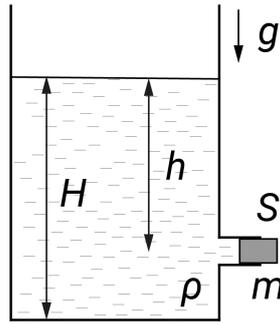


## Максимальное количество баллов за олимпиаду — 30

**Задание 1.** Бочка заполнена жидкостью до уровня  $H = 2.5$  м, на глубине  $h = 150$  см имеется горизонтальный вывод с площадью поперечного сечения  $S = 1$  см<sup>2</sup>, закрытый пробкой. Масса пробки  $m = 50$  г. Плотность жидкости  $\rho = 800$  кг/м<sup>3</sup>,  $g = 10$  Н/кг, атмосферное давление  $P_0 = 10^5$  Па.



Определите силу тяжести, действующую на пробку. Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

**Ответ:** 0.5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 2.** Определите силу, с которой атмосфера действует на пробку. Ответ выразите в ньютонах, округлите до целых.

**Ответ:** 10

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 3.** Определите силу, с которой жидкость действует на пробку. Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

**Ответ:** 11.2

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 4.** Определите силу трения, удерживающую пробку в покое. Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

**Ответ:** 1.2

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 5.** Определите давление на дно сосуда после удаления пробки. Ответ выразите в килопаскалях, округлите до целых.

**Ответ:** 108

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла. За ответ «8» начисляется 1 балл

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

1) Используем определение силы тяжести:

$$F_1 = mg = 50 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} = 0.5 \text{ Н.}$$

2) Используем определение давления:

$$P_0 = \frac{F_2}{S} \Rightarrow F_2 = P_0 S = 10^5 \text{ Па} \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 10 \text{ Н.}$$

3) Давление жидкости выше атмосферного на величину давления столба жидкости:

$$F_3 = (P_0 + \rho gh)S = (10^5 \text{ Па} + 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1.5 \text{ м}) \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 11.2 \text{ Н.}$$

4) Так как пробка находится в равновесии, сила трения компенсирует разность сил давлений:

$$F_4 = F_3 - F_2 = 1.2 \text{ Н.}$$

5) Жидкость перестанет вытекать из сосуда, когда её уровень опустится до высоты пробки. Тогда давление на дно будет складываться из атмосферного давления и давления оставшегося столба жидкости:

$$P = P_0 + \rho g(H - h) = 10^5 \text{ Па} + 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1.0 \text{ м} = 108 \text{ кПа.}$$

Если учитывать *только* давления столба жидкости, получится ответ  $P^* = 8$  кПа (за него можно получить меньший балл).

**Задание 6.** В секретной лаборатории учёные исследовали разные виды ракетного топлива. Результаты измерений представлены в таблице:

$m$ , г	60	80	100	70	80	50	90	80	60	60
$Q$ , ккал	1200	1600	1500	1400	1200	1000	1800	1200	1200	900

Какую наибольшую порцию топлива за раз сжигали в эксперименте? Ответ выразите в граммах, округлите до целых.

**Ответ:** 100

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 1 балл

**Задание 7.** Какое суммарное количество теплоты выделилось в результате экспериментов? Ответ выразите в мегакалориях, округлите до целых.

**Ответ:** 13

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 8.** Сколько разных удельных теплот сгорания получено в эксперименте?

**Ответ:** 2

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 9.** Какое количество воды можно было нагреть от  $0^\circ\text{C}$  до  $100^\circ\text{C}$ , используя выделившуюся в эксперименте энергию? Удельная теплоёмкость воды  $c = 1$  ккал/(кг $\cdot^\circ\text{C}$ ). Ответ выразите в килограммах, округлите до целых.

**Ответ:** 130

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 10.** Для создания ракеты выбрали из имеющихся образец топлива с максимальной теплотой сгорания. Чему равен КПД ракетного двигателя, если для подъёма на высоту  $H = 1$  км полезной нагрузки  $M = 2.1$  т понадобилось сжечь  $m = 5$  кг топлива? Удельная теплоёмкость воды  $c = 4200$  Дж/(кг $\cdot^\circ\text{C}$ ), ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с $^2$ . Ответ выразите в процентах, округлите до целых.

**Ответ:** 5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 3 балла

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

6) Найдём максимальное значение:  $\text{MAX}(m_i) = 100$  г.

7) Просуммируем значения во второй строчке таблицы:

$$\sum Q_i = 13000 \text{ ккал} = 13 \text{ Мкал.}$$

8) Для каждого столбца посчитаем удельную теплоту сгорания:

$$q_i = \frac{Q_i}{m_i}.$$

Всего получится два варианта: 15 ккал/г и 20 ккал/г.

9) Используем формулу для количества теплоты при нагревании:

$$cM\Delta T = \sum Q_i \Rightarrow M = \frac{\sum Q_i}{c\Delta T} = \frac{13 \cdot 10^3 \text{ ккал}}{1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 100^\circ\text{C}}.$$

10) Полезная работа — это работа по подъёму на данную высоту (массу топлива можно не учитывать, так как она мала):

$$A = MgH.$$

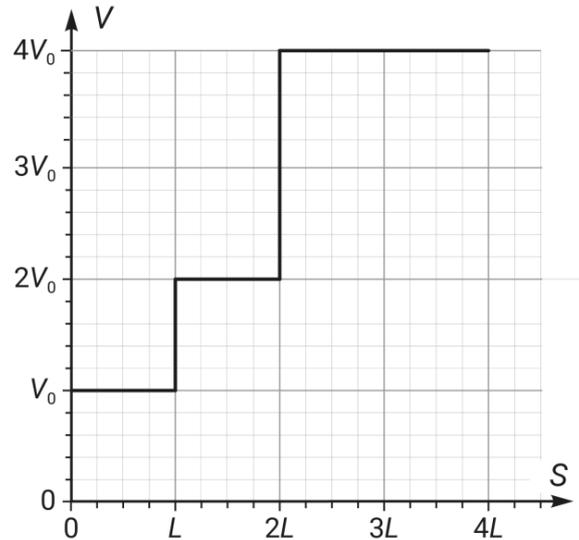
Сравнивая теплоёмкость воды, записанную в разных единицах измерения, заметим, что 1 ккал = 4200 Дж. Наиболее эффективное из представленных образцов топлива имеет удельную теплоту сгорания:

$$q_1 = \frac{Q_1}{m_1} = 20 \frac{\text{ккал}}{\text{г}} = 84 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Используем определение КПД:

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{MgH}{q_1 m} = \frac{2100 \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 1000 \text{ м}}{84 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \cdot 5 \text{ кг}} = 0.05 = 5\%.$$

**Задание 11.** Артёму в честь победы на олимпиаде по физике подарили машинку на пульте управления. Мальчик соорудил прямую трассу длиной  $S = 4L$ , где  $L = 25$  м, и начал изучать движение машинки. Зависимость скорости машинки от пройденного ею пути при движении по трассе представлена на графике, где  $V_0 = 2.5$  м/с.



Определите максимальную скорость машинки. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

**Ответ:** 10

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 12.** Определите полное время движения машинки по трассе. Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

**Ответ:** 20

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 13.** Определите среднюю скорость  $V_{\text{ср}}$  движение машинки на всём пути. Ответ выразите в м/с, округлите до целых.

**Ответ:** 5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 14.** Определите расстояние, которое проехала машинка за вторую половину полного времени движения. Ответ выразите в метрах, округлите до целых.

**Ответ:** 75

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Задание 15.** Определите среднюю скорость машинки в течение второй половины полного времени движения. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

**Ответ:** 7.5

**Критерий оценивания:** точное совпадение ответа — 2 балла

**Максимальный балл за задание — 10**

**Решение.**

11) По графику максимальная скорость:  $V_{\text{max}} = 4V_0 = 10$  м/с.

12) Движение происходит с тремя разными скоростями, поэтому найдём итоговое время как сумму времён на этих трёх участках:

$$t_0 = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{L}{V_0} + \frac{L}{2V_0} + \frac{2L}{4V_0} = \frac{2L}{V_0} = \frac{50 \text{ м}}{2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 20 \text{ с.}$$

13) По определению средней скорости:

$$V_{\text{ср}} = \frac{S}{t_0} = \frac{4L}{t_0} = \frac{100 \text{ м}}{20 \text{ с}} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

14) Полное время движения  $t_0 = 20$  с, на прохождение первого участка машинка затратила время:

$$t_1 = \frac{L}{V_0} = \frac{25 \text{ м}}{2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 10 \text{ с.}$$

Это как раз составляет половину полного времени. Значит, за вторую половину времени пройден путь:

$$S_2 = 3L = 75 \text{ м.}$$

15)

$$V_{\text{ср2}} = \frac{S_2}{0.5t_0} = \frac{3L}{0.5t_0} = \frac{75 \text{ м}}{10 \text{ с}} = 7.5 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$