

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников  
по физике (2022 -2023 учебный год)  
11класс (3 часа 50 минут)**

1. стакан до краёв наполнен солёной водой. При этом на поверхности плавает пресный лёд массой  $m=100$  г. Какой объём воды выльется из стакана к моменту, когда лёд растает? Плотность пресного льда  $\rho_{пл.} = 0,9$  г/см<sup>3</sup>, плотность солёного льда  $\rho_{сл} = 0,95$  г/см<sup>3</sup>, плотность пресной воды  $\rho_в = 1$  г/см<sup>3</sup>. Изменением суммарного объёма при смешивании двух жидкостей пренебречь.

Возможное решение

Условие плавания пресного льда в соленой воде:

$$m = \rho_{св} V_{погр1} = 0,9V_1, \quad (1)$$

$$100 = \rho_{св} V_{погр1} = 0,9V_1 \quad (1')$$

где  $V_1$  объём пресного льда.

Условие плавания соленого льда той же массы в соленой воде:

$$m = \rho_{св} V_{погр2} = 0,95V_2 \quad (2)$$

$$100 = \rho_{св} V_{погр2} = 0,95V_2 \quad (2')$$

где  $V_2$  объём соленого льда.

При таянии соленого льда в соленой воде

$$V_2 = V_{погр2} \quad (3)$$

Значит лишний объём льда

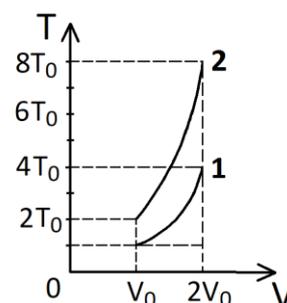
$$\Delta V = (V_1 - V_2) \quad (4)$$

Этот лишний объём и превратится в воду:

$$\Delta V = 100 \left( \frac{1}{0,9} - \frac{1}{0,95} \right) \left( \frac{0,9}{1} \right) = 5,26 \text{ см}^3.$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Условие плавления пресного льда в соленой воде	2
2	Условие плавления соленого льда в соленой воде	3
3	Записано условие (3)	2
4	Формула (4) для $\Delta V$	1
5	Правильный численный результат	2

2. С одной и той же порцией одного и того же газа два раза был осуществлён процесс, в ходе которого температура газа прямо пропорциональна квадрату его объёма. Найдите отношение работ газа в этих процессах.



Возможное решение

Из условия задачи

$$T = kV^2, \quad (1)$$

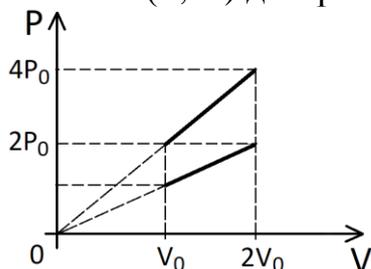
где  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Из уравнения состояния идеального газа получаем зависимость давления от объема:

$$P = \frac{\nu RT}{V} = \nu kRV, \quad (2)$$

которая имеет линейную зависимость от объема.

Используя полученную зависимость, строим график зависимости давления от объема на  $(P, V)$  диаграмме.



В  $PV$ -диаграмме работа равна площади под графиком. Тогда:  $A_2 / A_1 = 2$ .

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Определена линейная зависимость давления от объема	4
2	Правильно построен график зависимости $P(V)$	4
3	Правильный численный результат	2

3. Имеется источник тока с внутренним сопротивлением  $r = 40$  Ом. Какое внешнее сопротивление нужно подключить к источнику, чтобы мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении, отличалась от максимально возможной на 50%?

Возможное решение

Мощность на внешнем резисторе:

$$P = I^2 R = R (E/(r + R))^2 \quad (1).$$

Чтобы найти максимальную мощность производную  $P$  от внешнего сопротивления  $R$  приравняем к нулю:

$$P' = [R (E/(r + R))^2]' = 0$$

и находим сопротивление  $R = r$ , соответствующее максимальной мощности: (Это соотношение можно найти и без производной через анализ квадратного трехчлена мощности от тока)

$$P_{\max} = r(E/2r)^2$$

По условию задачи  $P = P_{\max}/2$  или  $R(E/(r + R))^2 = E^2/8r$ .

Решая квадратное уравнение, находим  $R_1 \approx 7$  Ом и  $R_2 \approx 233$  Ом

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Найдена мощность на внешнем резисторе – формула (1)	2
2	Определено, что $R = r$	3
3	Найдено $P_{\max}$	1
4	Составлено квадратное уравнение	2
5	Правильный численный результат	2

4. Твёрдый стержень движется по горизонтальному столу. В определённый момент времени скорость одного конца стержня  $V_1 = 5$  м/с, а скорость другого  $V_2 = 4$  м/с и она направлена вдоль оси стержня (см. рисунок). Определите для этого момента времени скорость середины стержня.



### Возможное решение

Так как стержень твердый все точки вдоль стержня имеют одну и ту же скорость 4 м/с.

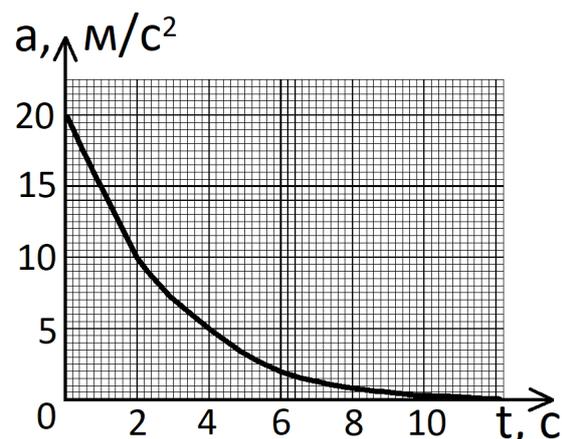
Скорость точки А, перпендикулярная стержню, по теореме Пифагора равна  $(25 - 16)^{1/2} = 3$  м/с.

Такая же скорость будет для точки В, но в два раза меньше 1,5 м/с.

По теореме Пифагора скорость точки В равна  $(2,25 + 16)^{1/2} = 4,3$  м/с.

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Все точки вдоль стержня одинаковую скорость	3
2	Найдена скорость точки А, перпендикулярная стержню	3
3	Найдена перпендикулярная скорость точки В	2
4	Найдено численное значение скорости точки В	2

5. Тело бросают с высоко расположенного балкона вертикально вверх. Зависимость модуля ускорения тела от времени приведена на графике. Пользуясь данной зависимостью, оцените установившуюся и начальную скорости тела. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



### Возможное решение

Как видно из графика через 2 сек ускорение тела стало равным ускорению свободного падения. Значит тело через 2 с начинает падать. В этот момент начальная скорость тела будет равна нулю.

Ускорение является функцией времени, поэтому установившуюся скорость можно найти как площадь под кривой в диапазоне от 2 сек до 10 сек.

Начальную скорость находим как площадь под кривой от 0 сек до 2 сек.

Ответ:  $\approx 25$  м/с – уст. скорость, 30 м/с – нач. скорость.

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Замечено, что через 2 сек ускорение стало равным ускорению свободного падения	2
2	Со второй секунды тело падает	2
3	Площадь под кривой от 2 сек до 10 сек можно считать равным установившейся скорости	2
4	Получен правильный численный ответ	1
5	Площадь под кривой от 0 сек до 2 сек равна начальной скорости	2
6	Получен правильный численный ответ	1