плот (вода)	4
Получено равенство времени удаления от плота и приближения лодки к плоту	4
Получено окончательное выражение для скорости и правильный ответ	2
<i>Если система отсчета Земля</i>	
Составлена система уравнений с двумя неизвестными	4
Получено уравнение с одним неизвестным	4
Получено окончательное выражение для скорости и правильный ответ	2

2. (10 баллов)

Узнав о готовящемся нападении неприятеля, решетку ворот замка начали опускать с постоянной скоростью $u = 0,2$ м/с. Мальчик, игравший на расстоянии $l = 20$ м от ворот, в тот же момент бросился бежать к воротам. Сначала он двигался равноускоренно, а затем, набрав максимальную скорость $v_0 = 2,5$ м/с, равномерно. С каким минимальным ускорением a_{\min} мог разогнаться мальчик, чтобы успеть пробежать под решёткой в полный рост, если в начальный момент времени нижний край решетки находился на расстоянии $H = 3$ м от поверхности земли? Рост мальчика $h = 100$ см.

Возможное решение:



$$\vec{v}_0 = \vec{v} + \vec{a}t_1 \quad (1 \text{ балл})$$

$$v_0 = at_1$$

$$S_{1x} = \frac{v_{0x}^2 - v_x^2}{2ax} \quad (1 \text{ балл})$$

$$S_1 = \frac{v_0^2}{2a}$$

$$\vec{S}_2 = \vec{v}_2 t_2 \quad (1 \text{ балл})$$

$$S_2 = v_2 t_2$$

$$l = S_1 + S_2 \quad (1 \text{ балл})$$

$$S_2 = l - S_1 = v_2 t_2$$

$$t = t_1 + t_2 \quad (1 \text{ балл})$$

$$t_1 = \frac{v_0}{a}; t_2 = \frac{l - S_1}{v_0}$$

$$t = \frac{v_0}{a} - \frac{l - \frac{v_0^2}{2a}}{v_0} \quad (1 \text{ балл})$$

Для того чтобы мальчик успел пробежать под решеткой в полный рост, $t \leq \tau$, где τ время движения решетки. От исходного положения до высоты равной росту мальчика. a_{\min} при $t = \tau$

$$\tau = \frac{H - h}{u} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\frac{v_0}{a} - \frac{l - \frac{v_0^2}{2a}}{v_0} = \frac{H - h}{u}$$

$$\frac{v_0}{a} - \frac{2al - v_0^2}{2av_0} = \frac{H - h}{u}$$

$$\frac{2v_0^2 - 2al + v_0^2}{2av_0} = \frac{H - h}{u}$$

$$\frac{v_0^2 - 2al}{2av_0} = \frac{H - h}{u}$$

$$uv_0^2 - 2alu = 2av_0(H - h)$$

$$uv_0^2 = 2av_0(H - h) + 2alu$$

$$uv_0^2 = a(2v_0(H - h) + 2lu)$$

$$a = \frac{uv_0^2}{2(v_0(H - h) + lu)} \quad \text{(2 балла)}$$

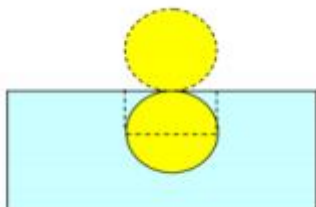
$$a = \frac{0,2 \frac{m}{c} \cdot \left(2,5 \frac{m}{c}\right)^2}{2\left(2,5 \frac{m}{c} (3 m - 1 m) + 20 m \cdot 0,2 \frac{m}{c}\right)} = \frac{0,625}{9} \approx 0,07 \frac{m}{c} \quad \text{(1 балл)}$$

3. (10 баллов)

До какой минимальной температуры надо нагреть золотой шарик, чтобы он, будучи положен на лед, температура которого 0°C , полностью в него погрузился? Удельная теплоемкость золота C , плотность золота ρ_3 , удельная теплота плавления льда λ , плотность льда ρ_l , объем шара равен

$$\frac{4}{3} \pi R^3 \text{ (где } R \text{ – радиус шара).}$$

Возможное решение:



Возможное решение

Чтобы полностью погрузиться, в лёд, шарик должен опуститься на расстояние, равное диаметру шара, объём расплавленного льда равен

$$V = \pi R^2 R + \frac{2}{3} \pi R^3 = \frac{5}{3} \pi R^3 - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Шарик при остывании от $t^{\circ}\text{C}$ до 0°C отдаёт тепло, которое идёт на плавление льда. Запишем уравнение теплового баланса для шарика и льда

$$Q_1 - Q_2 = 0 - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

где Q_1 – количество теплоты плавления льда, соприкасающегося с нагретым шариком

$$Q_1 = \lambda m_1, - \mathbf{1 \text{ балл}},$$

Q_2 - количество теплоты отданное шариком льду при охлаждении

$$- Q_2 = c m_2 (t_1^0 - t_2^0) - \mathbf{1 \text{ балл}} \text{ или } Q_2 = c m_2 (t_2^0 - t_1^0). - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Тогда уравнение теплового баланса можно записать

$$\lambda m_1 = c m_2 (t_2^0 - t_1^0). - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$m_1 = \rho_l V_1 = \rho_l \frac{5}{3} \pi R^3 - \mathbf{1 \text{ балл}}, m_2 = \rho_3 V_2 = \rho_3 \frac{4}{3} \pi R^3. - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Подставив выражения для массы в уравнение теплового баланса получаем

$$\lambda \rho_l \frac{5}{3} \pi R^3 = c \rho_3 \frac{4}{3} \pi R^3 (t_2^0 - t_1^0) - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

$$t_2^0 = \frac{5\lambda\rho_l}{4c\rho_3} - \mathbf{1 \text{ балл}}$$

4. (10 баллов)

Живущие в соседних комнатах общежития два студента А и В, решили сэкономить, соединив потолочные светильники последовательно. Они уговорились, что в своих комнатах установят лампочки по 100 Вт и будут оплачивать равные доли счета за электричество. Но каждый решил получить лучшее освещение за счет другого: студент А вкрутил лампочку в 200 Вт, а студент В – лампочку в 50 Вт. Кто выиграл в освещенности комнаты, а кто – в оплате? Считать время работы ламп одинаковым, сопротивление ламп постоянным.

Возможное решение:

Мощность лампочек при подключении определяются как:

$$P_A = \frac{U_A^2}{R_A}; P_B = \frac{U_B^2}{R_B} \text{ (1 балл)}$$

Напряжение на лампах при последовательном соединении:

$$U = U_A + U_B \text{ (1 балл)}$$

Сила тока на лампах при последовательном соединении:

$$I = I_A + I_B \text{ (1 балл)}$$

$$\left. \begin{array}{l} I_A = \frac{U_A}{R_A} \\ I_B = \frac{U_B}{R_B} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{U_A}{R_A} = \frac{U_B}{R_B} \text{ (1 балл)}$$

Определим мощности лампочек при отдельном включении их в сеть.

$$P_1 = \frac{U^2}{R_A}; P_2 = \frac{U^2}{R_B} \text{ (1 балл)}$$

Выразим U_B через U и P_B через P_1 и P_2 .

$$U_A = \frac{R_A \cdot U_B}{R_B}$$

$$R_B = \frac{U^2}{P_2}$$

$$R_A = \frac{U^2}{P_1}$$

$$U = U_A + U_B = \frac{R_A \cdot U_B}{R_B} + U_B$$

$$U = \frac{U_B (R_A + R_B)}{R_B}$$

$$U_B = \frac{U \cdot R_B}{R_A + R_B}$$

$$P_B = \frac{U^2 \cdot R_B^2}{R_B(R_A + R_B)^2} = \frac{U^2 \cdot \left(\frac{U^2}{P_2}\right)^2}{\frac{U^2}{P_2} \left(\frac{U^2}{P_1} + \frac{U^2}{P_2}\right)^2} = \frac{U^4 \cdot P_2}{P_2^2 \cdot U^4 \frac{(P_2 + P_1)^2}{P_1^2 \cdot P_2^2}} = \frac{P_1^2 \cdot P_2^2}{P_2(P_2 + P_1)^2} = \frac{P_1^2 \cdot P_2}{(P_2 + P_1)^2} \quad \text{(1 балл)}$$

$$P_B = \frac{(200 \text{ Вт})^2 \cdot 50 \text{ Вт}}{(50 \text{ Вт} + 200 \text{ Вт})^2} = 32 \text{ Вт} \quad \text{(1 балл)}$$

Выразим U_A через U и P_A через P_1 и P_2 .

$$U_B = \frac{U_A \cdot R_B}{R_A}$$

$$U = U_A + \frac{U_A \cdot R_B}{R_A} = \frac{U_A(R_A + R_B)}{R_A}$$

$$U_A = \frac{U \cdot R_A}{R_A + R_B}$$

$$P_A = \frac{U_A^2}{R_A} = \frac{U^2 \cdot R_A^2}{R_A(R_A + R_B)}$$

$$R_A = \frac{U^2}{P_1}$$

$$R_B = \frac{U^2}{P_2}$$

$$P_A = \frac{U^2 \cdot \frac{U^2}{P_1}}{\left(\frac{U^2}{P_1} + \frac{U^2}{P_2}\right)^2} = \frac{U^4 \cdot P_1^2 \cdot P_2^2}{P_1 \cdot U^4 (P_2 + P_1)^2} = \frac{P_1 \cdot P_2^2}{(P_1 + P_2)^2} \quad \text{(1 балл)}$$

$$P_A = \frac{200 \text{ Вт} \cdot (50 \text{ Вт})^2}{(200 \text{ Вт} + 50 \text{ Вт})^2} = 8 \text{ Вт} \quad \text{(1 балл)}$$

Потребляемые мощности:

$$P_A = 8 \text{ Вт}$$

$$P_B = 32 \text{ Вт}$$

$P_A < P_B$, следовательно студент А в освещенности проигрывает.

Стоимость = тариф · А

$$A = P t$$

Стоимость = тариф P t

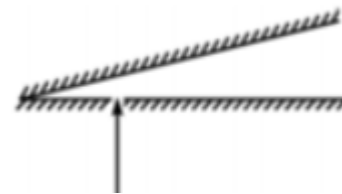
$$P = \frac{P_A + P_B}{2}$$

$$P = \frac{8 \text{ Вт} + 32 \text{ Вт}}{2} = 20 \text{ Вт} \quad \text{(1 балл)}$$

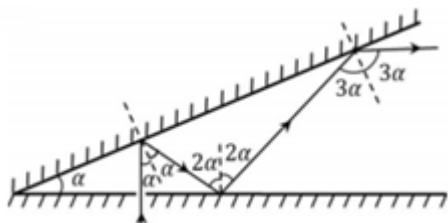
В оплате также студент А проигрывает.

5. (10 баллов)

Два зеркала сложены под углом $\alpha = 7^\circ$. Школьник Станислав направил через маленькое отверстие в одном из зеркал луч лазерной указки перпендикулярно этому зеркалу. Сколько всего отражений испытает луч от этих зеркал?



Возможное решение:



(3 балла)

Из закона отражения следует, что при каждом следующем отражении от зеркал угол луча с вертикалью увеличивается на α . **(2 балла)**

Таким образом, после n отражений угол падения станет $\beta = n\alpha$. **(2 балла)**

Но β не может быть больше 90° , **(1 балл)**

следовательно, $n = 90/\alpha = 12,85$, т.е. $n = 12$ отражений. **(2 балла)**