Олимпиада по физике. 2020. Муниципальный этап

7 класс

Задача 1

Гарри Поттер на уроке по зелью-варенью получил задание приготовить усыпляющий отвар. Рецепт гласил следующее: «Для приготовления 500 мл усыпляющего зелья надо взять 1 литр чистой родниковой воды (10-12^{o}С); 35 граммов сухих листьев валерианы; 20 миллилитров слизи флоббер-червя; 15 граммов цветов лаванды; 5 миллилитров сока мака; 30 граммов порошка из сушенных листьев дуба. Сложите все в котёл, нагрейте 20 секунд на среднем огне, взмахните 1 раз волшебной палочкой; оставьте зелье настаиваться 2-3 часа (в зависимости от котла); процедите и у вас получится 500 мл чистого настоя». Известно, что 1 глоток (18 мл) зелья равен 1 часу сна. Переведите рецепт в английскую систему мер и весов, пользуясь таблицей. Рассчитайте, сколько проспит магл, если выпьет 4 унции и 2 драхмы зелья, сколько глотков ему при этом надо сделать? *Примечание:* меры делить нельзя! Они могут быть только целыми.

Меры веса (масса)					Фунт
				Унция	12
			Драхма	8	96
		Скрупул	3	24	288
	Гран	20	60	480	5760
Метрическая система	0,06479891 г	1,296 г	3,88793 г	31,1035 г	373,242 г
Меры для жидкостей					Галлон
				Унция жидкая	160
			Драхма жидкая	8	1,280
		Скрупул жидк.	3	24	3,840
	Миним	20	60	480	76,800
Метрическая система	0,059 мл	1,184 мл	3,55163 мл	28,413 мл	4,546 л

Возможное решение

Метрическая система	Английская систему мер и весов	
1 л=1000 мл воды	35*28,413 мл+1*3,55163 мл+1*1,184 мл+14*0,059 мл	35 Унций жидких +1 Драхма жидкая +1 Скрупул жидк +14 Миним
35 г сухих листьев валерианы	31,1035 г+3,88793 г	1Унция+1 Драхма
20 мл слизи флоббер-червя	5*3,55163 мл+1*1,184 мл+18*0,059 мл	5 Драхм жидких +1 Скрупул жидк +18 Миним
15 г цветов лаванды	3*3,88793 г+2*1,296 г+12*0,06479891 г	3 Драхм +2 Скрупул +12 Гран
5 мл сока мака	3,55163 мл+1*1,184 мл + 5*0,059 мл	1 Драхма жидкая +1 Скрупул жидк +5 Миним

30 г порошка из сушенных листьев дуба	7*3,88793 г+2*1,296 г+3*0,06479891 г	7 Драхм +2 Скрупул +3 Гран

$$4 \text{ унции и } 2 \text{ драхмы } = 4 * 28{,}413 \text{ мл} + 2 * 3{,}55163 \text{ мл} = 124{,}3 \text{ мл} = 6{,}9 \approx 7 \text{ глотков}$$

1 глоток (18 мл) зелья равен 1 часу, следовательно, 6,9 глотков = 6 часов 54 минуты

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
6	Перевод ингредиентов рецепта в английскую систему мер и весов (по 1 баллу за каждый элемент рецепта)
2	Найдено количество глотков
2	Найдено время сна

Задача 2

Пчелка Майя очень любит собирать мед на экспериментальном клеверном поле, где клевер сеют полосами шириной 60 см (между полосами расстояние 20 см). Пчелка летит всегда перпендикулярно полоскам. Её скорость – 6 м/с. За одну минуту она делает 24000 взмахов крыльями. Придумайте, в каких единицах измерения пчелка может выразить свою скорость, так как ни метров, ни секунд она не знает. Переведите скорость пчелки из м/с в удобную для неё систему единиц.

Возможное решение

Скорость может быть измерена в полосках на один взмах. **(2 балла)**

В одном метре будет 1/0,8 полоски. **(2 балла)**

В одной секунде будет 400 взмахов. **(2 балла)**

Тогда 1 м/с будет равен 1/320 полосок/взмах. **(2 балла)**

Скорость, равная 6 м/с, будет давать скорость в единицах измерения пчелки 0,01875 полосок/взмах. **(2 балла)**

Примечание. Возможны другие единицы измерения. Вводить дополнительные данные нежелательно.

Задача 3

На рис. 2 схематично изображён профиль кузова хоппера – железнодорожного вагона, служащего для перевозки сыпучих грузов. Длина и высота вагона обозначены на рисунке, а ширина везде одинакова и равна 3 м. В такой вагон засыпали 28 тонн зерна. Найдите высоту уровня зерна в вагоне. Сколько ещё тонн зерна поместится в вагон, если во время движения вагон должен быть закрыт сверху? Один кубический метр зерна, засыпанного в вагон, имеет массу 800 кг.

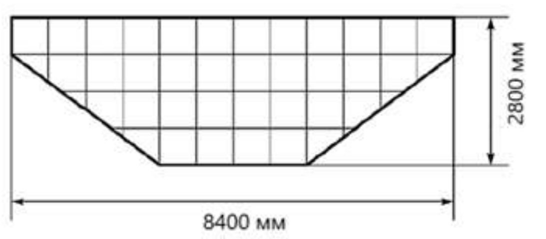


Рис. К задаче 3

Возможное решение

Найдём объём засыпанного в вагон зерна:

$$V_1 = \frac{28000 \text{ кг}}{800 \ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = 35 \text{ м}^3 \qquad (1)$$

Зная длину и высоту вагона, находим, что каждая сторона одной клеточки на рисунке соответствует 0,7 м. Значит, объём, приходящийся на одну клетку:

$$V_0 = 0{,}7\text{ м} \cdot 0{,}7\text{м} \cdot 3\text{ м} = 1{,}47\text{ м}^3 \qquad (2)$$

Засыпанное в вагон зерно займёт

$$\frac{V_1}{V_0} \approx 24\text{ клетки} \qquad (3)$$

Посчитав клетки на рисунке, находим, что высота уровня засыпанного зерна равна 2,1 м. Остаётся ещё 12 клеток, то есть объём, достаточный для дополнительного засыпания «под крышку»:

$$12 \cdot 1{,}47\text{ м}^3 \cdot 800\ \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \approx 14\text{ т} \qquad (2)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Найден размер сторон одной клетки на чертеже
2	Найден объём засыпанного в вагон зерна
3	Найден уровень засыпанного зерна
3	Найдено, сколько ещё тонн зерна поместится в вагон

Задача 4

Маша и Медведь каждое утро бегают на речку умываться. Они выходят из дома одновременно и бегут по одной и той же тропинке. Скорость каждого из них постоянна, но Маша бежит в 3 раза быстрее Медведя, зато моется в 2 раза дольше, чем Медведь. Однажды Мишка, прибежав к речке, обнаружил, что не взял с собой полотенце. Он тут же побежал домой, схватил полотенце и прибежал к речке как раз в тот момент, когда Маша закончила умываться (бежал Медведь по той же тропинке и с той же скоростью, что и каждое утро). Кто обычно прибегает домой раньше – Медведь или Маша или они прибегают домой одновременно?

Возможное решение

Введем следующие обозначения: L – расстояние от дома до речки, $v -$ скорость Медведя, $\tau -$ время умывания Медведя. Тогда по условию задачи $3v -$ скорость Маши, $2\tau -$ время умывания Маши.

Рассмотрим случай, когда Мишка забыл полотенце, т.е. он сбегал до речки, вернулся за полотенцем и снова побежал на речку. Таким образом, он пробежал расстояние $3L$. Время движения Мишки:

$$t = \frac{3L}{v} \qquad (1).$$

За это же самое время Маша добежала до речки и умылась:

$$t = \frac{L}{3v} + 2\tau \qquad (2).$$

Отсюда, приравняв (1) и (2), найдем время τ:

$$\frac{3L}{v} = \frac{L}{3v} + 2\tau \quad \Rightarrow \quad \tau = \frac{4L}{3v} \qquad (3).$$

Теперь найдем обычное время движения Маши и Медведя.

$$t_{\text{Маша}} = \frac{2L}{3v} + 2\tau = \frac{2L}{3v} + \frac{8L}{3v} = \frac{10L}{3v} \qquad (4)$$

$$t_{\text{Медведь}} = \frac{2L}{v} + \tau = \frac{2L}{v} + \frac{4L}{3v} = \frac{10L}{3v} \qquad (5)$$

Следовательно, обычно Маша и Медведь прибегают домой после умывания одновременно.

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Найдено время движения Мишки (1)
3	Найдено время умывания Маши (3)
2	Найдено обычное время движения Маши
2	Найдено обычное время движения Медведя
1	Сделан вывод о том, что они прибегают одновременно

8 класс

Задача 1

В известном мультфильме мартышка, слон и попугай решили измерить длину удава. В результате в длину удава уложились три слона, либо семь мартышек, либо тридцати восемь попугаев. Результаты какого измерения были более точными и какова относительная погрешность такого измерения? Ответ поясните.

Возможное решение:

Более точный ответ дан в длинах попугая, поскольку абсолютная погрешность измерения не будет превышать половину длины попугая. Величину относительной погрешности можно оценить, разделив абсолютную погрешность измерения (приняв её за половину длины попугая) на длину удава, выраженную в длинах попугая. Таким образом, относительная погрешность измерения равна (1/(2·38)·100%=1,3%.

Рекомендуемые критерии оценки:

При ответе на вопрос 1: Указание, что в попугаях длина удава выражается более точно оценивать в 1 балл, если нет пояснения и 6 баллов, если такие пояснения есть.

При ответе на вопрос 2: За указание, что в этом случае абсолютная погрешность равна половине длины попугая поощрить добавлением 2 баллов (если это не указано, но при оценке относительной погрешности эта величина учитывается, то 2 балла всё равно добавлять).

Запись числового значения относительной погрешности равной 1,3%.или 1%, поощрить двумя баллами, но если дан ответ с тремя и более значащими цифрами, то снизить оценку на 1 балл, за неправильное понимание правил учёта и записи погрешностей.

Не следует снижать оценку в том случае, если учащийся принял за абсолютную погрешность измерения длину одного попугая. В этом случае числовое значение относительной погрешности будет равным 2,6%.или 3%. Если расчёты правильные, но относительная погрешность указана равной 2%, то оценку снизить на 1 балл за ошибку при округлении ответа.

Задача 2

У экспериментатора Глюка жила маленькая черепашка. Однажды Глюк решил измерить скорость черепашки. Так как под рукой у Глюка не было длинной линейки, он взял деревянную рейку и нанёс на нее отметки (штрихи) на равных расстояниях друг от друга и пронумеровал их. Отпустив черепашку рядом с нулевой отметкой, он стал наблюдать за ее движением вдоль линейки. Каждый раз после прохождения двух делений она совершала остановку на полторы секунды и затем меняла свою скорость так, как показано на рисунке.

Определите цену деления линейки, если средняя скорость движения черепашки от нулевой до девятой отметки составила 1,2 см/с. Ответ выразите в см, округлив до десятых.

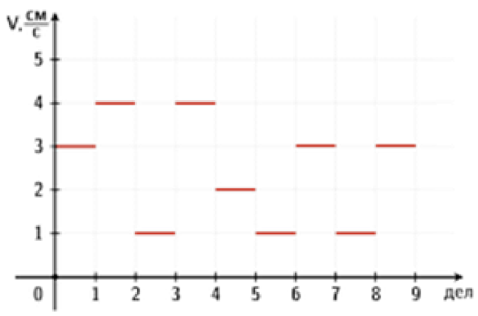


Рис. К задаче 2

Возможное решение

$$V_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{весь}}}{t_{\text{все}}}$$

Обозначим цену деления линейки S_1. Тогда:

$$V_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{весь}}}{\left(\frac{S_1}{V_1} + \frac{S_1}{V_1} + t \text{ ост} \ldots.\right)} \qquad (1)$$

Подставив значения в формулу и учитывая, что $S_1 = S_2 = \cdots = S_9$, получаем:

$$1{,}2 = \frac{9S}{\left(\frac{S}{3} + \frac{S}{4} + 1{,}5 + \frac{S}{1} + \frac{S}{4} + 1{,}5 + \frac{S}{2} + \frac{S}{1} + 1{,}5 + \frac{S}{3} + \frac{S}{1} + 1{,}5 + \frac{S}{3}\right)} \quad (2)$$

$$1{,}2 = \frac{9S}{\left(6 + \frac{60S}{12}\right)} \qquad (3)$$

Решив уравнение, имеем $S = 2{,}4$ см

Ответ: $S = 2{,}4$ см

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Записано выражение для средней скорости с условием остановок (1)
4	Найдено время движения на каждом участке и записано выражение (2)
2	Получено выражение (3)
2	Найдено численное значение

Задача 3

Князь Киевский решил себе справить новую золотую корону. Мастера определили, что потребуется 3 кг золота. Не долго думая, князь отправил 3-х богатырей к Морскому царю, за которым числился как раз долг за утопленные корабли. Морской царь согласился заплатить золотом, но предложил провести процедуру взвешивания под водой на пружинных равноплечих весах с помощью серебряной гири. Весы и гири привезли с собой в подводный мир богатыри. Сколько золота на самом деле получат богатыри, и кто кого обманул? Плотность золота $\rho_з = 19{,}32$ г/см^3, плотность серебра $\rho_г = 10{,}5$ г/см^3, плотность воды $\rho_в = 1$ г/см^3

Возможное решение

Обозначим $m_з$ – массу золота, $V_з$ – его объем, $m_г$ – масса серебряной гири (3 кг), $V_г$ – ее объем , l –плечо рычага. При взвешивании в воде на тела действует дополнительно сила Архимеда, причем на бóльший объем бóльшая сила Архимеда. Тогда при взвешивании в воде получим:

$$(m_з g - \rho_в g V_з) l = (m_г g - \rho_в g V_г) l \qquad (1)$$

или

$$m_з - \rho_в V_з = m_г - \rho_в V_г \qquad (2)$$

$$m_з - \rho_в \frac{m_з}{\rho_з} = m_г - \rho_в \frac{m_г}{\rho_г} \qquad (3)$$

$$m_з \left(1 - \frac{\rho_в}{\rho_з}\right) = m_г \left(1 - \frac{\rho_в}{\rho_г}\right) \qquad (4)$$

$$m_з = \frac{m_г \left(1 - \frac{\rho_в}{\rho_г}\right)}{1 - \frac{\rho_в}{\rho_з}} \qquad (5)$$

$$m_з = \frac{3\text{ кг}\left(1 - \frac{1}{10{,}5}\right)}{1 - \frac{1}{19{,}32}} = \frac{3\text{ кг} \cdot 9{,}5 \cdot 19{,}32}{10{,}5 \cdot 18{,}32} = 2{,}86\text{ кг} \quad (6)$$

Таким образом, Морской царь обманул богатырей, заплатив меньшим количеством золота. Надо учить физику!

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения
2	Записаны силы, действующие на рычаг в воде (1)
2	Выражены объемы тел в условие равновесия рычага (3)
4	Сделаны правильные преобразования (4-5)
2	Получен правильный ответ и дан ответ на вопрос

Задача 4

Экспериментатор Глюк изучал условия плавания льдин. Для этого он на середину плоской льдины толщиной $H = 60$ см, плавающей в воде, ставил маленький медный кубик, в результате чего глубина погружения льдины увеличилась на $\Delta h = 0{,}5$ см. Чему станет равна глубина $H_п$ погружения этой льдины, если на её середину вместо медного кубика поставить железный кубик с вдвое большей стороной? Утонет ли при этом льдина? Плотность льда $\rho_л = 900\text{ кг/м}^3$, плотность воды $\rho_в = 1000\text{ кг/м}^3$, плотность меди $\rho_м = 8900\text{ кг/м}^3$, плотность железа $\rho_ж = 7800\text{ кг/м}^3$.

Возможное решение

В отсутствие кубиков сила тяжести, действующая на льдину, уравновешивается силой Архимеда:

$$m_л g = \rho_в g V_{погр} \quad (1)$$

$$\rho_л g SH = \rho_в g S(H - h), \quad (2)$$

где S – площадь льдины, $h -$ высота выступающей части льдины над водой. Тогда

$$h = H/10 = 6\text{ см} \quad (3).$$

Сила тяжести, действующая на кубик, уравновешивается добавочной силой Архимеда:

$$(m_л + m_к)g = \rho_в g V_{погр}, \quad V_{погр} = S(H - h_1), \quad h_1 = h - \Delta h \quad (4)$$

$$m_л g + m_к g = \rho_в gS(H - h) + \rho_в gS\Delta h \quad (5)$$

Так как $m_л g = \rho_в gS(H - h)$, то условие равновесия можно записать только для добавочных сил:

$$m_к g = \rho_в gS\Delta h \quad (6)$$

Для медного кубика:

$$\rho_м g a^3 = \rho_в gS\Delta h \quad (7)$$

Для железного кубика:

$$\rho_ж g (2a)^3 = \rho_в gS\Delta H, \quad (8)$$

где Δh и ΔH – соответственно добавочная глубина погружения льдины с медным и железным кубиком. Разделив уравнение (8) на (7), получим:

$$\Delta H = \Delta h \frac{8\rho_ж}{\rho_м} \approx 3{,}5\text{ см} \quad (9)$$

Отсюда $$H_п = (H - h) + \Delta H = 57{,}5\text{ см} \quad (10).$$

Это значение меньше толщины льдины, следовательно, она не утонет.

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения

1	Записано условие плавания льдины без кубиков (2)
1	Найдена высота выступающей части h (или глубина погружения) (3)
1	Записано общее условие равновесия для плавания с кубиком (6)
2	Записаны условие равновесия для плавания с кубиками (7), (8) (по 1 баллу)
1	Правильно определено отношение масс кубиков
1	Получено выражение для добавочной глубины погружения ΔH льдины с железным кубиком (9)
2	Получено численное значение для новой глубины погружения льдины (10)
1	Сделан вывод, что льдина не утонет

9 класс

Задача 1

Экспериментатор Глюк проводил исследование нагревания и плавления некоторого сплава металлов с помощью установки, показанной на рис. 1. Исследуемый сплав в кварцевом тигле помещается в печь с электрическим нагревателем. Сила тока в печи регистрируется амперметром (показания в Амперах) и устанавливается лабораторным автотрансформатором (ЛАТР). В качестве датчика температуры используется термопара в кварцевом чехле, погруженная в металл.

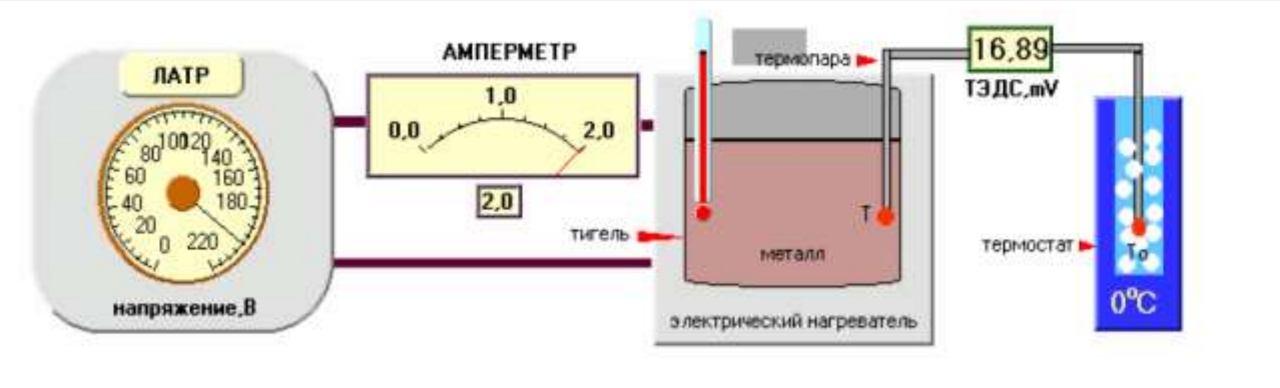
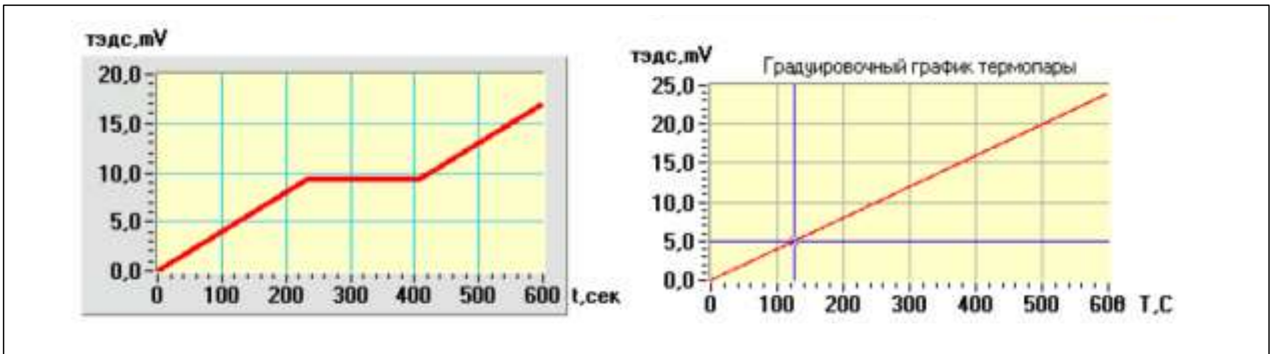


Рис. 1. Схема установки

Действие термопары основано на том, что в спае двух проводов из разного металла возникает термоЭДС, зависящая от температуры. Зная термоЭДС, можно определить температуру исследуемого металла.

На рисунке 2 представлены график зависимости термоЭДС от времени нагревания и градуировочный график для определения температуры.



а) график зависимости ТЭДС от времени *б) градуировочный график*

Рис. 2.

Считая, что вся подведенная мощность электрического тока идет на нагревание сплава (тепловыми потерями пренебрегаем), по данным приборов и экспериментальным графикам найдите удельную теплоемкость сплава (в жидком и твердом состояниях) и его удельную теплоту плавления. Масса металла 1 кг.

Возможное решение

Найдем показания приборов: $U = 200$ В, $I = 2$ А (1)

Найдем подводимую мощность к сплаву:

$$P = I \cdot U = 200\text{В} \cdot 2\text{А} = 400\text{Вт} \quad (2)$$

Определим временные интервалы и соответствующие им тепловые процессы:

$t_1 = 0 \div 240$ с – нагревание твердого металла от 0°C до 240°C (3)

От 240 до 420 с – плавление металла при 240°C (4)

От 420 до 600 с – нагревание жидкого металла 240°C до 420°C (5)

Найдем количество теплоты, подведенное при каждом процессе:

$$Q_1 = P \cdot t_1 = 400\text{Вт} \cdot 240\text{с} = 96\ \text{кДж} \qquad (6)$$

$$Q_2 = P \cdot t_2 = 400\text{Вт} \cdot 180\text{с} = 72\text{кДж} \qquad (7)$$

$$Q_3 = P \cdot t_3 = 400\text{Вт} \cdot 180\text{с} = 72\text{кДж} \qquad (8)$$

Найдем удельную теплоемкость сплава в твердом и жидком состояниях соответственно:

$$C_1 = \frac{Q_1}{m\Delta T_1} = \frac{96\,000\text{Дж}}{1\ \text{кг} \cdot (240°\text{C} - 0°\text{C})} = 400\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot °\text{C}} \qquad (9а)$$

$$C_2 = \frac{Q_3}{m\Delta T_2} = \frac{72\,000\text{Дж}}{1\ \text{кг} \cdot (420°\text{C} - 240°\text{C})} = 533\ \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot °\text{C}} \qquad (9б)$$

Найдем удельную теплоту плавления сплава:

$$\lambda = \frac{Q_2}{m} = \frac{72\,000\text{Дж}}{1\ \text{кг}} = 72\ \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} \qquad (10)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
1	Сняты показания с приборов (1)
1	Найдена подводимая мощность к сплаву (2)
3	Определены временные интервалы и соответствующие им тепловые процессы (3)-(5) (по 1 баллу за каждый процесс)
3	Найдено количество теплоты, подведенное при каждом процессе (6-8) (по 1 баллу за каждый процесс)
2	Получены численные значение (9-10)

Задача 2

Волк, совершая «морскую прогулку» на катере вдоль реки, заметил на противоположном берегу гуляющего Зайца. Когда Волк поравнялся с Зайцем, расстояние между ними было $L = 60$ м. В этот момент они находились точно напротив друг друга и двигались в одну сторону. Заяц идет со скоростью $V_1 = 2$ м/с вдоль берега реки по течению, максимальная скорость катера относительно воды $V_2 = 13$м/с. Как должен плыть катер Волка, чтобы встреча с зайцем произошла неожиданно на берегу. Какое время при этом затратит Волк на движение? Скорость течения $u = 7$м/с.

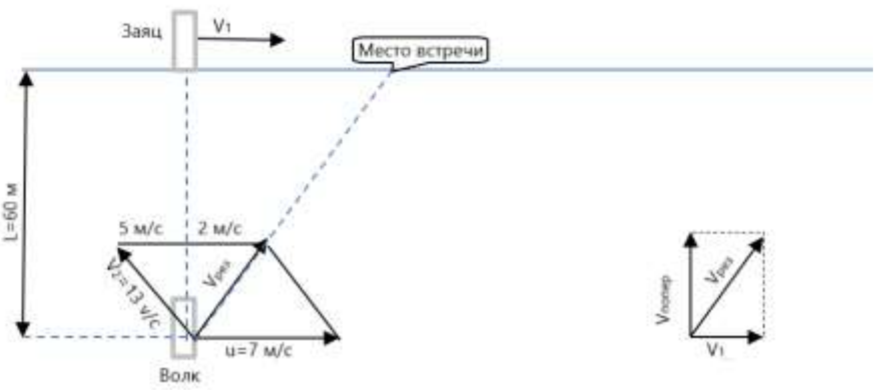
Возможное решение

Заметим, что оба должны двигаться с одинаковой скоростью вдоль реки, потому что они начали движение одновременно из позиции "точно напротив друг друга" и закончат путь в одной точке. Эта скорость движения не превышает скорость Зайца:

$$V_1 = 2\text{м/с} \qquad (1)$$

Чтобы катер спускался по течению со скоростью 2 м/с, он должен преодолеть течение $u = 7$ м/с, т.е. плыть против течения, а чтобы пристать к берегу Волку необходимо еще и направлять лодку под углом к течению. Разложим движение катера на продольное вдоль берега и поперечное, перпендикулярное берегу. Продольная составляющая вектора скорости катера равна:

$$V_{\text{продол}} = V_1 - u = -5\text{м/с} \qquad (2)$$



Тогда максимальная скорость катера относительно воды $V_2 = 13\text{м/с}$ - это гипотенуза треугольника из 2-х проекций скоростей катера вдоль и поперёк течения:

$$V_{\text{попер}} = \sqrt{V_2^2 - V_{\text{продол}}^2} = \sqrt{(13\text{м/с})^2 - (5\text{м/с})^2} = 12\text{м/с} \qquad (3)$$

С такой скоростью катер переправится через реку за время

$$t = \frac{L}{V_{\text{попер}}} = \frac{60\text{ м}}{12\text{м/с}} = 5\text{с} \qquad (4)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Обосновано равенство скоростей Зайца и Волка относительно берега (1)
2	Обосновано направление движения катера против течения и под углом
2	Найдена продольная скорость катера (2)
2	Найдена поперечная скорость катера (3)
2	Получено выражение для времени движения катера (4)

Задача 3

На рис. 3 изображён легкий горизонтальный жёсткий стержень длиной $3a$, к которому на расстояниях a и $2a$ от одного из концов прикреплены вертикальные нити, перекинутые через блоки. К противоположным концам нитей прикреплены грузы массами m_1 и m_2. К концам стержня прикреплены грузы массами m_3 и m_4. Известно, что m_1= 1 кг и m_3 = 2 кг. Какими должны быть массы m_2 и m_4, чтобы система находилась в равновесии?

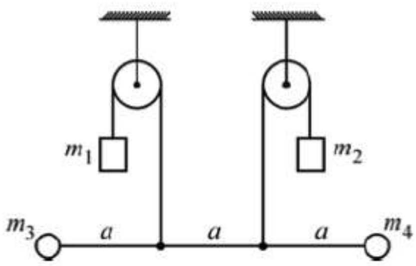


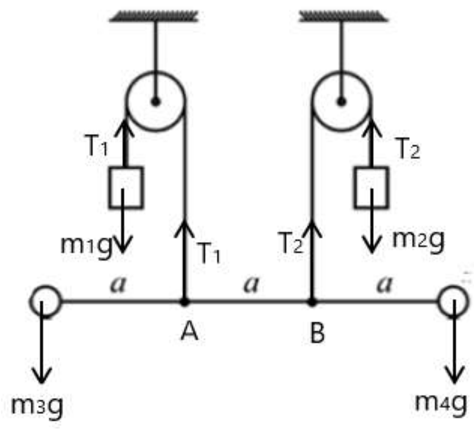
Рис. 3. К задаче 3

Возможное решение

Расставим все силы и запишем условие равновесия:

$m_1 g = T_1$, $\quad m_2 g = T_2$, $\quad m_3 g + m_4 g = T_1 + T_2 \quad (1)$

или $\quad m_3 + m_4 = m_1 + m_2 \quad (2)$



Рассмотрим моменты сил относительно точки А:

$$m_3 g a + T_2 a = m_4 g \cdot 2a \qquad (3)$$

С учетом (1) получаем:

$$m_3 + m_2 = 2m_4 \qquad (4)$$

Подставим $m_2 = 2m_4 - m_3$ в уравнение (2):

$$m_3 + m_4 = m_1 + 2m_4 - m_3 \qquad (5)$$

$$m_4 = 2m_3 - m_1 \qquad (6)$$
$$m_2 = 3m_3 - 2m_1 \qquad (7)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Сделан рисунок, расставлены все силы
2	Записано условие равновесия через силы (1)
2	Записано условие равенства моментов относительно какой-либо точки. В данном решении моменты сил относительно точки А (3)
2	Получено выражение для массы (6)
2	Получено выражение для массы (7)

Задача 4

Электрическая цепь, схема которой показана на рис. 4, собрана из двух одинаковых амперметров и двух одинаковых вольтметров. Выводы А и В цепи подключены к источнику тока. Показания приборов: $I_2 = 60$ мА, $I_1 = 50$ мА, $U_2 = 10$ В, $U_1 = 9{,}9$ В. Найдите сопротивления вольтметра и амперметра, а также сопротивление резистора R.

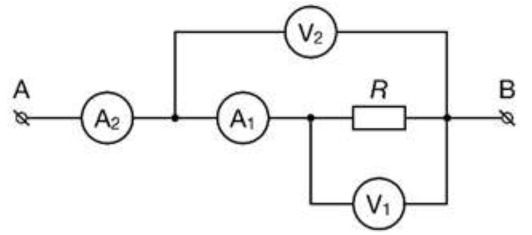
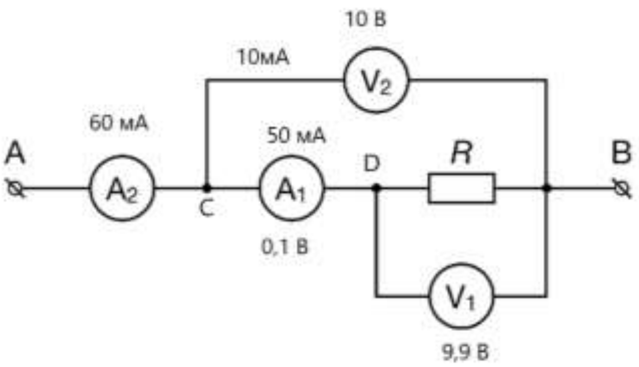


Рис. 4. К задаче 4

Возможное решение

Изобразим на рисунке известные токи и напряжения :



Найдем напряжение на амперметре и его сопротивление:

$$U_A = U_{CD} = 10\text{ В} - 9{,}9\text{ В} = 0{,}1\text{ В} \qquad (1).$$

$$R_A = \frac{U_A}{I_1} = \frac{0{,}1\text{ В}}{50 \cdot 10^{-3} A} = 2\text{ Ом} \qquad (2).$$

Найдем силу тока через вольтметр V_2:

$$I_{V2} = I_2 - I_1 = 60\text{ мА} - 50\text{ мА} = 10\text{мА} \qquad (3).$$

Найдем сопротивление вольтметра:

$$R_V = \frac{U_2}{I_3} = \frac{10\text{ В}}{10 \cdot 10^{-3} A} = 1000\text{ Ом} = 1\text{ кОм} \qquad (4).$$

Найдем силу тока через вольтметр V_1:

$$I_{V1} = \frac{U_1}{R_V} = \frac{9{,}9\text{ В}}{10^3\text{Ом}} = 9{,}9 \cdot 10^{-3} A = 9{,}9\text{ мА} \qquad (5).$$

Найдем силу тока через резистор R и его сопротивление:

$$I_R = I_1 - I_{V1} = 50 \text{ мА} - 9{,}9 \text{ мА} = 40{,}1\text{мА} \qquad (6).$$

$$R = \frac{U}{I_R} = \frac{9{,}9 \text{ В}}{40{,}1 \cdot 10^{-3} A} = 247 \text{ Ом} \qquad (7)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
3	Найдено сопротивление амперметра (2), его численное значение
3	Найдено сопротивление вольтметра (4), его численное значение
4	Найдено сопротивление резистора (4), его численное значение

10 класс

Задача 1

Матроскин и Шарик из Простоквашино поспорили, кто может кинуть снежок с большей скоростью. Дядя Федор стал судьей в этом споре. Для измерения скорости полёта снежка решили кидать их с высокой горки в горизонтальном направлении и по дальности полёта определять среднюю скорость снежка сразу после броска. Для обеспечения горизонтальности броска Дядя Федор предложил бросающему стоять возле одного края площадки на горке, а на другом краю установить небольшое кольцо на уровне кисти руки в момент бросания. Засчитывались только те броски, когда снежок пролетал через это кольцо. Дядя Федор измерял дальность полёта только тех снежков, которые пролетали через кольцо. После того, как у каждого бросающего накопилось по 10 засчитанных бросков, результаты были занесены в таблицу.

Таблица дальности полёта снежков

Имя	результаты (дальность полёта) см									
Матроскин	510	512	494	506	512	516	508	510	512	500
Шарик	496	518	500	504	502	500	498	502	500	510

Дальность полёта определялась с точностью до 1 см. Высота середины кольца на горке относительно земной поверхности оказалась равной 240 см, с точностью до 1 мм. Сопротивлением воздуха было решено пренебречь. Помогите Дяде Федору ответить на следующие вопросы:

Какова средняя дальность полёта тех снежков, которые бросал Матроскин?

Какова средняя дальность полёта тех снежков, которые бросал Шарик?

Можно ли утверждать, что один из спорщиков бросает дальше другого? Ответ поясните.

Какова (приблизительно) средняя скорость полёта снежков, бросаемых Матроскиным?

Какова (приблизительно) средняя скорость полёта снежков, бросаемых Шариком?

Кто выиграл спор?

Возможное решение

Среднее арифметическое значение дальности полёта снежков Матроскина равно 508 см, а снежков Шарика 503.

Таблица дальности полёта снежков

имя	результаты (дальность полёта) см										$L_{ср}$
Матроскин	510	512	494	506	512	516	508	510	512	500	508
Шарик	496	518	500	504	502	500	498	502	500	510	503

Однако утверждать, что Матроскин бросает дальше Шарика нельзя, поскольку погрешности разброса значений дальности полёта для снежков (вычисленные методом среднего арифметического) у Матроскина составляет 4,8 см = 5 см, а у Шарика 4,6 см = 5 см. (см таблицу границ погрешности разброса каждого результата).

Таблица границ погрешности разброса каждого результата

имя спортсмена	погрешность каждого результата бросков на дальность полёта, см									$\Delta L_{ср}$
Матроскин	2	4	14	2	4	8	0	2	4	8	5

Шарик	7	15	3	1	1	3	5	1	3	7	5

Значит, можно утверждать, что средняя дальность полёта снежков Матроскина находится в интервале от 503 см до 513 см, а снежков Шарика – от 498 до 508 см. Таким образом, интервалы допустимых значений дальности полёта снежков перекрываются, поэтому нельзя утверждать, что один из братьев в среднем кидает снежки дальше другого. Среднюю скорость полёта снежка можно вычислить по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{L_{\text{ср}}}{t} \qquad (1)$$

При этом время полёта можно вычислить по формуле:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}, \qquad \text{где} \quad h = 240 \text{ см} = 2{,}4\text{м} \qquad (2)$$

Итоговая формула для расчёта скорости имеет вид:

$$v_{\text{ср}} = L_{\text{ср}}\sqrt{\frac{g}{2h}} \qquad (3)$$

Подставив значения высоты горки, ускорения свободного падения и средней дальности полёта получаем приблизительные значения средней скорости полёта снежков Матроскина и Шарика соответственно: 7,3 м/с и 7,2 м/с (7,26 м/с и 7,19 м/с).

Поскольку время движения шариков одинаковое и интервалы допустимых значений дальности полёта снежков перекрываются, то и скорости бросков практически одинаковые. Поэтому победила «дружба».

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
1	Найдена средняя дальность полёта снежков Матроскина
1	Найдена средняя дальность полёта снежков Шарика
2 или 1 или 0	Обосновано утверждение, что Матроскин бросает дальше Шарика нельзя Если учащийся посчитал, что поскольку один из результатов, показанных Шарик, превышает любой из результатов Матроскин, то можно утверждать, что Шарик бросает дальше Матроскин, то за этот ответ начислять 1 балл. Если при сравнении дальности полёта снежков не учитывается погрешность, то за этот вид задания очков **не начислять**.
4 или 3	Найдена средняя скорость (1)-(3) Если числовые значения средних скоростей записаны с 4 и более цифрами, за ответ на этот вопрос ставить **не более 3 баллов**.
2 1	Победила «дружба». Победил один из спорщиков.

Задача 2

Для поддержания в доме постоянной температуры $T = +20\ ℃$ в печку всё время подкладывают дрова. При похолодании температура воздуха на улице понижается на $\Delta t = 15\ ℃$, и для поддержания в доме прежней температуры приходится подкладывать дрова в 1,5 раза чаще. Определите температуру воздуха на улице при похолодании. Какая температура установилась бы в доме, если бы дрова подкладывали с прежней частотой? Считайте, что мощность передачи теплоты от комнаты к улице (тепловые потери) пропорциональна разности их температур $P_{\text{потерь}} = \alpha\Delta T$.

Возможное решение

При постоянстве температуры в доме тепловая мощность P, поступающая за счёт сжигания дров, равна мощности тепловых потерь:

$$P = P_{\text{потерь}} \quad \text{при} \quad t = const \qquad (1)$$

Пусть температура воздуха на улице до похолодания была равна t, тогда мощность тепловых потерь равна:

$$P_{\text{потерь}} = \alpha(T - t) \qquad (2)$$

где α – некоторый постоянный коэффициент пропорциональности.

С учетом (1) можно записать условие равенства мощностей до похолодания:

$$P = \alpha(T - t) \qquad (3)$$

После похолодания установится новая температура на улице $t_1 = t - \Delta t$ и равенство мощностей сгорания дров (которая увеличится в 1,5 раза, т.к. дрова подкладывают в 1,5 раза чаще) и тепловых потерь можно записать:

$$1{,}5P = \alpha\big(T - (t - \Delta t)\big) \ , \qquad (4)$$

Поделив уравнение (4) на (3) , получим:

$$1{,}5 = \frac{T - (t - \Delta t)}{T - t} \qquad (5)$$

Откуда находим $t = -5℃$

Если бы дрова подкладывали с прежней частотой, то в комнате установится новая температура T' и уравнение (3) будет выглядеть следующим образом:

$$P = \alpha\big(T' - (t - \Delta t)\big) \ , \qquad (6)$$

Тогда приравнивая (3) и (6), получаем:

$$\alpha(T - t) = \alpha\big(T' - (t - \Delta t)\big) \qquad (7)$$

Откуда получаем:

$$T' = \frac{3}{2}T + \frac{1}{3}(t - \Delta t) = T - \Delta t = 5℃ \qquad (8)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
1	Записано условие равенства мощностей (1)
2	Записано условие равенства мощностей до похолодания (3)
3	Записано условие равенства мощностей после похолодания (4)
3	Записано условие равенства мощностей (7)
1	Получен численный ответ (8)

Задача 3

Определите общее сопротивление цепи, схема которой указана на рисунке. Сопротивления всех резисторов одинаковы и равны R=1 кОм. В центре квадрата провода контакта не имеют.

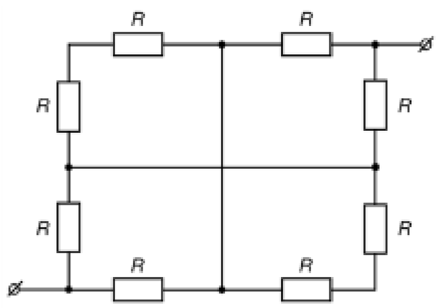


Рис. 1. К задаче 3

Возможное решение

Для начала пронумеруем узлы и точки подключения источника питания (рис. 1.1). Точки 1 и 3, 2 и 4 можно соединить (рис.1.2). Получилась симметричная схема, которую можно упростить. Из рис.1.3, видно, что через резисторы между точками 1,3 и 2,4 ток не течет, поэтому их можно

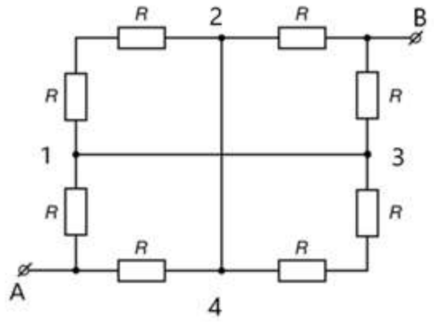


Рис. 1. 1

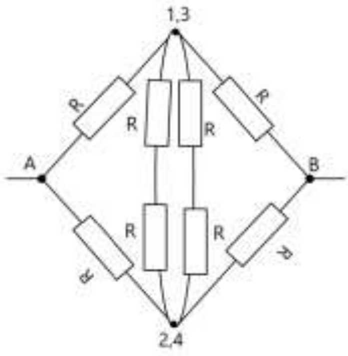


Рис. 1.2

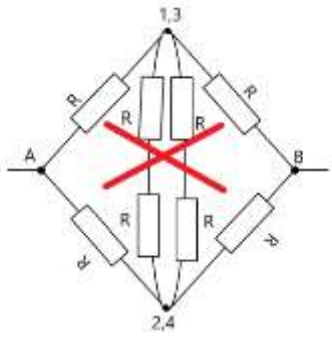


Рис. 1. 3

изъять из схемы, распределение токов и напряжений при этом не изменится. После упрощения получаем параллельное соединение 2-х ветвей по 2R (рис.1.4). Окончательно получаем общее сопротивление $R_0 = 2R/2 = R = 1$ кОм

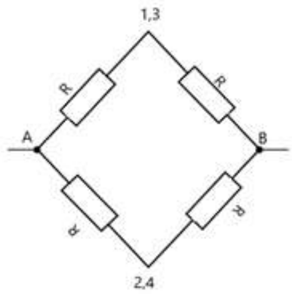
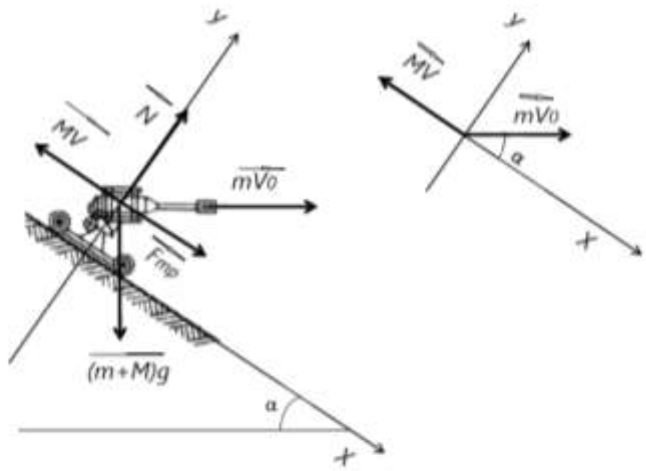


Рис. 1. 4

Задача 4

На горе с уклоном α находится орудие с массой M. Производится выстрел снарядом массой m со скоростью V_0(относительно земли) в горизонтальном направлении в сторону противоположную склону. Определите скорость отдачи орудия в момент выстрела, если коэффициент трения между орудием и поверхностью горы равен μ. Считайте, что время выстрела достаточно мало. Сделайте рисунок.



Возможное решение

Система не замкнутая. В начальный момент система покоится. Изменения импульса системы определяется внешними силами тяжести, реакции поверхности склона, трения. Второй закон Ньютоны в векторном виде:

$$\overrightarrow{mV_0} + \overrightarrow{MV} = \left[\overrightarrow{(M+m)g} + \overrightarrow{F_{\text{ТР}}} + \vec{N}\right] \cdot \Delta t \quad (1)$$

Введем систему координат (рис): ось ОХ – вниз по склону, ось ОУ – перпендикулярна склону. В проекциях на координатные оси уравнение (1) выглядит следующим образом:

$$mV_0 \cos\alpha - MV = [F_{\text{ТР}} + (M+m)g \cdot \sin\alpha] \cdot \Delta t \qquad (2)$$

$$mV_0 \sin\alpha \ = [N-(M+m)g\cdot\cos\alpha]\cdot\Delta t \qquad (3)$$

$$F_{\text{ТР}} = \mu N \qquad (4)$$

Исключая из этих уравнений N получим:

$$MV = mV_0(\cos\alpha-\mu\sin\alpha\,)-(M+m)g\cdot\Delta t(\mu\cos\alpha+\sin\alpha) \qquad (5)$$

и учитывая, что Δt −мало

$$V=\frac{m}{M}(cosa-\mu\ sina)V_0 \qquad (6)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Выполнен рисунок (правильно расставлены векторы сил)
2	Получено выражение (2)
2	Получено выражение (3)
2	Получено выражение для скорости без учета предположения о малости времени выстрела (5)
2	Получен ответ с учетом предположения о малости времени выстрела (6)

Задача 5

Система состоит из однородного рычага, однородной рейки и груза массой $m = 0{,}6$ кг, соединённых лёгкими нитями, переброшенными через невесомые блоки. При какой массе М рычага возможно равновесие системы? Трения в системе нет. Участки нитей, не лежащие на блоках, вертикальны.

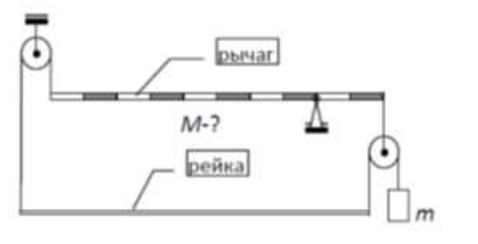
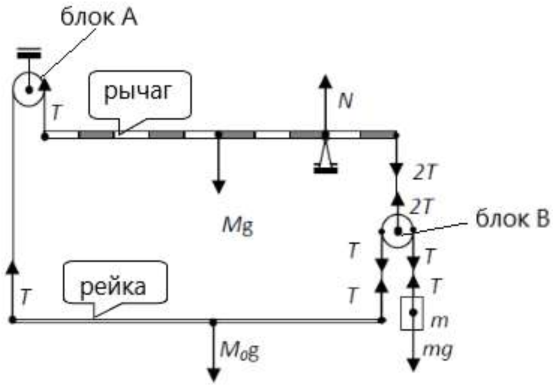


Рис. 2. К задаче 5

Возможное решение

Изобразим на рисунке силы, действующие на отдельные элементы системы. Из правила моментов для рейки, записанного относительно её центра, следует, что силы натяжения действующих на неё нитей одинаковы:

$$T_1 l_1 = T_2 l_2\ ,\qquad l_1 = l_2\ \Rightarrow\ T_1 = T_2 = T \qquad (1).$$



Из условия равновесия невесомого подвижного блока В можно найти силу натяжения нити, действующую на правый конец рычага:

$$T_3 = 2T \qquad (2).$$

Условие равновесия груза m:

$$T = mg \qquad (3).$$

Тогда из правила моментов для рычага, записанного относительно точки его опоры, получим:

$$T\cdot 8\text{дел} + 2T\cdot 2\text{дел} = Mg\cdot 3\text{дел} \quad (4)$$

Отсюда с учетом (3), получим:

$$Mg = 4T,\ \ Mg = 4mg\ \Rightarrow\ M = 4m = 2{,}4\text{ кг} \quad (5)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Обосновано равенство сил натяжения нитей, действующих на рейку (1)
1	Применено условие невесомости блока (2)
1	Применено условие равновесия груза (3)
3	Записано правило моментов для рычага (4)
2	Получено выражение для массы рычага (5)
1	Получен численный ответ для массы рычага

Олимпиада по физике. 2020. Муниципальный этап

11 класс

Задача 1

Два вертикальных цилиндра с сечениями S и 2S, соединенные снизу тонкой трубкой, заполнены одноатомным газом и закрыты сверху подвижными невесомыми поршнями, находящимися изначально на одинаковой высоте H от основания. Давление p_0 над поршнями атмосферное. Одновременно на оба поршня кладут кубики одинаковой массы m. В каком направлении сместятся поршни к тому моменту, когда система придет в новое равновесное состояние. Определите, на какие расстояния сместятся поршни. Температуру газа можно считать неизменной. Трение между стенками цилиндра и поршнем не учитывайте.

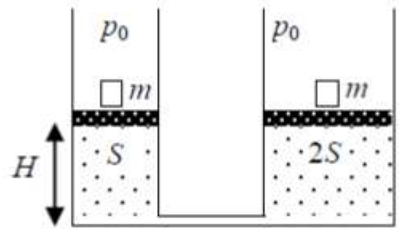


Рис. 1. К задаче 1

Возможное решение

Запишем давления под поршнями 1 и 2 сразу после установки на них грузов:

$$p_1 = p_0 + \frac{mg}{S} \quad \text{и} \quad p_2 = p_0 + \frac{mg}{2S} \qquad (1).$$

Так как сосуды сообщающиеся и $p_1 > p_2$, то поршни придут в движение для выравнивания давления, причем газ полностью перетечет из левого сосуда в правый. Поэтому смещение левого поршня равно:

$$h_1 = H \qquad (2).$$

Для определения смещения правого поршня запишем уравнение Менделеева-Клапейрона для начального и конечного состояний газа общим объемом

$$V = V_1 + V_1 = SH + 2SH = 3SH:$$

$$p_0 3SH = \left(p_0 + \frac{mg}{2S}\right) 2S(h_2 + H) \qquad (3).$$

Откуда

$$h_2 = H\frac{p_0 S - mg}{p_0 2S + mg} \qquad (4).$$

Из (4) видно, что правый поршень может, как подняться ($h_2 > 0$), так и опуститься ($h_2 < 0$) в зависимости от массы кубика. Для нормального атмосферного давления $p_0 = 10^5$ Па высота кубика сделанного даже из ртути должна составлять около метра. Но если атмосфера разрежена, то такой вариант возможен.

Заметим, что начальное состояние системы неустойчивое. Если на один из поршней положить малый перегрузок, то поршень опустится до основания цилиндра.

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
1	Найдено новое давление под поршнями (1)
2	Дано описание нового состояния равновесия
1	Найдено изменение высоты левого поршня (2)
2	Записано уравнение Менделеева-Клапейрона для газа
2	Найдено изменение высоты правого поршня
1	Проведен анализ возможных вариантов подъема/опускания поршня

Задача 2

В участке цепи, схема которого показана на рисунке, амперметр A_1 показывает ток 1 мА, а вольтметр V_1– напряжение 2 В. Сопротивление резисторов много больше сопротивления одинаковых амперметров, но много меньше сопротивления одинаковых вольтметров. Найдите показания вольтметров и амперметра A_2.

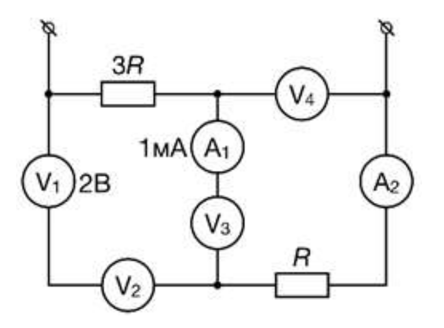
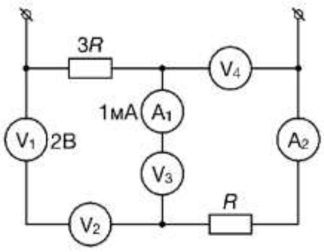
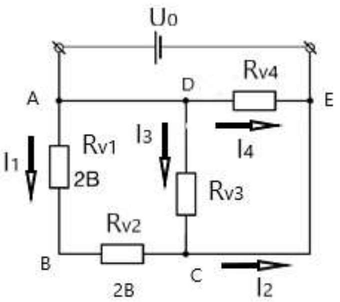


Рис. 2. К задаче 2

Возможное решение

Так как в схеме нет ветвей, где бы ток не ограничивался, хотя бы одним вольтметром, и сопротивления резисторов и амперметров (по условию задачи) намного меньше сопротивлений вольтметров, то резисторы и амперметры не влияют на распределение токов в ветвях. Поэтому для упрощения решения заменим резисторы и амперметры перемычками, а вольтметры эквивалентными схемами замещения - резисторами $R_{V1,}\,R_{V2,}\,R_{V3,}\,R_{V4}$ (рис.2).





Вольтметр V_1 показывает напряжение $U_1 = 2$В, тогда последовательно соединенный с ним такой же вольтметр V_2 будет показывать такое же напряжение:

$$U_2 = U_1 = 2\text{В} \qquad (1).$$

Вольтметр V_3 согласно схеме подключен параллельно с участком цепи АС, напряжение на котором равно сумме этих напряжений на вольтметрах V_1 и V_2 , то есть 4 В. Вольтметры V_3 и V_4 соединены параллельно, значит, напряжение на них одинаково и равно:

$$U_3 = U_4 = 4\text{В} \qquad (2).$$

Для нахождения тока через амперметр A_2, который находится в участке цепи СЕ, рассмотрим узел С: в него втекают токи I_1 и I_3, а вытекает ток I_2. Тогда

$$I_2 = I_1 + I_3 \qquad (3).$$

Причем $U_{CD} = U_{AC}$ $(U_{CD} = I_3 \cdot R_V,\ \ U_{AC} = I_1 \cdot 2R_V)$, откуда получаем

$$I_3 = 2I_1 \quad \Rightarrow \quad I_1 = 0{,}5\text{ мА} \qquad (4)$$

$$I_2 = 0{,}5\text{ мА} + 1\text{ мА} = 1{,}5\text{ мА} \qquad (5)$$

Задача 3

В закрытый теплоизолированный сосуд, содержащий $m_0 = 64$ г кислорода, при температуре $T_0 = 300$ К и нормальном атмосферном давлении $p_0 = 10^5$ Па, поместили алюминиевую шайбу массой $m_ш = 100$ г, нагретую до температуры $T_ш = 600$ К. Каким станет давление газа p_1, когда установится тепловое равновесие? Какова температура T_1 при тепловом равновесии? Удельная теплоёмкость алюминия $c_{Al} = 950$ Дж/(кг · К), молярная масса кислорода $\text{М} = 32$ г/моль.

Возможное решение

Количество теплоты, принятое кислородом при изохорном процессе:

$$Q_{\text{получ}} = \Delta U = \frac{5m_0}{2M}R(T_1 - T_0) \qquad (1)$$

Количество теплоты, отданное шайбой:

$$Q_{\text{отд}} = c_{Al}m_{\text{ш}}(T_{\text{ш}} - T_1) \qquad (2)$$

Согласно уравнению теплового баланса:

$$Q_{\text{получ}} = Q_{\text{отд}} \qquad (3)$$

Приравнивая отданное и принятое количество теплоты, выразим T_1

$$T_1 = \frac{\frac{5m_0}{2M}RT_0 + c_{Al}m_{\text{ш}}T_{\text{ш}}}{\frac{5m_0}{2M}R + c_{Al}m_{\text{ш}}} = 505\ \text{К} \qquad (4)$$

Давление найдем из условия изохорного процесса

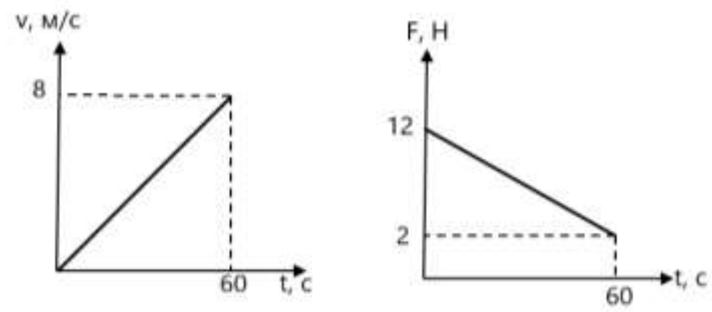
$$p_1 = p_0\frac{T_1}{T_0} = 1{,}68 \cdot 10^5\ \text{Па} \qquad (5)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Записано I начало термодинамики для изохорного процесса (1)
2	Записано Количество теплоты, отданное шайбой (2)
1	Записано уравнение теплового баланса (3)
3	Определена температура (4)
2	Определено давление (5)

Задача 4

Экспериментатор Глюк решил сделать модель самолетика. Предварительно он построил график зависимости модуля скорости v авиамодели от времени (рис. 1) и график зависимости силы F тяги моторчика от времени t (рис. 2). Какую мощность будет развивать моторчик? Постройте график зависимости мощности моторчика P от времени t и определите, в какой момент времени t_x эта мощность будет наибольшей. Чему была равна эта мощность?



а) *б)*

Рис.3. К задаче 4

Возможное решение

По графику рис. 1 находим уравнение скорости от времени:

$$v = \frac{8}{60}t = \frac{2}{15}t \qquad (1).$$

Аналогично по графику рис. 2 находим уравнение силы:

$$F = 12 - \frac{t}{6} \qquad (2).$$

Мощность равна $\qquad P(t) = F \cdot v \qquad$ (3).

Тогда с учетом (1) и (2) получаем:

$$P(t) = F \cdot v = \frac{2}{15} t \cdot \left(12 - \frac{t}{6}\right) = \frac{72t - t^2}{45} \qquad (4)$$

Уравнение $P(t)$ – парабола. Значение времени, при котором достигается максимальная мощность:

$$t_x = 36\ c \qquad (5),$$

а сама мощность равна $P_{max} = 28{,}8$ Вт. График представлен на рис.3.1

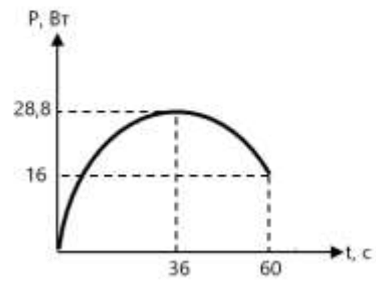


Рис.3.1 К задаче 4

Критерии оценивания

Баллы	Содержание решения
1	Записана формула скорости (1) по графику 1
1	Записана формула силы (2) по графику 2
1	Записана формула мощности (3)
2	Найдена зависимость мощности от времени (4)
1	Найдено время t_x (5)
1	Вычислена наибольшая мощность P_{max}
3	Построен график мощности от времени

Задача 5

По двум горизонтальным проводящим рельсам (см. рис.4), расстояние между которыми $L = 1$ м, может скользить без трения легкий стержень, масса которого $m = 50$ г, а сопротивление $r = 0{,}5$ Ом. Слева и справа концы рельсов соединены через резисторы с сопротивлением $R = 1$ Ом. Система находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}1$ Тл. Неподвижному стержню толчком сообщают начальную скорость $v_0 = 50$ см/с вдоль рельсов. 1) Найдите зависимость силы тока через стержень от его скорости. 2) На какое расстояние сместится стержень? Сопротивлением рельсов пренебречь. Стержень расположен перпендикулярно рельсам.

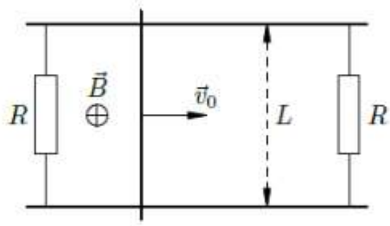
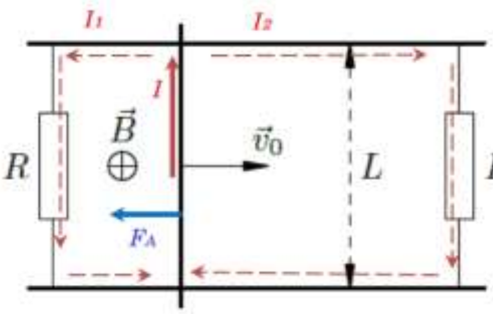


Рис. 4. К задаче 5

Возможное решение

При движении стержня в магнитном поле действует сила Лоренца на заряды вдоль стержня. Возникает электрический ток I, который в месте контакта с рельсом делится на токи I_1 и I_2. При движении стержня с током в магнитном поле возникает ЭДС индукции согласно закону Максвелла:



$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{BdS}{dt} = -\frac{Bldx}{dt} = -Blv \quad (1)$$

Из уравнения (1) видно, что в обоих контурах возникает одинаковая ЭДС индукции. Таким образом, сила тока будет равна:

$$I = \frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{2R + r} = \frac{2\mathcal{E}}{2R + r} = \frac{2Blv}{2R + r} = 0{,}04\text{A} \qquad (2)$$

Из уравнения (2) следует, что сила тока линейно зависит от скорости движения.

На движущийся проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера, направленная против начальной скорости. Следовательно стержень будет тормозить и остановится. Тогда:

$$F_A = IBL = \frac{2Blv}{2R + r} \qquad (3)$$

Сила тока линейно уменьшается при движении

$$\text{от} \quad \frac{2Blv}{2R + r} \quad \text{до} \quad 0 \qquad (4)$$

Для нахождения пройденного пути запишем закон изменения энергии:

$$F_{A\text{ср}} S = \frac{mv_0^2}{2} \qquad (5)$$

Где $F_{A\text{ср}} = F_A /2$.

Тогда для пути получаем:

$$S = \frac{mv_0(2R + r)}{2B^2 l^2} = 3{,}125 \text{ м} \qquad (6)$$

Критерии оценивания

Баллы	**Содержание решения**
2	Выполнен рисунок (правильно расставлены токи и сила), дано объяснение появления тока
2	Получено выражение (1)
2	Получено выражение (2) Правильно найден ток
2	Сделан вывод о линейной зависимости силы Ампера. Получено выражение (5)
2	Найден путь (6)