

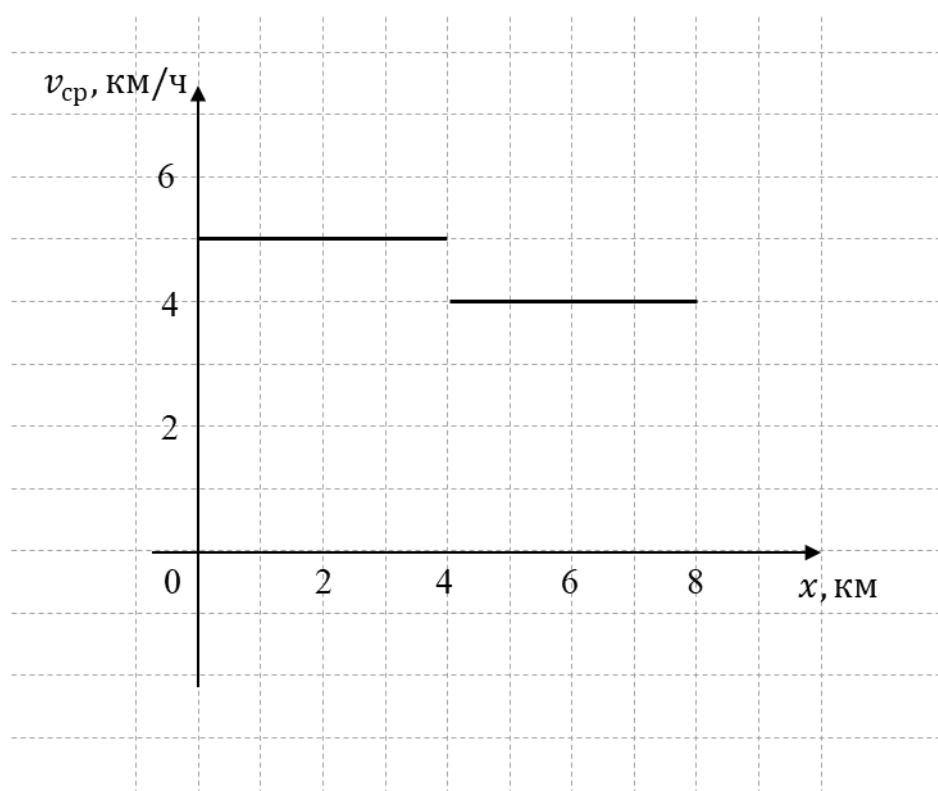
ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ФИЗИКА. 2024–2025 УЧ. Г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 8 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Максимальный балл за работу – 40.

Тестовые задания

1. Школьник идёт по лесу. График зависимости средней скорости школьника от пройденного им пути представлен на рисунке. Пройдя 4 километра, школьник остановился для отдыха. Рассчитайте длительность остановки школьника.



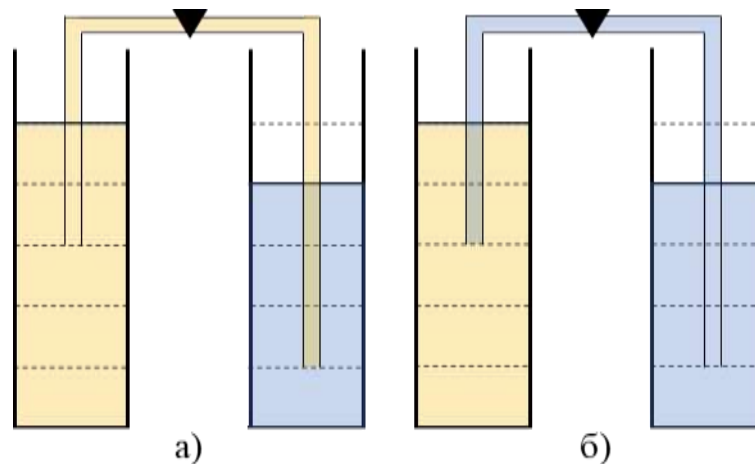
- 1) 5 мин
- 2) 8 мин
- 3) 12 мин
- 4) 25 мин
- 5) 48 мин

2. Толщина пачки бумаги, содержащей 500 листов формата А4, составляет 5 см. Масса такой пачки 2,5 кг. Бумага формата А2 продаётся пачками по 100 листов, толщина такой пачки составляет 2 см, а масса 4 кг. На листе формата А2 укладывается 4 листа формата А4. Сравните объёмные и поверхностные плотности листов форматов А4 и А2.

Поверхностной плотностью σ листового материала называют отношение массы листа m к его площади S , то есть $\sigma = m/S$.

- 1) $\rho_{A4} > \rho_{A2}, \sigma_{A4} > \sigma_{A2}$
- 2) $\rho_{A4} = \rho_{A2}, \sigma_{A4} < \sigma_{A2}$
- 3) $\rho_{A4} < \rho_{A2}, \sigma_{A4} > \sigma_{A2}$
- 4) $\rho_{A4} > \rho_{A2}, \sigma_{A4} < \sigma_{A2}$
- 5) $\rho_{A4} = \rho_{A2}, \sigma_{A4} > \sigma_{A2}$

3. В левый сосуд налито масло плотностью $\rho_m = 0,8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, а в правый – вода плотностью $\rho_v = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$. В эти сосуды погружена узкая П-образная трубка, в верхней части которой установлен закрытый кран. В случае а) трубка заполнена маслом, в случае б) она заполнена водой. В какую сторону будет течь жидкость по горизонтальному участку трубки, если кран открыть?



- 1) а) – налево, б) – налево
- 2) а) – направо, б) – направо
- 3) а) – налево, б) – направо
- 4) а) – направо, б) – налево
- 5) а) – налево, б) – не будет течь

4. Для сжатия пружины её надевают на болт и на резьбу болта навинчивают гайку. Диаметр резьбы болта d , шаг резьбы болта h . Шляпку болта зажимают в тисках, а гайку закручивают с помощью гаечного ключа длиной l , прикладывая силу F к его концу. Какой выигрыш в силе даёт такая система, если КПД механизма из-за потерь на трение составляет 50 %? Выигрышем в силе называется отношение силы упругости пружины $F_{\text{упр}}$ к силе F , то есть величина $\frac{F_{\text{упр}}}{F}$.



- 1) $\frac{l}{2d}$
- 2) $\frac{\pi l}{h}$
- 3) $\frac{h}{l}$
- 4) $\frac{\pi h}{2l}$
- 5) $\frac{d}{h}$

5. Ниже записаны пять математических выражений. Размерности величин, входящих в их правые части: $[\epsilon_0] = \text{м}^{-3} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{Кл}^2$, $[E] = \text{Дж} \cdot \text{Кл}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$, $[q] = \text{Кл}$. Кулон – [Кл] – единица измерения электрического заряда. Какое из этих выражений имеет размерность давления?

- 1) $\epsilon_0 E^2$
- 2) $\epsilon_0 E$
- 3) $\frac{q}{\epsilon_0 E}$
- 4) $\frac{q}{\epsilon_0}$
- 5) qE^2

Ответы:

№ задания	1	2	3	4	5
Ответ	3	2	2	2	1
Балл	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла	2 балла

Задания с кратким ответом

Задачи 6-10

Автомобиль первую треть пути ехал со скоростью $v_1 = 80$ км/ч, а оставшуюся часть пути – со скоростью $v_2 = 40$ км/ч.

6. Найдите среднюю скорость автомобиля на всём пути. Дайте ответ в километрах в час с округлением до целого числа. (2 балла)

7. Чему равна средняя скорость автомобиля на первой половине пути? Дайте ответ в километрах в час с округлением до целого числа. (2 балла)

8. Чему равна средняя скорость автомобиля на второй половине пути? Дайте ответ в километрах в час с округлением до целого числа. (1 балл)

9. Чему равна средняя скорость автомобиля за первую половину времени движения? Дайте ответ в километрах в час с округлением до целого числа. (2 балла)

10. Чему равна средняя скорость автомобиля за вторую половину времени движения? Дайте ответ в километрах в час с округлением до целого числа. (1 балл)

Решение:

6. Обозначим весь путь за S . Тогда первую треть пути автомобиль проехал за время $t_1 = \frac{S}{3v_1}$, а оставшийся путь за время $t_2 = \frac{2S}{3v_2}$. Тогда средняя скорость на всём пути $v_{\text{ср}} = \frac{S}{\frac{S}{3v_1} + \frac{2S}{3v_2}} = \frac{3v_1v_2}{v_2 + 2v_1} = 48$ км/ч.

7. Нетрудно заметить, что на первой половине пути участок, пройденный со скоростью $v_1 = 80$ км/ч в два раза больше участка, пройденного со скоростью $v_2 = 40$ км/ч. По аналогии с предыдущим пунктом $v_{\text{ср1}} = \frac{3v_1v_2}{v_1 + 2v_2} = 60$ км/ч.

8. На второй половине пути скорость была постоянна и равна 40 км/ч.

9. Заметим, что время $t_2 = \frac{2S}{3v_2} = 4t_1$, т.к. $v_1 = 2v_2$. Тогда $v_{\text{ср3}} = \frac{v_1 \cdot t_1 + v_2 \cdot 1,5t_1}{2,5t_1} = 56$ км/ч.

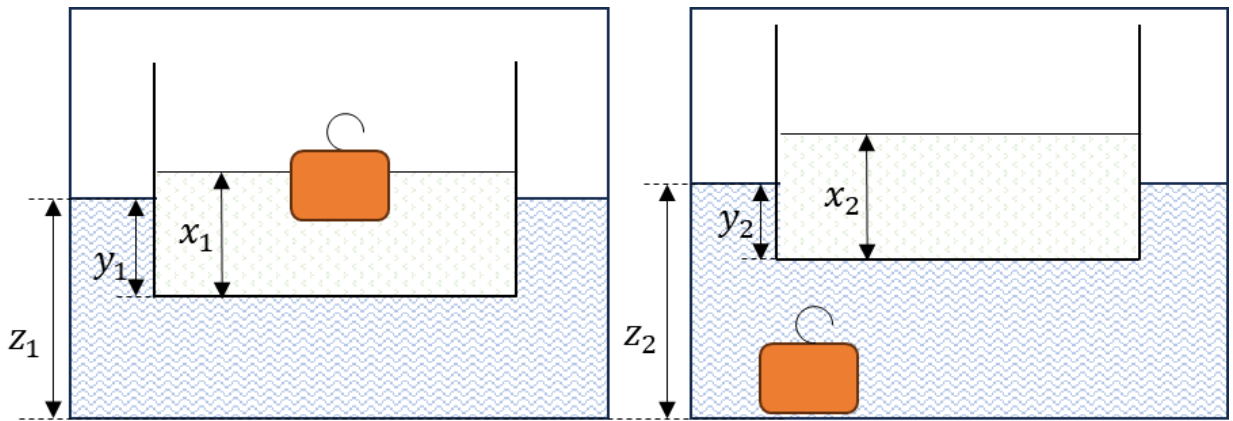
10. За вторую половину времени скорость была постоянна и равна 40 км/ч.

Ответы:	6	7	8	9	10
	48	60	40	56	40

Максимум за задачу 8 баллов.

Задачи 11-13

В тонкостенный цилиндрический стакан налит глицерин плотностью $\rho_{\Gamma} = 1200 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. В глицерине плавает пластиковая гиря плотностью $\rho_{\Pi} = 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Стакан, в свою очередь, плавает в сосуде с водой плотностью $\rho_{\text{В}} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Гирию вынимают из стакана и погружают в воду (см. рис.). Массу гири $m = 200$ г, площадь дна стакана $s = 100 \text{ см}^2$, площадь дна сосуда $S = 200 \text{ см}^2$. Ускорение свободного падения примите равным $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.



11. Рассчитайте изменение уровня глицерина в стакане $\Delta x = x_2 - x_1$. Дайте ответ в мм с учётом знака, округлив до десятых долей. (2 балла)
12. Рассчитайте изменение глубины погружения стакана $\Delta y = y_2 - y_1$. Дайте ответ в мм с учётом знака, округлив до десятых долей. (2 балла)
13. Рассчитайте изменение уровня воды в сосуде $\Delta z = z_2 - z_1$. Дайте ответ в мм с учётом знака, округлив до десятых долей. (2 балла)

Решение:

11. Условие равновесия гири в случае плавания в стакане может быть записано в виде:

$$\rho_{\Gamma} V_{\Pi} g = mg.$$

Тогда объём погружённой части гири равен $V_{\Pi} = \frac{m}{\rho_{\Gamma}}$.

Изменение уровня глицерина в сосуде составит:

$$\Delta x = \frac{V_{\Pi}}{s} = \frac{m}{s \rho_{\Gamma}} \approx -16,7 \text{ мм}.$$

12. Условия равновесия стакана до и после вынимания гири могут быть записаны в виде:

$$\rho_{\text{В}} s y_1 g = (m + M) g; \quad \rho_{\text{В}} s y_2 g = M g,$$

где M – масса стакана и глицерина. Тогда изменение глубины погружения стакана составит:

$$\Delta y = y_2 - y_1 = -\frac{m}{S\rho_B} = -20 \text{ мм.}$$

13. При вынимании гири из стакана уровень воды в сосуде понизится из-за изменения объёма погружённой части стакана:

$$\Delta z' = \frac{\Delta y S}{S} = -\frac{m}{S\rho_B}.$$

А после погружения гири в сосуд уровень воды в нём повысится за счёт изменения общего объёма содержимого сосуда:

$$\Delta z'' = \frac{m}{\rho_{\text{п}} S}.$$

Тогда общее изменение уровня составит:

$$\Delta z = \Delta z' + \Delta z'' = \frac{m}{S} \left(\frac{1}{\rho_{\text{п}}} - \frac{1}{\rho_B} \right) = -0,9 \text{ мм.}$$

Ответы:	11	12	13
	-16,7	-20	-0,9

Максимум за задачу 6 баллов.

Задачи 14-16

Два одинаковых сосуда заполнены водой. Первый заполнен до краёв холодной водой с температурой $t_1 = 13^\circ\text{C}$, а второй – горячей водой наполовину. Из первого сосуда переливают воду, заполняя второй сосуд до краёв, и после установления теплового равновесия переливают назад в первый сосуд то же количество воды. После установления теплового равновесия в первом сосуде описанную процедуру повторяют ещё несколько раз, совершая, таким образом, несколько циклов переливаний «туда – обратно». Теплообмен воды с другими телами пренебрежимо мал.

14. Чему равна температура t_2 горячей воды в начале опыта, если после первого цикла переливаний температуры воды в сосудах отличались на $\Delta t_1 = 16^\circ\text{C}$? Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до целого числа. (2 балла)

15. Чему равна разность температур Δt_3 воды в сосудах по окончании третьего цикла переливаний? Дайте ответ в градусах Цельсия с округлением до десятых долей. (2 балла)

16. Какое минимальное количество N циклов переливаний необходимо совершить, чтобы при помощи термометра с ценой деления $\Delta t = 0,2^\circ\text{C}$ нельзя

было установить различие температур воды в сосудах? Дайте ответ в виде целого числа. (2 балла)

Решение:

14. При смешивании двух равных порций одного и того же вещества с начальными температурами T_1 и T_2 после установления теплового равновесия температура в сосуде будет равна $T = \frac{T_1+T_2}{2}$. Будем этим пользоваться при решении задачи. После добавления холодной воды к горячей в сосуде установится температура $t_3 = \frac{t_1+t_2}{2}$, а после переливания обратно в сосуде с холодной водой установится температура $t_4 = \frac{t_1+t_3}{2} = \frac{3t_1+t_2}{4}$. Тогда разница температур между сосудами станет равной $\Delta t_1 = t_3 - t_4 = \frac{t_2-t_1}{4}$. Отсюда $t_2 = 77^\circ\text{C}$.

15. Заметим, что разность температур до и после одного цикла переливаний отличается в 4 раза. Тогда после третьего цикла она уменьшится в 16 раз относительно разности температур после первого цикла. $\Delta t_3 = \frac{\Delta t_1}{16} = 1^\circ\text{C}$.

16. Посчитаем, сколько циклов нужно совершить, чтобы разность температур стала меньше $0,2^\circ\text{C}$. Опираясь на предыдущий пункт, заметим, что четырёх циклов ещё не хватит: $\Delta t_4 = \frac{\Delta t_3}{4} = 0,25^\circ\text{C}$, а пяти уже будет достаточно: $\Delta t_5 = \frac{\Delta t_4}{4} = 0,0625^\circ\text{C} < 0,2^\circ\text{C}$. Таким образом, $N = 5$.

Ответы:	14	15	16
	77	1,0	5

Максимум за задачу 6 баллов.

Задачи 17-22

Капитан яхты выбирал для неё новый винт. Для этого он провёл простейшее исследование. При частоте вращения двигателя $(2,0 \pm 0,1)$ тыс. об/мин скорость его яхты в спокойную погоду составила $(6,3 \pm 0,1)$ узла. А при частоте вращения в $(1,4 \pm 0,1)$ тыс. об/мин – $(4,3 \pm 0,1)$ узла.

17. Противоречат или не противоречат результаты проведённых измерений гипотезе о том, что скорость движения яхты пропорциональна частоте вращения двигателя? (1 балл)

- противоречат
- не противоречат
- не хватает данных для ответа на вопрос

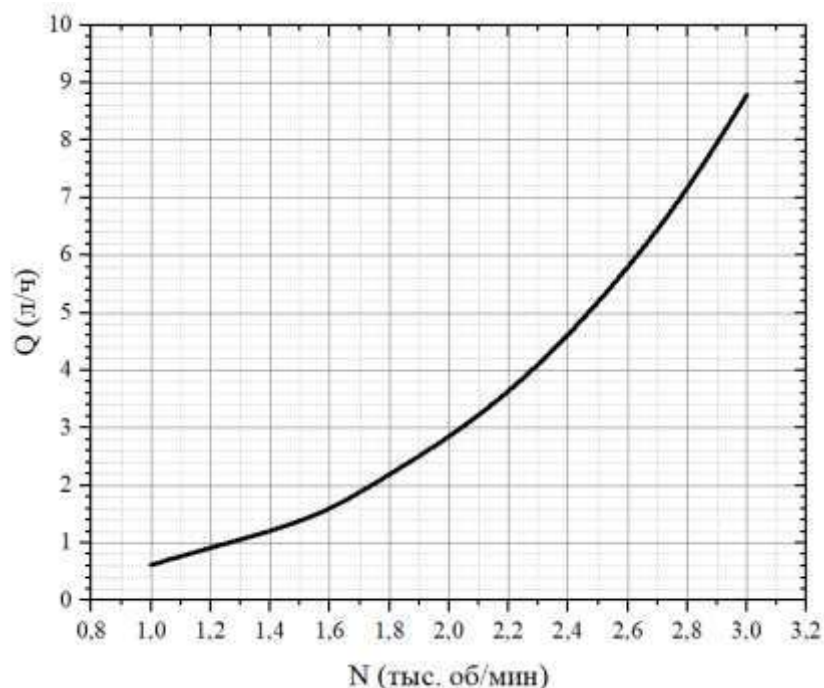
Известно, что винт для спортивных яхт, стоящий $P_1 = 400$ тысяч рублей, экономит $\alpha = 7\%$ топлива при любой скорости движения яхты по сравнению с обычным винтом, стоящим $P_2 = 25$ тысяч рублей. Двигатель яхты рассчитан на 10 тысяч моточасов.

18. Рассчитайте, какое количество тысяч моточасов необходимо, чтобы покупка спортивного винта окупилась? Средний расход топлива при использовании обычного винта составляет $q = 2,5$ л/час. Стоимость одного литра топлива $p = 150$ рублей. Ответ округлите до десятых долей. (2 балла)

19. Хватит ли ресурса двигателя, чтобы окупить дорогой винт? (1 балл)

- да
- нет

Двигатель яхты может работать в диапазоне частот вращения от 1,0 тыс. об/мин до 3,0 тыс. об/мин. При этом расход топлива зависит от частоты вращения двигателя. График зависимости расхода Q топлива от частоты N вращения представлен на рисунке.



20. Рассчитайте расход топлива в пересчёте на 100 километров пути при частоте вращения двигателя в 2,0 тыс. об/мин. Известно, что одна морская миля составляет 1852 м, а 1 узел = 1 морская миля/ч. Дайте ответ в л/(100 км), округлив до целого числа. Здесь и далее считайте, что скорость движения яхты пропорциональна частоте вращения двигателя, и при 2 тысячах оборотов в минуту яхта движется со скоростью 6,3 узла точно. (2 балла)

21. Рассчитайте, при какой частоте вращения двигателя переход на яхте на фиксированное расстояние будет наиболее экономичным с точки зрения расхода топлива. Дайте ответ в тыс. об/мин с округлением до десятых долей. (2 балла)

22. Каким при этом окажется расход топлива в пересчёте на 100 км пути? Дайте ответ в л/(100 км) с округлением до целого числа. (2 балла)

Решение:

17. Отношение скорости движения к частоте работы двигателя для первого измерения лежит в диапазоне:

$$\left(\frac{6,2}{2,1}; \frac{6,4}{1,9}\right) \frac{\text{узл. мин}}{\text{тыс. оборотов}} = (2,95; 3,37) \frac{\text{узл. мин}}{\text{тыс. оборотов}}.$$

Для второго случая:

$$\left(\frac{4,2}{1,5}; \frac{4,4}{1,3}\right) \frac{\text{узл. мин}}{\text{тыс. оборотов}} = (2,8; 3,38) \frac{\text{узл. мин}}{\text{тыс. оборотов}}.$$

Видно, что указанные диапазоны существенно пересекаются. Поэтому утверждать, что скорость не пропорциональна частоте вращения двигателя нельзя – результаты измерений не противоречат гипотезе.

18. Всего необходимо сэкономить $P_1 - P_2$. Количество литров сэкономленного топлива, которое позволит это сделать: $\frac{P_1 - P_2}{p}$. Тогда количество литров потраченного топлива: $\frac{P_1 - P_2}{\alpha p}$. Такое количество литров топлива будет потрачено за время работы двигателя, равное:

$$t = \frac{P_1 - P_2}{\alpha q p} = 14,3 \text{ тыс. моточасов.}$$

19. Видно, что ресурса двигателя не хватит, чтобы окупить дорогой винт:

$$t > 10 \text{ тыс. моточасов.}$$

20. Для расчёта расхода топлива на 100 км пути необходимо расход топлива в час поделить на скорость движения при заданной частоте вращения двигателя.

$$q = \frac{2,8 \frac{\text{л}}{\text{ч}} \cdot 100 \text{ км}}{1,852 \frac{\text{км}}{\text{миль}} \cdot 6,3 \frac{\text{миль}}{\text{ч}}} = 24 \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}.$$

21. Так как скорость движения пропорциональна частоте вращения двигателя, то расход в пересчёте на 100 км пропорционален отношению расхода топлива в час к частоте вращения двигателя. Эта величина имеет минимальное значение в точке графика, соответствующей минимальной частоте вращения двигателя, то есть 1 тыс. оборотов/мин.

22. При этой частоте скорость движения яхты должна составить $\frac{6,3}{2,0} \cdot 1,0 = 3,15$ узла, а расход 0,6 л/час. Тогда на 100 км пути в таком режиме яхта будет затрачивать:

$$q = \frac{0,6 \frac{\text{л}}{\text{ч}} \cdot 100 \text{ км}}{1,852 \frac{\text{км}}{\text{миль}} \cdot 3,15 \frac{\text{миль}}{\text{ч}}} \approx 10 \frac{\text{л}}{100 \text{ км}}.$$

Ответы:

17	18	19	20	21	22
не противоречат	14,3	нет	24	1,0	10

Максимум за задачу 10 баллов.

Максимальный балл за работу – 40.