

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

1. Пустая стеклянная банка в четыре раза легче той же банки до краев наполненной молоком. Найдите отношение плотности стекла и молока, если известно, что объем, занимаемый стеклом, в десять раз меньше объема, занимаемого молоком. Плотностью ρ называется отношение массы тела m к объему тела V : $\rho = m/V$.

Возможный вариант решения

Из условия задачи

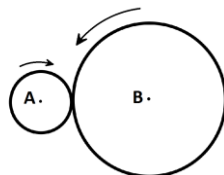
$$m_c = \frac{m_c + m_m}{4}$$

$$3m_c = m_m. \quad (1)$$

$$\frac{\rho_m}{\rho_c} = \frac{3m_c/10V_c}{m_c/V_c} = 0,3 \quad (2)$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Показано, что $3m_c = m_m$.	3
2	Правильно записана формула для плотности молока	2
3	Правильно записана формула для плотности стекла	2
4	Правильно найдено численное отношение плотностей $\rho_m = 0,3\rho_c$ или $\rho_c = 3,3\rho_m$.	3

2. Два колеса вращаются, зацепившись друг за друга вокруг неподвижных осей, проходящих через центры колес А и В (см. рис.). Радиусы колес отличаются в три раза. Большое колесо делает 10 оборотов в минуту. Определите, сколько секунд тратит на один оборот малое колесо.



Возможный вариант решения

За 10 оборотов точка на ободке большого диска пройдет путь

$$L = 2\pi \cdot 3R \cdot 10. \quad (1)$$

Такой же путь должна пройти точка на ободке меньшего колеса, совершив N оборотов:

$$L = 2\pi \cdot R \cdot N. \quad (2)$$

Из этих формул находим, что $N = 30$. Из условия задачи следует, что время вращения колес 60 с. Тогда время одного оборота маленького колеса будет

$$t = T/N = 60/30 = 2 \text{ с.}$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Расстояния, проходимые точками ободов колес, одинаковые	2
2	Правильно записана формула (1)	2
3	Правильно записана формула (2)	2
4	Найдено $N=30$	2
5.	Определено время оборота маленького колеса, равное 2 с.	2

Второй способ решения

Длины окружностей колес отличаются в три раза – 3 балла.

Скорости точек зацепки (скорости крайних точек обода колес) одинаковы т.е. времена одного оборота тоже отличаются в три раза – 3 балла.

Время одного оборота большого колеса 6 сек – 2 балла.

Искомое время равно 2 сек – 2 балла.

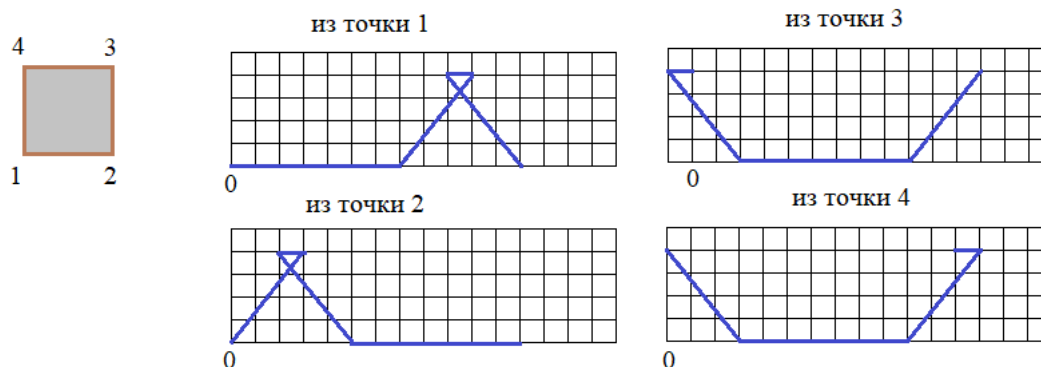
3. С угла квадратного плота размером 4х4 метра спрыгнул мальчик и обплыл плот, держась его бортов, вернувшись к тому же углу. За это время плот снесло течением на 12 м. Нарисуйте траекторию мальчика относительно плота и относительно берега.
Рекомендуемый масштаб: 1 м - длина одной клетки.

Возможное решение

За все время мальчик проплыл по периметру 16 м, а лодку снесло на 12 м, поэтому скорость мальчика больше скорости течения в отношении 16:12 или 4:3.

Траектория относительно плота будет повторять форму плота, т.е. иметь форму квадрата.

Вид траектории зависит от выбора угла отплытия (см. рис.)



№	Критерии оценивания	Баллы
1	Установлено, отношение скорости мальчика к скорости плота	1
2	Определена траектория относительно плота	2
3	Найдена траектория для одного из углов	4
4	За каждую последующую найденную траекторию	по 1

4. Емкость баков точной модели автомобиля 10 см^3 , а у самого автомобиля 80 л. Во сколько раз длина модели меньше длины автомобиля? $1000 \text{ см}^3 = 1 \text{ л}$. Емкость равна произведению трех величин: высоты, ширины и длины.

Возможное решение

По условию задачи:

$$V_m = x \cdot y \cdot z = 10 \text{ см}^3, V_a = kx \cdot ky \cdot kz = 80 \cdot 1000 \text{ см}^3,$$

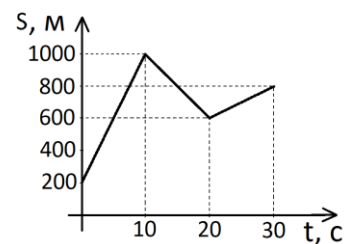
где k - коэффициент подобия.

$$V_a / V_m = k \cdot k \cdot k = 8000, \text{ откуда находим } k = 20.$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Все три величины реального автомобиля и модели отличаются одинаково	5
2	Показано, что объемы отличаются в 8000 раз	2
3	Найдено значение коэффициента подобия, равное 20	3

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

1. Два автомобиля едут по дороге в одном направлении. Средняя скорость одного из них за время 30 с равна 30 м/с. На графике представлена зависимость расстояния S между автомобилями от времени t . Определите среднюю скорость другого автомобиля за 30 с движения.



Возможное решение

Найдем среднюю скорость относительного движения. Из рисунка следует, что на первом участке расстояние увеличивается на 800 м, на втором – уменьшается на 400 м и на третьем увеличивается на 200 м. Тогда

$$v_{\text{ср.отн.}} = \frac{S_{\text{отн}}}{t_{\text{общ}}} = \frac{800 - 400 + 200}{30} = 20 \text{ м/с}$$

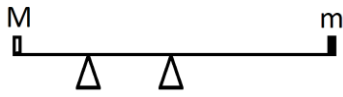
Далее возможны два варианта ответа в зависимости от того какой автомобиль едет первым:

$$V = 30 + 20 = 50 \text{ м/с} \text{ и } V = 30 - 20 = 10 \text{ м/с.}$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Найдена средняя скорость относительного движения	4
2	Возможны два решения	2
3	Ответ: 50 м/с	2
4	Ответ: 10 м/с.	2

2. Тонкий невесомый стержень опирается на две тонкие опоры. Правая опора расположена по центру стержня, а левая опора на расстоянии четверти длины стержня от его левого конца (см. рисунок). На правом

конце стержня поставили груз массой 1 кг. Груз какой массы должен располагаться на левом конце стержня, для того чтобы он находился в равновесии?



Стержень перестаёт давить на правую опору при условии, что

$$Mg(L/4) \geq 1g(L3/4) \quad (1)$$

Следовательно, $M \leq 3$ кг.

Стержень перестаёт давить на левую опору при условии, что

$$Mg(L/2) \leq 1g(L/2) \quad (2)$$

Следовательно, $M \geq 1$ кг.

Окончательно, $3 \text{ кг} \geq M \geq 1 \text{ кг}$.

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Определено условие (1)	3
2	Получено, что $M \leq 3$ кг	2
3	Определено условие (2)	3
4	Установлено, что $M \geq 1$ кг или $3 \text{ кг} \geq M \geq 1 \text{ кг}$	2

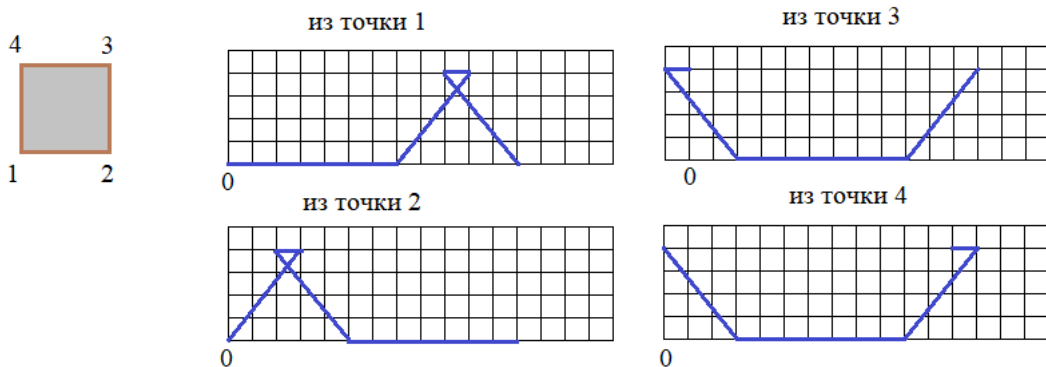
3. С угла квадратного плота размером 4x4 метра прыгнул мальчик и обплыл плот, держась его бортов, вернувшись к тому же углу. За это время плот снесло течением на 12 м. Нарисуйте траекторию мальчика относительно плота и относительно берега. Рекомендуемый масштаб: 1 м длина одной клетки.

Возможное решение

За все время мальчик проплыл по периметру 16 м, а лодку снесло на 12 м, поэтому скорость мальчика больше скорости течения в отношении 16:12 или 4:3.

Траектория относительно плота будет повторять форму плота, т.е. иметь форму квадрата.

Вид траектории зависит от выбора угла отплытия (см. рис.)



№	Критерии оценивания	Баллы
1	Установлено, отношение скорости мальчика к скорости плота	1
2	Определена траектория относительно плота	2
3	Найдена траектория для одного из углов	4
4	За каждую последующую найденную траекторию	по 1

4. Небольшой груз в воздухе висит на пружине. Когда этот груз на той же пружине полностью погружают в воду, то величина деформации пружины остаётся прежней. Определите плотность материала груза. Плотность воды 1000 кг/м^3 .

Возможное решение

Когда пружина висит в воздухе и она растянута: $F_{\text{упр}} = mg$. (1)

На погруженную в воду тело действуют силы:

$$F_{\text{упр}} = F_A - mg, \quad (2)$$

где F_A – сила Архимеда. Условие равновесия будет выполняться, если пружина сжата.

Так сжатие пружины одинаковое в обоих случаях, то сила упругости и в первом, и во втором случае будет одинаковой. Тогда

$$mg = F_A - mg \quad (3)$$

и

$$2mg = F_A \text{ или } 2\rho_m gV = \rho_w gV. \quad (4)$$

С учетом, что плотность воды $\rho_w = 1000 \text{ кг/м}^3$, получаем

$$\rho_T = 500 \text{ кг/м}^3 \quad (5)$$

Ответ: 500 кг/м^3 .

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Записано условие (1)	2
2	Записано условие (2)	2
3	Определено, что, если груз погрузить в воду, то пружина будет <i>сжата</i> с такой же по величине силой упругости	2
4	Получено выражение (4)	2
5	Получен правильный ответ	2

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

1. С угла квадратного плота размером 4х4 метра спрыгнул мальчик и обплыл плот, держась его бортов, вернувшись к тому же углу. За это время плот снесло течением на 12 м. Нарисуйте траекторию мальчика относительно плота и относительно берега. Найдите там и там длину пути мальчика. Рекомендуемый масштаб: 1 м длина одной клетки.

Возможное решение

За все время мальчик проплыл по периметру 16 м, а лодку снесло на 12 м, поэтому скорость мальчика больше скорости течения в отношении 16:12 или 4:3.

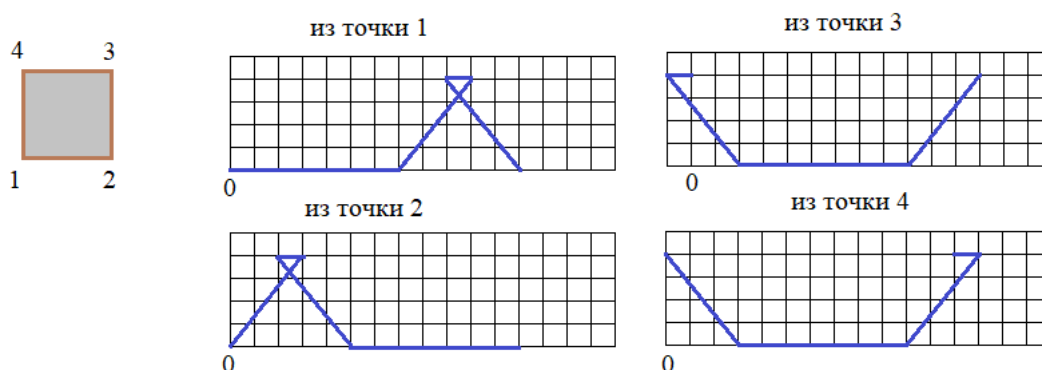
Траектория относительно плота будет повторять форму плота, т.е. иметь форму квадрата. Длина траектории - 16 м.

Возможные траектории мальчика относительно берега представлены на рисунке.

Вид траектории зависит от выбора угла отплытия (см. рис.)

При перемещении перпендикулярно течению длина пути будет равна:

$$L_{23} = L_{41} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ клеток.}$$



Длина траектории движения мальчика относительно берега:

$$L = 7 + 5 + 1 + 5 = 18 \text{ м.}$$

№	Критерии оценивания	Баллы
---	---------------------	-------

1	Установлено, отношение скорости мальчика к скорости плота	1
2	Определена форма траектория относительно плота	1
3	Определена длины траектории 16 м	1
4	Найдена форма траектория для одного из углов	2
5	За каждую последующую найденную траекторию	по 1
6	Найдена длина траектории 18 м	2

2. 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/см³, плотность солёного льда $\rho_{сл} = 0,95$ г/см³, плотность пресной воды $\rho_в = 1$ г/см³. Изменением суммарного объёма при смешивании двух жидкостей пренебречь.

Возможное решение

Условие плавания пресного льда в соленой воде:

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

где V_1 объём пресного льда.

Условие плавания соленого льда той же массы в соленой воде:

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

где V_2 объём соленого льда.

Разность между объемами пресного и соленого льда:

$$\Delta V_{л} = (V_1 - V_2) = m(1/0,9 - 1/0,95) \quad (3)$$

Этот лишний объём превратится в пресную воду и выльется. Массы излишков льда и воды будут одинаковы:

$$\Delta m_l = \Delta m_в. \text{ или } \rho_{пл} \cdot \Delta V_{л} = \rho_в \Delta V_в \quad (4)$$

Откуда получаем:

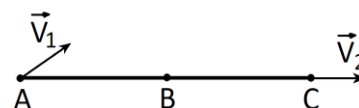
$$\Delta V_в = \Delta V_{л} \cdot \rho_{пл} / \rho_в \quad (5)$$

Подставляем численные значения:

$$\Delta V_в = 100 ((1/0,9) - (1/0,95)) (0,9/1) = 5,26 \text{ см}^3.$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Условие плавания пресного льда в соленой воде	2
2	Условие плавания соленого льда в соленой воде	3
3	Записано условие (3) для $\Delta V_{\text{л}}$	2
4	Формула (5) для $\Delta V_{\text{в}}$	2
5	Правильный численный результат	1

3. 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 4м/с.

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

Такая же скорость будет и 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 численной значение скорости точки В	2

4. Небольшой груз в воздухе висит на пружине. Когда этот груз на той же пружине полностью погружают в воду, то величина деформации пружины остаётся прежней. Определите плотность материала груза. Плотность воды 1000 кг /м³.

Возможное решение

Когда пружина висит в воздухе и она растянута: $F_{\text{упр}} = mg$. (1)

На погруженную в воду тело действуют силы:

$$F_{\text{упр}} = F_A - mg, \quad (2)$$

где F_A – сила Архимеда. Условие равновесия будет выполняться, если пружина сжата.

Так сжатие пружины одинаковое в обоих случаях, то сила упругости и в первом, и во втором случае будет одинаковой. Тогда

$$mg = F_A - mg \quad (3)$$

и

$$2mg = F_A \text{ или } 2\rho_m gV = \rho_e gV. \quad (4)$$

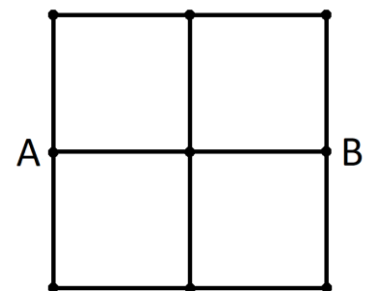
С учетом, что плотность воды $\rho_e = 1000 \text{ кг/м}^3$, получаем

$$\rho_T = 500 \text{ кг/м}^3 \quad (5)$$

Ответ: 500 кг/м^3 .

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Записано условие (1)	2
2	Записано условие (2)	2
3	Определено, что, если груз погрузить в воду, то пружина будет <i>сжата</i> с такой же по величине силой упругости	2
4	Получено выражение (4)	2
5	Получен правильный ответ	2

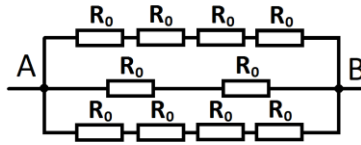
5. Сопротивление проволочного контура, показанного на рисунке, между точками A и B равно $R = 10 \text{ Ом}$. Известно, что расстояние между этими точками 2 м . Найдите сопротивление R_0 одного метра проволоки, из которой сделан контур.



Возможное решение

Напряжение на средних вертикальных перемычках равно нулю.

Эквивалентная схема (R_0 – искомая величина).



Сопротивление эквивалентной схемы:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{4R_0} + \frac{1}{2R_0} + \frac{1}{4R_0} = \frac{1}{R_0}$$

Ответ: $R_0 = 10 \text{ Ом}$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Напряжение на средних вертикальных перемычках равно нулю	4
2	Нарисована эквивалентная схема	4
3	Найден правильный численный ответ	2

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

1. Маленький шарик отпустили без начальной скорости с высоты $h = 45$ м. Удар о горизонтальную поверхность Земли является абсолютно упругим. Определите, в какой момент времени после начала падения шарика его средняя путевая скорость будет равна его мгновенной скорости. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Возможное решение

Время падения шарика до поверхности Земли:

$$t_{\text{пад}} = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 3 \text{ с.} \quad (1)$$

Скорость, с которой шарик падает на Землю:

$$v = \sqrt{2hg} = 30 \text{ м/с.} \quad (2)$$

С такой же скоростью шарик отскочит от Земли.

Уравнения движения шарика вверх (ось OX направлена вверх):

$$X = v(t_{\text{общ}} - t_{\text{пад}}) - g(t_{\text{общ}} - t_{\text{пад}})^2/2 = 30(t_{\text{общ}} - 3) - 5(t_{\text{общ}} - 3)^2. \quad (3)$$

Мгновенная скорость:

$$V = v - g(t_{\text{общ}} - t_{\text{пад}}) = 30 - 10(t_{\text{общ}} - 3). \quad (4)$$

Приравниваем среднюю скорость мгновенной:

$$(h + X) / t_{\text{общ}} = V. \quad (5)$$

$$(h + 30(t_{\text{общ}} - 3) - 5(t_{\text{общ}} - 3)^2) / t_{\text{общ}} = 30 - 10(t_{\text{общ}} - 3) \quad (5')$$

Ответ $t_{\text{общ}} = (18)^{1/2} \text{ сек} = 4,24 \text{ сек}$.

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Шарик падает до поверхности 3 сек	1
2	Скорость с которым полетит шарик от поверхности 30 м/с	1
3	Уравнение движения шарика вверх (3)	2
4	Формула (4) мгновенной скорости	2
5	Получена формула (5)	2
6	Правильный численный результат	2

2. Для того чтобы тело, полностью погруженное в жидкость, находилось в равновесии, к нему прикладывают силу $F = 5$ Н. Определить плотность тела, если его объем $V = 1$ л, а плотность жидкости $\rho = 1000$ кг/м³.

Возможное решение

Надо рассмотреть два случая: тело всплывает и тонет.

Первый случай. Уравнение равновесия:

$$F = F_{Apx} - mg \quad (1)$$

$$F = \rho g V - \rho_m g V$$

$$\rho_T = \frac{\rho g V - F}{g V} \quad (2)$$

$$\rho_T = 500 \text{ кг/м}^3$$

Второй случай. Уравнение равновесия:

$$F = F_{Apx} + mg \quad (3)$$

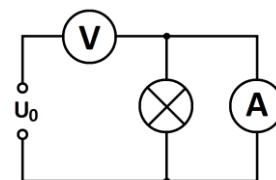
$$F = \rho g V + \rho_m g V$$

$$\rho_T = \frac{\rho g V + F}{g V} \quad (4)$$

$$\rho_T = 1500 \text{ кг/м}^3$$

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Записано условие равновесия для первого случая	2
2	Получение выражение (2) для плотности тела	1
3	Правильно получен численный результат	2
4	Записано условие равновесия для второго случая	2
5	Получение выражение (4) для плотности тела	1
6	Правильно получен численный результат	2

3. Школьник, хотел собрать схему для измерения сопротивления лампочки, но при этом перепутал местами вольтметр и амперметр (см. рис.). Тем не менее, приборы выдали следующие показания: вольтметр – 11 В, а амперметр – 0,2 А. Найдите сопротивление лампочки, если сопротивление вольтметра 50 Ом, а напряжение источника равно 12 В.



Возможное решение

Ток через вольтметр $I_V = 11/50 = 0,22$ А.

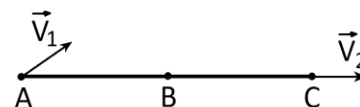
Ток через лампу $I_L = I_V - I_A = 0,22 - 0,2 = 0,02$ А.

Напряжение на лампе $U_L = U_0 - U_V = 12 - 11 = 1$ В.

Сопротивление лампы $R_L = U_L/I_L = 1/0,02 = 50$ Ом.

№	Критерии оценивания	Баллы
1	Найден ток через вольтметр	3
2	Найден ток через лампу	3
3	Найдено напряжение на лампе	3
4	Найдено сопротивление лампы	1

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.

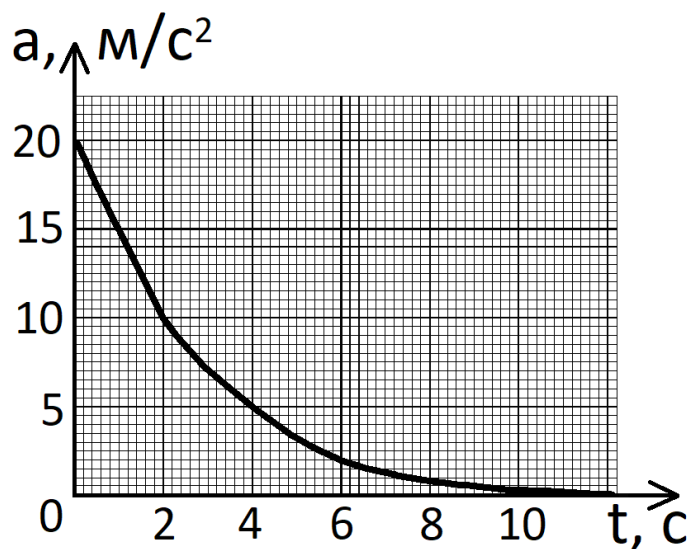
Скорость точки А, перпендикулярная стержню, по теореме Пифагора равна $(25 - 16)^{1/2} = 3$ м/с.

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 численной 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 скорость тела. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



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 скорость можно найти как площадь под кривой в диапазоне от 2 сек до 10 сек.

Ответ: $\approx 25 \text{ м/с}$.

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

**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/см³, плотность солёного льда $\rho_{сл} = 0,95$ г/см³, плотность пресной воды $\rho_в = 1$ г/см³. 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

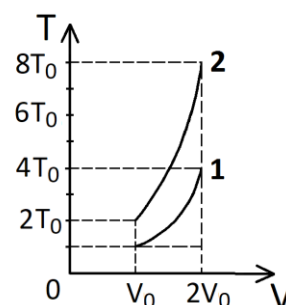
$$\Delta V = (V_1 - V_2) \quad (4)$$

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 ΔV	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

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

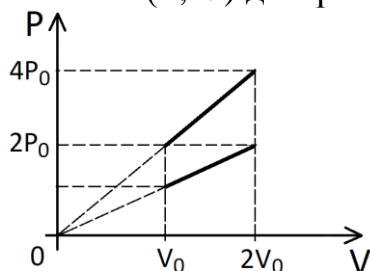
где k – коэффициент пропорциональности.

Из уравнения состояния идеального газа получаем зависимость давления от объёма:

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

которая имеет линейную зависимость от объёма.

Используя полученную зависимость, строим график зависимости давления от объёма 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 объёма	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)

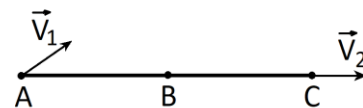
$$P_{\max} = r(E/2r)^2$$

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.

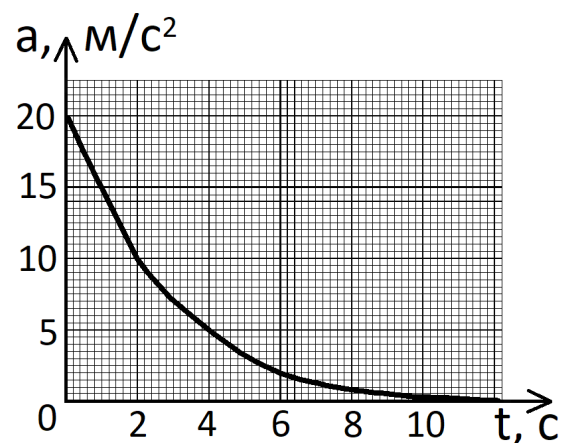
Скорость точки А, перпендикулярная стержню, по теореме Пифагора равна $(25 - 16)^{1/2} = 3$ м/с.

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/с².



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: ≈ 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