

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
7 КЛАСС

Задание подготовлено Красиным М.С., к.п.н., доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского

Условия, возможные решения, критерии оценки

1. «Спутники 7». (10 баллов). Один искусственный спутник Земли движется по геостационарной орбите. Это круговая орбита, плоскость которой совпадает с плоскостью земного экватора, а период обращения равен периоду вращения Земли вокруг своей оси (можно считать, что он равен 24 часа). Радиус геостационарной орбиты равен приблизительно 42 000 км. Другой спутник движется по круговой окружности вблизи поверхности Земли (можно считать, что радиус его орбиты равен радиусу Земли, приблизительно 6 400 км). Этот спутник движется с первой космической скоростью приблизительно равной 8 км/с (8 километров в секунду!). Сравните скорости и периоды обращения этих спутников. Учтите, что длину окружности можно приблизительно рассчитать по формуле

длина окружности равна $L = 6,28 \cdot R$, где R – радиус окружности

1. «Спутники 7». (10 баллов). **Возможное решение.** Период обращения спутника по геостационарной орбите равен $T_1 = 24 \cdot 3600 \text{ с} = 86400 \text{ с}$ (1)

Тогда скорость спутника на геостационарной орбите находим по формуле

$$v_1 = \frac{6,28 \cdot R_1}{T_1} \quad (2)$$

$$v_1 = \frac{6,28 \cdot 42000 \text{ км}}{86400 \text{ с}} \approx 3 \frac{\text{км}}{\text{с}} \quad (3), \quad \text{значит отношение скоростей равно} \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{8}{3} \approx 2,7 \quad (4)$$

Т.е. скорость спутника, движущегося вблизи поверхности Земли, приблизительно в 2,7 раза больше скорости спутника на геостационарной орбите! (5)

Период обращения спутника вблизи поверхности Земли находим по формуле

$$T_2 = \frac{6,28 \cdot R_2}{v_2} \quad (6)$$

$$T_2 = \frac{6,28 \cdot 6400 \text{ км}}{8 \text{ км/с}} \approx 5000 \text{ с} \quad (7), \quad \frac{T_1}{T_2} = \frac{86400 \text{ с}}{5000 \text{ с}} \approx 17 \quad (8)$$

Т.е. период обращения спутника на геостационарной орбите приблизительно в 17 раз больше периода спутника, обращающегося вокруг Земли вблизи её поверхности (9)

Критерии оценки.

За нахождение периода обращения спутника на геостационарной орбите ставить 2 балла, за каждый из пунктов (2) – (9) добавлять по 1 баллу.

Если участник решал несколько иначе, то можно разработать свои критерии, но они должны приблизительно соответствовать рекомендуемым критериям составителей задания и записаны на работе ученика, чтобы и участник при апелляции понимал эти критерии и при возможной перепроверке работ, жюри регионального этапа могло ознакомиться с этими критериями, чтобы понять обоснованность их применения и соответствие оценки участника этим критериям.

2. «Средняя скорость 7». (10 баллов) Одну пятую часть пути две подружки семиклассницы шли со скоростью 2 км/ч. Затем, они поняли, что могут опоздать и пошли быстрее, со скоростью 100 м/мин. Так они прошли одну треть остававшегося времени до звонка на урок. Однако, заметив, что они всё равно не успевают, девочки побежали со скоростью 2,5 м/с. Определите их среднюю скорость на всём пути, если они вбежали в школу одновременно со звонком.

2. «Средняя скорость 7». (10 баллов). **Возможное решение. Способ 1.**

Выражаем скорости в одинаковых единицах измерения,

например, $v_1 = 2 \text{ км/ч}$, $v_2 = 6 \text{ км/ч}$, $v_3 = 9 \text{ км/ч}$ (1)

$$\text{Среднюю скорость находим по формуле} \quad v_{\text{ср}} = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Сначала найдём среднюю скорость на 2 и 3 участках пути

$$v_{\text{ост ср}} = \frac{s_2 + s_3}{t_{\text{ост}}} = \frac{v_2 \frac{1}{3} t_{\text{ост}} + v_3 \frac{2}{3} t_{\text{ост}}}{t_{\text{ост}}} = v_2 \frac{1}{3} + v_3 \frac{2}{3} \quad (3)$$

$$v_{\text{ост ср}} = 8 \text{ км/ч} \quad (4)$$

$$v_{\text{ост ср}} = \frac{s_2 + s_3}{t_{\text{ост}}} = \frac{v_2 \frac{1}{3} t_{\text{ост}} + v_3 \frac{2}{3} t_{\text{ост}}}{t_{\text{ост}}} \quad (5)$$

Тогда среднюю скорость на всём пути можно найти по формуле

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t_1 + t_{\text{ост}}} \quad (6)$$

$$\text{Учтём, что } t_1 = \frac{s}{5v_1}, \text{ а } t_{\text{ост}} = \frac{4s}{5v_{\text{ост ср}}} \quad (7)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{\frac{s}{5v_1} + \frac{4s}{5v_{\text{ост ср}}}} \quad (8)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{\frac{1}{5v_1} + \frac{4}{5v_{\text{ост ср}}}} \quad (9)$$

$$v_{\text{ср}} = 5 \text{ км/ч} \quad (10)$$

Способ 2. Предположим, что $t_2 = 6$ ч, тогда $t_{\text{ост}} = 18$ ч, $t_3 = 12$ ч, $s_2 = 36$ км, $s_3 = 108$ км, $s = \frac{5}{4}(36 + 108) \text{ км} = 180$ км, $s_1 = 36$ км, $t_1 = 18$ ч, $t = 36$ ч, $v_{\text{ср}} = 5$ км/ч (1)

Если реальное время t_2 было в N раз меньше, то и время движения на каждом из других участков было в N раз меньше, и общее время получится в N раз меньше. Но и пройденные пути будут в N раз меньше, значит, весь путь получится в N раз меньше. Следовательно, средняя скорость будет такой же, как и в случае $t_2 = 6$ ч, т.е. $v_{\text{ср}} = 5$ км/ч (2)

Критерии оценки.

Решение способом 1. За каждый пункт, даже если он представлен в неявном виде, ставить по 1 баллу.

Решение способом 2. За правильный ответ (1), найденный для одного частного случая, ставить 5 баллов. При наличии обоснования типа приведённого в решении (2) добавить 5 баллов.

За неудачную попытку решения частным способом ставить 1 балл

За неудачное пояснение, что найденный ответ будет правильным и при иных значениях t_2 9или иного параметра, введенного дополнительно) добавлять 1 или 2 балла (по усмотрению жюри).

3. «Винни-Пух и жёлуди 7». (10 баллов). Винни-Пух шёл к Пятачку на день рождения и нёс ему в подарок коробку шоколадных конфет с медовой начинкой. Дойдя до Большого Дуба, он сел отдохнуть. И решил попробовать, свежие ли конфеты он несёт Пятачку. Когда в коробке осталась последняя конфета, он вдруг вспомнил, куда шёл. Осмотревшись по сторонам, он увидел множество желудей, валяющихся на траве.

«А ведь Пятачок больше всего на свете любит жёлуди! Вот, чему он обрадуется!» – подумал находчивый медведь. _Да и размеры желудей были практически такие, как и размеры конфет. Винни-Пух собрал все пятнадцать валяющихся вокруг него фантиков, завернул в них жёлуди и положил в коробку. «Ну, а одна конфетка с мёдом пусть останется в качестве шутки» – решил Винни-Пух и отправился дальше. Когда Пятачок взял коробку, то обратил внимание, что на коробке было написано 100 г, а коробка весила меньше. Тогда Винни-Пух рассказал, как он придумал порадовать своего друга. Друзья решили узнать, во сколько раз каждый жёлудь легче конфеты. Но к этому времени Винни-Пух уже съел последнюю шоколадную конфету, а Пятачок съел три жёлудя. Тогда Пятачок принёс весы, и положил на них все оставшиеся жёлуди. Весы показали массу 60 г. Во сколько раз масса жёлудя оказалась меньше массы конфеты?

3. «Винни-Пух и жёлуди 7». (10 баллов). **Возможное решение:**

Изначально в коробке было 16 конфет (1)

Масса каждой конфеты равна 100 г: $16 = 6,25$ г (2)

На весы было положено 16-1-3=12 желудей (3)

Масса каждого жёлудя равна $60 \text{ г} : 12 = 5 \text{ г}$ (4)

Масса жёлудя меньше массы конфеты в $6,25 \text{ г} : 5 \text{ г} = 1,25$ раза (5)

Критерии оценки.

За каждый пункт (1)-(5)

добавлять по 2 балла,

Если была сделана вычислительная ошибка (в том числе при подсчёте числа конфет или числа желудей) то за этот пункт ставить 1 балл и за каждый последующий пункт, вычисленный из-за этого неправильно, ставить 1 балл

Учтите, что решение может быть другим (например, определили массу 12 конфет на основе пропорции, а потом разделили полученное значение на массу всех 12 желудей.

В случае правильного решения оценку не снижать, а если задача решена с ошибкой, то необходимо написать свои критерии и оценивать по ним, но учесть замечание, указанное в критериях к заданию 1.

4. «Кто точнее 7». (10 баллов) Получив задание измерить объём бруска, семиклассники Юра и Ася решили действовать разными методами.

Юра взял линейку с миллиметровыми делениями и измерил длину, ширину и высоту бруска. У него получились габариты $20 \text{ мм} \times 25 \text{ мм} \times 100 \text{ мм}$.

Ася взяла мерный цилиндр с водой, измерила объём воды, он получился равным 30 мл. Затем погрузила брусок полностью в воду и определила, что общий объём оказался равен 82 мл.

Какой объём бруска получился у Юры? Какой – у Аси? Кто измерил точнее? Ответ обоснуйте. При обосновании учтите, что погрешности результатов непосредственных (прямых) измерений можно считать равными цене деления соответствующего измерительного прибора. Цена деления мерного цилиндра у Аси была равна 2 мл.

4. «Кто точнее 7». (10 баллов) **Возможное решение:**

Если не учитывать погрешность измерения, то

Юра получил $V_1 = 20 \text{ мм} \cdot 25 \text{ мм} \cdot 100 \text{ мм} = 50000 \text{ мм}^3 = 50 \text{ см}^3$, (1)

а Ася получила $V_2 = 82 \text{ мл} - 30 \text{ мл} = 52 \text{ мл} = 52 \text{ см}^3$ (2)

Если учитывать погрешности измерений, то следует учесть возможную погрешность измерения длины, равную 1 мм, то максимальное значение объёма равно

$V_{1\text{вг}} = 21 \text{ мм} \cdot 26 \text{ мм} \cdot 101 \text{ мм} = 55146 \text{ мм}^3$, а минимальное

$V_{1\text{нг}} = 19 \text{ мм} \cdot 24 \text{ мм} \cdot 99 \text{ мм} = 45144 \text{ мм}^3$

Погрешность измерения объёма равна $\Delta V_1 = 0,5(V_{1\text{вг}} - V_{1\text{нг}}) = 5001 \text{ мм}^3$

Округляя до одной значащей цифры, получаем $\Delta V_1 = 5000 \text{ мм}^3 = 5 \text{ см}^3$ (3)

Результат измерения принимаем равным $V_1 = 0,5(V_{1\text{вг}} + V_{1\text{нг}}) = 50145 \text{ мм}^3$

Округляя результат до минимального разряда погрешности, получаем $V_1 = 50 \text{ см}^3$ (4)

Таким образом, результат измерения Юры следует записать $V_1 = 50 \text{ см}^3 \pm 5 \text{ см}^3$ (5)

Погрешность измерения объема мензуркой равна 2 мл, но измерялись два объёма, поэтому погрешность следует принять равной 4 мл (6)

Таким образом, результат измерения Аси следует записать $V_2 = 52 \text{ см}^3 \pm 4 \text{ см}^3$ (7)

Точность измерения характеризует относительная погрешность $\varepsilon = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100\%$

$$\varepsilon_1 = \frac{5}{50} 100\% = 10\%, \quad (8) \quad \varepsilon_2 = \frac{4}{52} 100\% = 7,6923 \dots \% = 8\% \quad (9)$$

Получается, что результат измерения Аси более точный.

Критерии оценки.

За каждый пункт (1) – (9) ставить 1 балл, за вывод добавить 1 балл.

Если погрешность измерения Аси принята за 2 мл, то за этот пункт оценку не ставить, но за остальные расчёты, сделанные на основании данного результата оценку не снижать.

Если была сделана попытка оценки погрешности, но она оказалась неправильной (без сравнения относительных погрешностей (может быть и в неявном виде)), то за эту попытку добавлять не более 2 баллов.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
8 КЛАСС

Условия, возможные решения, критерии оценки

1. «Закольцованный звук 8» (10 баллов) Металлическое кольцо сварено из двух кусков толстой проволоки, одинакового поперечного сечения $S = 1 \text{ см}^2$, но разной длины и из разных материалов (см. рисунок 1). Плотность первого материала $\rho_1 = 3 \text{ г/см}^3$, а второго – $\rho_2 = 7 \text{ г/см}^3$. Ударом по точке сварки 1 в кольцо возбуждаются звуковые волны, которые встречаются через $\Delta t = 0,0002 \text{ с}$ в точке сварки 2. Скорость звука в первом материале $v_1 = 4000 \text{ м/с}$, во втором $v_2 = 6000 \text{ м/с}$. Найдите массу кольца.

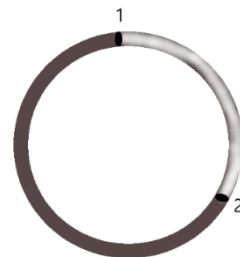


Рисунок 1

1. «Закольцованный звук 8» (10 баллов) Возможное решение

Масса кольца складывается из массы двух частей

$$m = m_1 + m_2. \quad (1)$$

Выражая массы через плотности и объемы, с учетом формулы для вычисления объема получим

$$m = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 = (\rho_1 l_1 + \rho_2 l_2) S. \quad (2)$$

Длины частей находим, зная скорость звука и время распространения волны в каждом материале (по условию волны возбуждаются и встречаются в точках сварки):

$$l_1 = v_1 \Delta t, \quad l_2 = v_2 \Delta t. \quad (3)$$

Подставляя длины (2) в (3), получаем $m = (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2) S \Delta t$.

Вычисления в системе СИ

$$m = (3000 \cdot 4000 + 7000 \cdot 6000) \cdot 0,0001 \cdot 0,0002 = 1,08 \text{ кг}.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (масса кольца как сумма масс частей (1), связь массы, плотности, объема (2), выражение длин через скорости и время (3) или эквивалентные им соотношения) записаны или учтены другим способом верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **10 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – **9 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **8 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется более одной ошибки в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **7 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но преобразования не завершены – **6 баллов**;

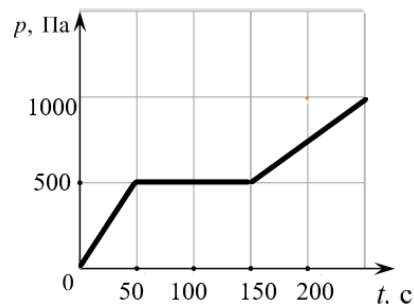
- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но попытки провести преобразования и получить ответ отсутствуют – **5 баллов**;

- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **4 балла**;

- есть понимание физики явления в целом, но в записанных соотношениях имеется более одной физической ошибки – **3 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения – **1-2 балла**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2.«Датчик на глубине 8» (10 баллов) Датчик манометра, который регистрирует гидростатическое давление (без учета атмосферного), погружают в сосуд с жидкостью. На рисунке 2 представлен график зависимости показаний датчика от времени. Известно, что средняя скорость погружения датчика за все время наблюдения, продолжавшегося $t = 250$ с, составила $v = 0,5$ мм/с. Найдите:



- 1) плотность жидкости в сосуде;
- 2) скорость датчика в моменты времени $t_1 = 100$ с и $t_2 = 200$ с после начала погружения.

Принять, что $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$.

Рисунок 2

2.«Датчик на глубине 8» (10 баллов) Возможное решение

1. Зная среднюю скорость и время наблюдения найдем глубину погружения датчика:

$$h = vt. \quad (1)$$

По графику гидростатическое давление на той глубине $p = 1000 \text{ Па}$. Из формулы гидростатического давления $p = \rho gh$ находим плотность

$$\rho = \frac{p}{gh}. \quad (3)$$

Подставляем в (3) глубину из (1)

$$\rho = \frac{p}{gvt}. \quad (4)$$

Вычисления в системе СИ

$$\rho = \frac{1000}{10 \cdot 0,0005 \cdot 250} = 800 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right).$$

2. На промежутке от 50 до 150 давление не менялось, следовательно, датчик не погружался, его скорость в момент времени $t_1 = 100$ с.

$$v_1 = 0. \quad (5)$$

За промежуток времени от 150 до 250 с ($\Delta t = 100$ с) давление изменилось на $\Delta p = 500$ Па. Значит, путь, пройденный датчиком составил

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho g}. \quad (6)$$

Поскольку движение равномерное

$$v_2 = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{\Delta p}{\rho g \Delta t}. \quad (7)$$

Вычисления:

$$v_2 = \frac{500}{800 \cdot 10 \cdot 100} = 0,000625 (\text{м/с}) \text{ или } 0,625 \frac{\text{мм}}{\text{с}}.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение плотности жидкости) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражение полной глубины погружения как пройденного пути через время и среднюю скорость (1), формула гидростатического давления (2) или эквивалентные им) записаны или использованы верно, правильно интерпретирована и использована

информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получены верные числовые ответы с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но информация из графика неверно интерпретирована и использована, либо не использована – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение второй части задачи (определение скорости датчика в два момента времени) максимальная оценка составляет 5 баллов. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны и использованы верно (в данном случае – выражение для пути через изменение давления (6), выражение скорости через путь и время (7) или эквивалентные им), правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения для каждой скорости – **5 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из каждого графика, произведены необходимые вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;

- найдена (вычислено или обосновано) значение скорости только для одного момента времени – **3 балла**;

- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

3. «Ягодный морс 8» (10 баллов) Для приготовления напитка стеклянную банку емкостью 1,5 л, в которой находилось $m_{\text{я}} = 200$ г свежих ягод, достали из холодильника и залили 1 литром горячей воды из чайника. Температура в холодильнике $t_1 = 5$ °С, температура воды в чайнике $t_2 = 90$ °С. Через некоторое время напиток в банке охладился до температуры в помещении $t = 25$ °С. Найдите количество теплоты, переданное в окружающую среду. Масса пустой стеклянной банки $m_{\text{ст}} = 600$ г. Удельные теплоемкости ягод, воды и стекла равны соответственно $c_{\text{я}} = 3200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$, $c_{\text{в}} = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$, $c_{\text{ст}} = 800 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}$. Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³.

3. «Ягодный морс 8» (10 баллов) Возможное решение

Вода из чайника охладилась от температуры t_2 до температуры t , выделив количество теплоты

$$Q_1 = c_{\text{в}} m_{\text{в}} (t_2 - t). \quad (1)$$

Ягоды и банка нагрелись от температуры $t_1 = 5$ °С до температуры $t = 25$ °С, на что потребовалось количество теплоты

$$Q_2 + Q_3 = c_{\text{я}} m_{\text{я}} (t - t_1) + c_{\text{ст}} m_{\text{ст}} (t - t_1). \quad (2)$$

Масса воды $m_{\text{в}} = \rho V$. (3)

Количество теплоты, отданное в окружающую среду, равно разности между $|Q_1|$ и $Q_2 + Q_3$:

$$Q = |Q_1| - (Q_2 + Q_3). \quad (4)$$

Подставляя в (4) выражения (1)-(3):

$$Q = c_{\text{в}} \rho V (t_2 - t) - (c_{\text{я}} m_{\text{я}} + c_{\text{ст}} m_{\text{ст}}) (t - t_1).$$

Вычисления: $Q = 4200 \cdot 1000 \cdot 0,001 \cdot 65 - (3200 \cdot 0,2 + 800 \cdot 0,6) \cdot 20 = 250600$ (Дж).

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

При этом можно использовать следующую шкалу:

- Полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (выражения для количеств теплоты $Q_1, Q_2, Q_3(1)-(2)$, связь массы с плотностью и объемом для воды (3), уравнение теплового баланса (4) или эквивалентные им) записаны или учтены другим способом верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **10 баллов**;
- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – **9 баллов**;
- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **8 баллов**;
- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется более одной ошибки в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **7 баллов**;
- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но преобразования не завершены – **6 баллов**;
- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но попытки провести преобразования и получить ответ отсутствуют – **5 баллов**;
- Есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется одна физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **4 балла**;
- Есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется более одной ошибки – **3 балла**;
- Имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения – **1–2 балла**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

4.«Цилиндр с полостью 8» (10 баллов)

Изучая закон Архимеда, ученик аккуратно опускал в различные жидкости груз цилиндрической формы и измерял объем его погруженной в жидкость части $V_{\text{погр}}$ в состоянии равновесия. По результатам измерений был построен график (см. рисунок 3).

Известно, что внутри груза имеется воздушная полость. Внешний объем цилиндра $V = 10 \text{ см}^3$, плотность материала, из которого он изготовлен $\rho = 2 \text{ г/см}^3$. Рисунок 3

Найдите:

1) силу Архимеда, которая действует на цилиндр в жидкости, плотность которой равна $2,5 \text{ г/см}^3$;

2) объем полости V_0 .

Принять, что $g = 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}}$. Плотность воды 1000 кг/м^3 .



4.«Цилиндр с полостью 8» (10 баллов) Возможное решение

1. Сила Архимеда $F_{\text{арх}} = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр}}$. (1)

Из графика для $\rho_{\text{ж}} = 2,5 \text{ г/см}^3$ объем погруженной части цилиндра $V_{\text{погр.}} = 4 \text{ см}^3$. Подставляя эти значения в (1), находим силу Архимеда $F_{\text{арх}} = 2500 \cdot 10 \cdot 0,000004 = 0,1 \text{ Н}$.

2. Масса цилиндра $m = \rho(V - V_0)$ (2)

Условие плавания (равновесия) цилиндра в жидкости с плотностью $\rho_{\text{ж}}$ $F_{\text{арх}} = mg$

$$\rho_{\text{ж}} g V_{\text{погр.}} = \rho g (V - V_0). \quad (3)$$

Отсюда

$$V_0 = V - \frac{\rho_{\text{ж}} V_{\text{погр.}}}{\rho}$$

Взяв значения $\rho_{\text{ж}} = 2,5 \text{ г/см}^3$ и $V_{\text{погр.}} = 4 \text{ см}^3$ по графику (можно другие):

$$V_0 = 10 - \frac{2,5 \cdot 4}{2} = 5 \text{ см}^3.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение первой части задачи (определение плотности жидкости) максимальная оценка составляет 5 баллов. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражение для силы Архимеда (1) записаны или использованы верно), правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получены верные числовые ответы с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но информация из графика неверно интерпретирована и использована, либо не использована – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

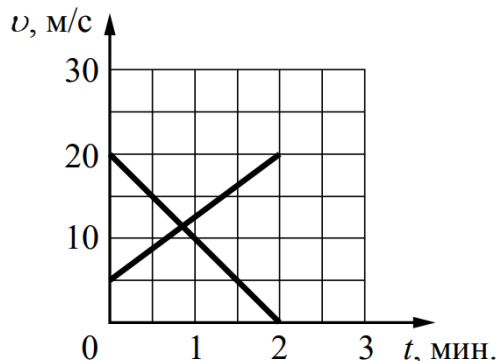
2. За решение второй части задачи (определение объема полости) максимальная оценка составляет 5 баллов. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны и использованы верно (в данном случае – выражения для силы Архимеда (1) и силы тяжести с учетом объема полости (2), условие плавания (3)), правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения для каждой скорости – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из каждого графика, произведены необходимые вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;
- найдена (вычислено или обосновано) значение скорости только для одного момента времени – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
9 КЛАСС

Условия, возможные решения, критерии оценки

1.«Встречи на шоссе 9» (10 баллов) Два автомобиля двигались по прямолинейному участку шоссе параллельными курсами в одном направлении. В некоторый момент времени они встретились (поравнялись) друг с другом. На рисунке 1 показано, как менялись скорости автомобилей в течение двух минут после этой встречи.



1) Найдите расстояние между автомобилями в тот момент, когда один из них остановился.

2) Через какое время после начала наблюдения они снова встретятся друг с другом?

Рисунок 1

1.«Встречи на шоссе 9» (10 баллов) **Возможное решение 1.** Возьмем за начало системы координат точку, где встретились автомобили, направив ось X в направлении скоростей. По графику определим начальные скорости и ускорения в проекции на выбранную ось:

$$v_{0x1} = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}, a_{x1} = \frac{0 - 20}{120} = -\frac{1}{6} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right), \quad (1)$$

$$v_{0x2} = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}, a_{x2} = \frac{20 - 5}{150} = \frac{15}{120} = \frac{1}{8} \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right). \quad (2)$$

Запишем уравнения для координат каждого из автомобилей с учетом (1) и (2):

$$x_1 = v_{0x1}t + \frac{a_{x1}t^2}{2} = 20t - \frac{t^2}{12}; \quad (3)$$

$$x_2 = v_{0x2}t + \frac{a_{x2}t^2}{2} = 5t + \frac{t^2}{16}. \quad (4)$$

Из графика видно, что скорость первого автомобиля стала равной нулю в момент $t = 2 \text{ мин} = 120 \text{ с}$. (5)

Этот же результат можно получить аналитически из кинематического уравнения для скорости первого автомобиля.

Подставляя $t = 120 \text{ с}$ в уравнения для координат, получим

$$x_1 = 1200 \text{ м}; \quad x_2 = 1500 \text{ м}.$$

Расстояние между автомобилями

$$l = x_2 - x_1$$

$$l = 300 \text{ м}.$$

2. Условие встречи – равенство координат автомобилей:

$$x_1 = x_2 \quad (6)$$

Приравнявая (3) и (4) и решая полученное уравнение, найдем время встречи

$$\begin{aligned} 20t - \frac{t^2}{12} &= 5t + \frac{t^2}{16} \\ 15 &= \frac{t}{12} + \frac{t}{16} \\ t &= \frac{720}{7} \approx 103 \text{ с}. \end{aligned}$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно

быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение расстояния между автомобилями в момент остановки одного из них) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражения для координат (3), (4) или эквивалентные им) записаны или использованы верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получены верные числовые ответы с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но информация из графика неверно интерпретирована и использована, либо не использована – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части задачи** (определение времени новой встречи автомобиля) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны и использованы верно (выражения для координат (3), (4), условие встречи (6) или эквивалентные им), правильно интерпретирована и использована информация, полученная из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения для каждой скорости – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, правильно интерпретирована и использована информация, полученная из каждого графика, произведены необходимые вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но информация из графика неверно интерпретирована и использована, либо не использована – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2.«Магнитная доска 9» (10 баллов) Магнит, лежащий поверх магнитно-маркерной доски, расположенной горизонтально, притягиваясь, давит на нее силой $F_1 = 12$ Н (положение 1 на рисунке 2). Доску перевернули так, что магнит оказался внизу (положение 2), а сила давления стала равной $F_2 = 8$ Н. Если доску поставить вертикально (положение 3), то магнит начнет скользить по ней вниз с ускорением $a = 2$ м/с². Найдите коэффициент трения μ между поверхностью доски и магнитом.

Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с².

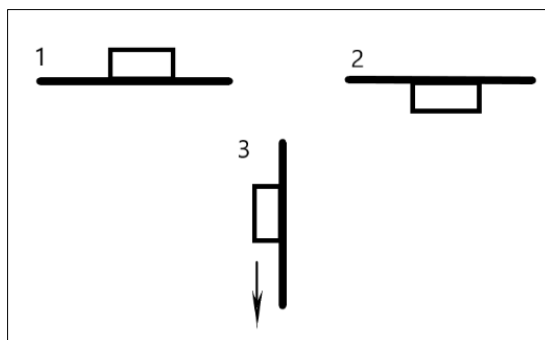
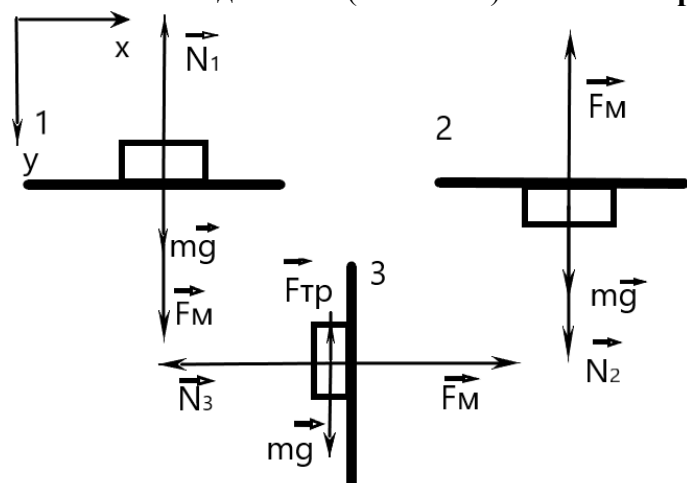


Рисунок 2

2.«Магнитная доска 9» (10 баллов) Возможное решение



Магнит в положениях 1 и 2 покоится, следовательно, сумма сил тяжести $m\vec{g}$, реакции опоры $\vec{N}$ и магнитного притяжения $\vec{F}_m$ равна 0. В проекции на ось y:

$$mg - N_1 + F_m = 0, \quad (1)$$

$$mg + N_2 - F_m = 0. \quad (2)$$

Отсюда

$$F_m = \frac{N_1 + N_2}{2}, \quad (3)$$

$$m = \frac{N_1 - N_2}{2g}. \quad (4)$$

По третьему закону Ньютона силы с которыми магнит давит на доску равны силам реакции опоры:

$$F_1 = N_1, F_2 = N_2, \quad (5)$$

поэтому

$$F_m = \frac{F_1 + F_2}{2}, \quad (6)$$

$$m = \frac{F_1 - F_2}{2g}. \quad (7)$$

Для положения 3 запишем второй закон Ньютона в проекции на оси x и y

$$F_m - N_3 = 0, \quad (8)$$

$$mg - F_{\text{тр}} = ma. \quad (9)$$

Для силы трения скольжения

$$F_{\text{тр}} = \mu N_3. \quad (10)$$

С учетом (7)

$$mg - \mu F_m = ma. \quad (11)$$

Выражая μ из (10) и подставляя (5) и (6), получаем

$$\mu = \frac{(F_1 - F_2)(g - a)}{(F_1 + F_2)g}. \quad (12)$$

Вычисления:

$$\mu = \frac{(12 - 8)(10 - 2)}{(12 + 8) \cdot 10} = 0,16.$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

При этом можно использовать следующую шкалу.

- Полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (условия равновесия (1) и (2) для положений 1 и 2, уравнения движения (8) и (9) для случая 3, третий закон Ньютона (5), выражение для силы трения скольжения (10) или

эквивалентные им) записаны или учтены другим способом верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **10 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – **9 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **8 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется более одной ошибки в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **7 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но преобразования не завершены – **6 баллов**;

- Соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но попытки провести преобразования и получить ответ отсутствуют – **5 баллов**;

- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется одна физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **4 балла**;

- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется более одной ошибки – **3 балла**;

- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения – **1–2 балла**;

- нет попыток решения – **0 баллов**.

3. «Импульсная сварка 9» (10 баллов) Импульсная сварка представляет собой разновидность дуговой сварки, когда на основной (базовый) сварочный ток накладываются дополнительные импульсы тока (см. рисунок 3). На сварочный электрод подается ток в импульсном режиме. Длительность импульса и длительность промежутка времени после него, когда идет базовый ток, одинаковы и равны $t_1 = t_0 = 0,05$ с. Сила тока во время импульса $I_1 = 100$ А, базовый ток $I_0 = 10$ А. Электрод представляет собой отрезок стальной проволоки с площадью поперечного сечения $0,8 \text{ мм}^2$.

На сколько градусов нагреется электрод при пропускании тока в таком режиме в течение $t = 10$ с? Теплопотерями и зависимостью сопротивления от температуры можно пренебречь.

Для стали, из которой изготовлен электрод, плотность материала $\rho_m = 7900 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость $c = 520 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$, удельное сопротивление $\rho = 1,4 \cdot 10^{-7} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

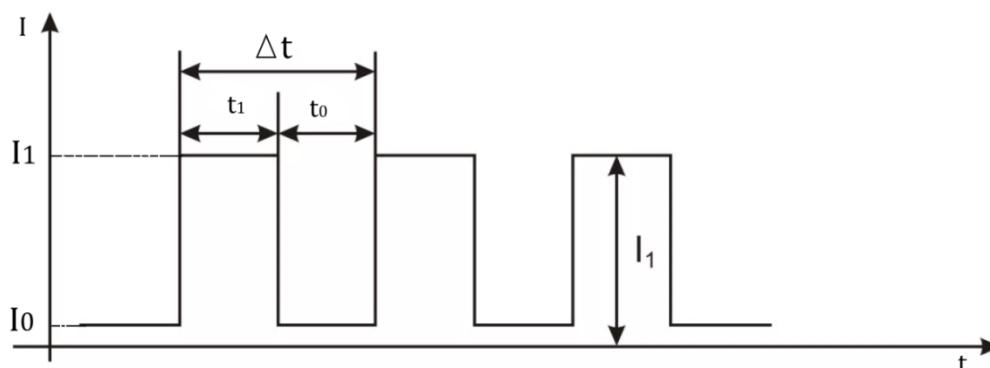


Рисунок 3

3. «Импульсная сварка 9» (10 баллов) Возможное решение.

По закону Джоуля-Ленца за время протекания тока силой I_1 , в течение промежутка времени t_1 , выделяется количество теплоты

$$Q_1 = I_1^2 R t_1, \quad (1)$$

за время t_0 , когда идет ток I_0 $Q_0 = I_0^2 R t_0$. (2)

Таким образом, за время $\Delta t = t_1 + t_0$ (сумма длительностей импульса и базы) выделится тепло $Q_1 + Q_0 = (I_0^2 t_0 + I_1^2 t_1) R$.

Время $\Delta t = t_1 + t_0 = 0,1$ с представляет собой период импульса, зная его можно найти число импульсов за $t = 10$ с.

$$N = \frac{t}{\Delta t} = 100. \quad (3)$$

Тогда за все время $t = 10$ с выделится количество теплоты

$$Q = (I_0^2 t_0 + I_1^2 t_1) R N. \quad (4)$$

По условию теплотерями можно пренебречь, поэтому все тепло пойдет на нагревание электрода:

$$Q = cm\Delta T. \quad (5)$$

Приравнявая (4) и (5), запишем

$$(I_0^2 t_0 + I_1^2 t_1) R N = cm\Delta T. \quad (6)$$

Сопротивление электрода

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (7)$$

масса

$$m = \rho_m V = \rho_m l S. \quad (8)$$

Подставляя (7) и (8) в (6):

$$(I_1^2 t_1 + I_0^2 t_0) \rho \frac{l}{S} N = c \rho_m l S \Delta T, \quad (8)$$

откуда с учетом, что $t_1 = t_0$

$$\Delta T = \frac{(I_1^2 t_1 + I_0^2 t_0) \rho N}{c \rho_m S^2} = \frac{(I_1^2 + I_0^2) t_0 \rho N}{c \rho_m S^2} \quad (9)$$

Вычисления:

$$\Delta T = \frac{(10000 + 100) \cdot 1,4 \cdot 10^{-7} \cdot 0,05 \cdot 100}{520 \cdot 7900 (0,8 \cdot 10^{-6})^2} \approx 2690 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (закон Джоуля-Ленца (1), (2), периодичность процесса (3), выражение для количества теплоты при нагревании (5), уравнение теплового баланса (6), формулы для сопротивления (7) и массы (8) или эквивалентные им), записаны или учтены другим способом верно, правильно интерпретирована и использована информация из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **10 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, правильно интерпретирована и использована информация из графика, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен ответ, но имеются арифметические ошибки в вычислениях (либо ответ получен в общем виде, вычисления не произведены) – **9 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется ошибка в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **8 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но имеется более одной ошибки в математических преобразованиях, приводящих к ответу – **7 баллов**;

- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, есть попытка провести преобразования и получить ответ, но преобразования не завершены – **6 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, система уравнений полна, но попытки провести преобразования и получить ответ отсутствуют – **5 баллов**;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется одна физическая ошибка, поэтому из них невозможно найти правильное решение – **4 балла**;
- есть понимание физики явления, но в записанных соотношениях имеется более одной ошибки – **3 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения – **1–2 балла**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

4. «Тепловое равновесие 9» (10 баллов) В теплоизолированном сосуде находятся равные по массе $m_1 = m_2 = m$ количества воды и льда при температуре $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Какая температура установится в сосуде, если через него пропустить водяной пар при температуре $t_2 = 100^\circ\text{C}$ массой m_3 ? Рассмотреть два случая:

1) $m_3 = 0,2m$;

2) $m_3 = m$.

Удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$, удельная теплота парообразования $r = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$.

4. «Тепловое равновесие 9» (10 баллов) Возможное решение

1. При добавлении пара будут происходить следующие процессы:

- плавление льда $Q_1 = \lambda m$; (1)
- нагревание воды, образовавшейся при плавлении льда $Q_2 = cm(t - t_1)$; (2)
- нагревание исходной воды $Q_3 = cm(t - t_1)$. (3)

На них идет тепло, полученное при конденсации пара и остывании сконденсировавшейся воды:

$$Q_4 = -rm_3; \quad (4)$$

$$Q_5 = cm_3(t - t_2). \quad (5)$$

Уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = |Q_4| + |Q_5| \quad (6)$$

Подставляя в (6) выражения (1)-(5):

$$\lambda m + 2cm(t - t_1) = rm_3 + cm_3(t - t_2).$$

Отсюда

$$t = \frac{rm_3 - \lambda m + 2cmt_1 + cm_3t_2}{(2m + m_3)c}$$

Проведем расчет для $m_3 = 0,2m$

$$t = \frac{0,2r - \lambda + 2ct_1 + 0,2ct_2}{2,2c}$$

$$t = \frac{0,2 \cdot 2,3 \cdot 10^6 - 3,3 \cdot 10^5 + 0 + 0,2 \cdot 4200 \cdot 100}{2,2 \cdot 4200} \approx 23 \text{ } (^\circ\text{C})$$

2. Для второго случая $m_3 = m$

$$t = \frac{r - \lambda + ct_2}{3c} \approx 190 \text{ } (^\circ\text{C})$$

Такой результат говорит о том, что при конденсации всего пара массой m выделяется количество теплоты, больше, чем необходимо для плавления льда и нагревания исходной и полученной из льда воды до 100°C . Следовательно, не весь пар сконденсируется. В сосуде будут пар и вода в состоянии равновесия при температуре $t = 100^\circ\text{C}$.

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (когда масса пара $m_3 = 0,2m$) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражения для количеств теплоты (1)-(5), уравнение теплового баланса (6) или эквивалентные им) записаны или использованы верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получены верные числовые ответы с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

2. За решение **второй части задачи** (когда масса пара $m_3 = m$) **максимальная оценка составляет 5 баллов**.

При этом можно использовать следующую шкалу

- полное правильное решение: соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – выражения для количеств теплоты (1)-(5), уравнение теплового баланса (6) или эквивалентные им) записаны или использованы верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, получен и верно истолкован числовой ответ, сделан вывод наличия в конечном состоянии в сосуде воды и пара при температуре 100°C – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца, при правильном выводе о конечной температуре – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но имеются физические ошибки в записанных соотношениях или в выводе о конечной температуре – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

5. «Идеальная цепь 9» (10 баллов) Идеальный источник в цепи, изображенной на рисунке 4, создает напряжение $U = 12$ В. Идеальный амперметр показывает силу тока $I_A = 1$ А. Все резисторы в цепи одинаковые. Найдите:

- 1) сопротивление каждого резистора;
- 2) показание идеального вольтметра.

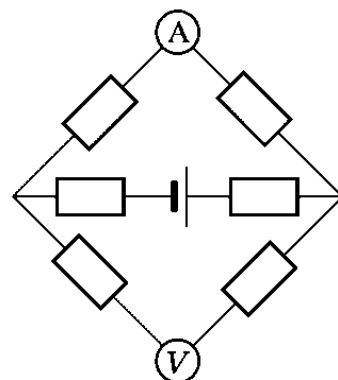


Рисунок 4

5. «Идеальная цепь 9» (10 баллов) **Возможное решение**

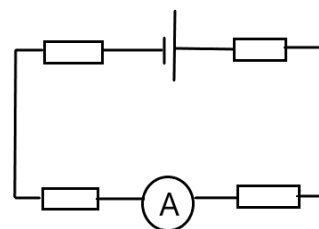
1. Поскольку вольтметр идеальный, то он имеет бесконечно-большое сопротивление и ток через участок, где подключен вольтметр, не идет. Эквивалентная схема:

Найдем общее сопротивление:

$$R_{\text{общ}} = R + R + R + R = 4R. \quad (1)$$

Показание амперметра:

$$I_A = \frac{U}{4R}. \quad (2)$$



Отсюда

$$R = \frac{U}{4I_A}.$$

Расчет:

$$R = \frac{12}{4} = 3 \text{ (Ом)}.$$

2. Вольтметр подключён параллельно к участку с двумя последовательно соединёнными резисторами, через которые идет ток I_A . Его показание

$$\begin{aligned} U_B &= I_A \cdot 2R. \\ U_B &= 1 \cdot 2 \cdot 3 = 6 \text{ (В)}. \end{aligned} \quad (3)$$

Рекомендуемые критерии оценивания

Максимальна оценка за полное правильное решение всей задачи – 10 баллов, складывается из оценок за каждую из частей задачи. Решение не обязательно должно быть представлено в общем виде, допускается возможность промежуточных вычислений «по действиям».

1. За решение **первой части** задачи (определение сопротивления резистора) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: учтено, что ток не идет через участок с идеальным вольтметром, записаны соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – для общего сопротивления (1) и закон Ома (2)) произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

1. За решение **второй части** задачи (определение показания вольтметра) **максимальная оценка составляет 5 баллов**. При этом можно использовать следующую шкалу:

- полное правильное решение: учтено, что вольтметр показывает напряжение на участке с двумя последовательно соединёнными резисторами, через которые идет ток I_A , записаны соотношения, отражающие физические законы и закономерности (в данном случае – закон Ома для участка цепи (3)), произведены необходимые преобразования и вычисления, получен верный числовой ответ с наименованием единиц измерения – **5 баллов**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, произведены необходимые преобразования и вычисления, но имеются арифметические ошибки в вычислениях или они не доведены до конца – **4 балла**;
- соотношения, отражающие физические законы и закономерности записаны верно, но имеются ошибки в математических преобразованиях или они не доведены до конца – **3 балла**;
- есть понимание физики явлений, но записаны не все соотношения, или в записанных соотношениях имеются физические ошибки – **2 балла**;
- имеются отдельные записи, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении) – **1 балл**;
- нет попыток решения – **0 баллов**.

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
10 КЛАСС

Задание подготовлено Красиным М.С., к.п.н., доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского

Условия, возможные решения, критерии оценки

1. «Средняя скорость 10». (10 баллов) Первую треть всего времени движения автомобиль двигался со скоростью 216 км/ч. Затем его скорость была 24 м/с. Так он проехал одну пятую часть пути. Последний участок он проехал со скоростью 240 м/мин. Определите среднюю скорость автомобиля на всём пути.

1. «Средняя скорость 10». Возможное решение. Выражаем скорости в одинаковых единицах измерения $v_1 = 60$ м/с, $v_2 = 24$ м/с, $v_3 = 4$ м/с

$$v_{\text{ср}} = \frac{s}{t} \quad (2)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{s_1 + s_{\text{ост}}}{t} = \frac{v_1 \frac{1}{3}t + s_{\text{ост}}}{t} = v_1 \frac{1}{3} + \frac{s_{\text{ост}}}{t} \quad (3)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3}v_1 + \frac{s_2 + s_3}{t} = \frac{1}{3}v_1 + \frac{s}{5t} + \frac{s_3}{t} \quad (4)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3}v_1 + \frac{1}{5}v_{\text{ср}} + \frac{s_3}{t}, \quad v_{\text{ср}} = \frac{1}{3}v_1 + \frac{1}{5}v_{\text{ср}} + \frac{v_3(t - t_1 - t_2)}{t} \quad (5)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3}v_1 + \frac{1}{5}v_{\text{ср}} + \frac{2}{3}v_3 - v_3 \frac{t_2}{t} \quad (6)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3}v_1 + \frac{1}{5}v_{\text{ср}} + \frac{2}{3}v_3 - v_3 \frac{s}{5v_2 t} \quad (7)$$

$$v_{\text{ср}} = \frac{1}{3}v_1 + \frac{1}{5}v_{\text{ср}} + \frac{2}{3}v_3 - v_3 \frac{v_{\text{ср}}}{5v_2} \quad (8)$$

$$v_{\text{ср}} \left(\frac{4}{5} + \frac{v_3}{5v_2} \right) = \frac{1}{3}v_1 + \frac{2}{3}v_3 \quad (9)$$

Получаем итоговую расчётную формулу

$$v_{\text{ср}} = \frac{\frac{1}{3}v_1 + \frac{2}{3}v_3}{\left(\frac{4}{5} + \frac{v_3}{5v_2} \right)} = \frac{(v_1 + 2v_3)5v_2}{3(4v_2 + v_3)}$$

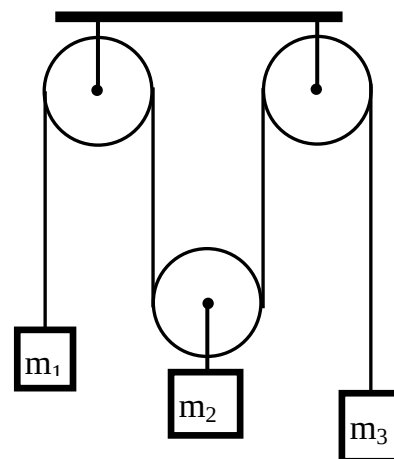
Или решаем численно

$$v_{\text{ср}} \left(\frac{4}{5} + \frac{4}{5 \cdot 24} \right) = \frac{1}{3}60 + 4 \frac{2}{3} \quad (10)$$

$$v_{\text{ср}} = 27,2 \text{ м/с} \approx 27 \text{ м/с}$$

Критерии оценки. За каждый пункт (1) – (10) добавлять по 1 баллу. За численное решение, которое можно было использовать на самых ранних этапах решения, оценку не снижать. Если итоговый ответ не округлён до целых, то оценку не снижать.

2. «Блоки 10». (10 баллов) Через два неподвижных и один подвижный блоки перекинута тонкая очень лёгкая практически нерастяжимая нить. К краям нити и подвижному блоку подвешены грузы. Массы грузов $m_1 = 100$ г, $m_2 = 200$ г, $m_3 = 300$ г. Какой из грузов (один) надо придерживать, чтобы система оставалась неподвижной? Какую силу необходимо для этого прикладывать? С какими ускорениями и в какую сторону начнут двигаться грузы, если систему отпустить. Каждый ответ обоснуйте. Массой блоков и трением можно пренебречь. Свободные участки нити считать вертикальными. $g = 10 \text{ м/с}^2$



2. «Блоки 10». (10 баллов) **Возможное решение. Ответ 1:** Удерживать, вернее, поддерживать надо груз m_3 . **Пояснение:** учитывая условия, можно сделать вывод, что силы натяжения нити

езде одинаковы по модулю. Если на груз m_1 действует сила T , то на подвижный блок, с прикреплённым к нему грузом m_2 действует сила $2T$, а масса $m_2 = 2m_1$, значит, если T не равна m_1g , то $2T \neq 2m_1g$, т.е. если удерживать груз m_1 , то груз m_2 не будет в равновесии без поддерживающей (удерживающей) силы. Аналогично рассуждая, понимаем, что и груз m_2 нельзя удерживать. Значит, это должен быть груз m_3

Ответ 2: удерживающая сила должна быть равна $2H$. **Пояснение:** Если удерживают груз m_3 , то груз m_1 находится в равновесии. Значит, сила натяжения нити равна $T = m_1g = 1\text{ Н}$. Такая же сила действует на груз m_3 . Разность между силой тяжести и силой натяжения нити определяет величину силы, необходимой для поддержания системы.

Ответ 3: первый и второй грузы движутся вверх с ускорением 2 м/с^2 , а третий – вниз, с ускорением 6 м/с^2

Пояснение: Проведём ось X вниз и запишем 2 закон Ньютона для грузов m_1 и m_3 , а также для системы груз m_2 – подвижный блок

$$m_1g - T = m_1a_{1x}, \quad (1), \quad m_2g - 2T = m_2a_{2x} \quad (2), \quad m_3g - T = m_3a_{3x} \quad (3)$$

Для решения системы, нужно ещё одно уравнение. Его можно получить из условия нерастяжимости нити.

Способ 1. Выразим длину нити через координаты грузов

$$L = (x_1 - 0) + l + (x_2 - 0) + l + (x_2 - 0) + l + (x_3 - 0) \quad (4)$$

Это соотношение будет выполняться для любого момента рассматриваемого движения грузов.

Поэтому можно записать, что

$$0 = (x_1 - x_{01}) + (x_2 - x_{02}) + (x_2 - x_{02}) + (x_3 - x_{03})$$

$$\text{Учитывая, что } x - x_0 = \frac{a_x}{2} \Delta t^2 \quad (6)$$

Получаем взаимосвязь между ускорениями

$$a_{1x} + 2a_{2x} + a_{3x} = 0 \quad (7)$$

Способ 2.

Учитывая, что $m_2 = 2m_1$ и соотношения (1) и (2), делаем вывод, что

$$a_{1x} = a_{2x} \quad (8)$$

Если эти грузы за малый интервал времени сместятся на Δx , то груз m_3 сместится в противоположную сторону на $3\Delta x$. Поэтому для ускорений будет иметь место соотношение $a_{3x} = -3a_{1x}$

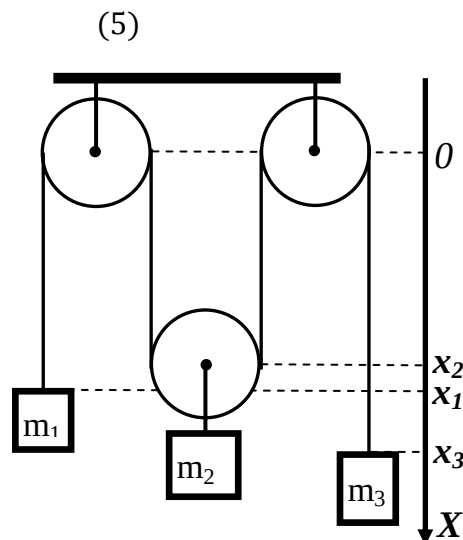
$$(9)$$

Продолжение решения для обоих способов

Решая систему уравнений (1), (2), (3), (7) или (1), (3), (8), (9), получаем

$$a_{1x} = a_{2x} = -0,2g = -2\text{ м/с}^2, \quad a_{3x} = 0,6g = 6\text{ м/с}^2$$

Значит, первый и второй грузы движутся вверх с ускорением 2 м/с^2 , а третий – вниз с ускорением 6 м/с^2



Критерии оценки. За обоснованный ответ на вопрос 1 ставить 1 или 2 балла (на усмотрение жюри). За обоснованный ответ на вопрос 2 ставить 1 балл. Ответы без обоснования не оценивать. За корректную запись законов Ньютона для каждого груза ставить 2 балла за все три уравнения. За нахождение взаимосвязи между ускорениями ставить 2 балла. За указание направления движения грузов ставить 1 балл. За нахождение числовых значений ускорений грузов ставить 2 балла. Если допущена на каком-то этапе ошибка, но потом найденное значение правильно используется в дальнейших расчётах, то за каждый следующий оцениваемый этап ставить половину баллов от номинального. Итоговый ответ округлить до целого с избытком.

3. «Сопrotивления 10». (10 баллов) Десятиклассница Вольтметрикова. Решила измерить сопротивление резистора. Но у неё был только очень точный вольтметр с очень большим внутренним сопротивлением, ещё один резистор, сопротивление которого было очень точно измерено и равно 12 Ом , измерительные провода с очень малым сопротивлением и источник

тока, напряжение на котором могло изменяться в зависимости от сопротивления, подключенного к нему участку электрической цепи. Вольтметрикова немного подумала, собрала цепь и провела два измерения вольтметром. Как она это сделала, она не сказала, лишь сообщила, что в первом измерении вольтметр показал 24 В, а второй раз 8 В. Каким оказалось неизвестное сопротивление. Какую цепь (какие цепи) она собирала для измерения? Погрешностями измерений можно пренебречь. Считать, что Вольтметрикова измерила всё правильно.

3. «Сопротивления 10». (10 баллов) Возможное решение. Чтобы напряжение на источнике не изменялось во время измерений надо включить оба сопротивления последовательно. (1)

В этом случае сила тока через них будет одинаковой. (2)

В этом случае отношение напряжений на участках цепи будет прямо пропорционально отношению их сопротивлений (3)

Но, поскольку указаний о том, как подключался вольтметр, то возможны несколько вариантов.

Вариант 1. 24 В это напряжение на известном резисторе, а 8 В на неизвестном, тогда сопротивление неизвестного в три раза меньше известного и равно 4 Ом.

Вариант 2. 24 В это напряжение на неизвестном резисторе, а 8 В на известном, тогда сопротивление неизвестного равно 36 Ом.

Вариант 3. 24 В это общее напряжение на обоих резисторах, а 8 В на неизвестном, тогда сопротивление неизвестного равно 6 Ом.

Вариант 4. 24 В это общее напряжение на обоих резисторах, а 8 В на известном, тогда сопротивление неизвестного равно 24 Ом.

Критерии оценки. За пункт (1) ставить 2 балла

За пункты (2)-(3) ставить по 1 баллу.

За правильный один из вариантов ставить 3 балла

За каждый следующий вариант добавлять по 1 баллу

Если допущена математическая ошибка, то за этот пункт оценку не ставить.

4. «Теплообмен 10». (10 баллов) В теплоизолированном сосуде находится 200 г воды при температуре 20 °С. В воду кладут 100 г льда при температуре –10 °С. Определите температуру и содержимое сосуда после установления теплового равновесия. Удельная теплоёмкость воды равна 4200 Дж/кг°С, удельная теплота плавления льда равна $3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплота парообразования воды равна $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, удельная теплоёмкость льда равна 2100 Дж/кг°С.

4. «Теплообмен 10». (10 баллов) Возможное решение. Лёд начнёт нагреваться, а вода охлаждаться. (1)

Проведём предварительную оценку результата теплообмена. Найдём количество теплоты, которое могла бы выделить вода при остывании до 0°С :

$$Q_1 = c_w m_w (t_w - 0), \text{ получаем } Q_1 = 16800 \text{ Дж}. \quad (2)$$

Найдём количество теплоты, которое необходимо для нагревания льда до 0°С .

$$Q_2 = c_l m_l (0 - t_l), \text{ получаем } Q_2 = 2100 \text{ Дж}. \quad (3)$$

Видим, что $Q_1 > Q_2$, значит, лёд нагреется до нуля раньше воды и начнёт плавиться. (4)

Количество теплоты, которое необходимо для плавления всего льда равно $Q_3 = \lambda m_l$,

$$\text{получаем } Q_3 = 34000 \text{ Дж}. \quad (5)$$

Видим, что $Q_2 + Q_3 > Q_1$. Значит, когда вода охладится до нуля, лёд ещё не весь растает. (6).

Следовательно, в калориметре установится температура 0°С .

За счет этого лёд нагреется до нуля и теплообмен закончится. (7)

Выясним, сколько льда растаяло, для этого запишем уравнение теплового баланса

$$Q_1 = Q_2 + \lambda m_{пл}. \quad (8)$$

$$\text{Откуда } m_{\text{пл}} = \frac{Q_1 - Q_2}{\lambda}, \text{ т.е. } m_{\text{пл}} = 0,043 \text{ кг}. \quad (9)$$

Следовательно, в сосуде окажется 243 г воды и 57 г льда. (10)

Критерии оценки. За каждый пункт ставить 1 балл

При альтернативном решении градацию баллов принять похожую и записать её, чтобы учащиеся при апелляции и региональная комиссия при возможной перепроверке могли понять.

5. «Давление потока 10». (10 баллов) Струя воды ударяется о вертикальную стенку, расположенную перпендикулярно к струе. После удара струя стекает вниз по стене. Найдите силу, с которой струя действует на стену, если площадь сечения струи 5 см^2 , а её скорость 8 м/с .

5. «Давление потока 10». (10 баллов) **Возможное решение.** Согласно закону сохранения импульса можно записать $\Delta m \cdot (0 - v) = -F \cdot \Delta t$, (1)

где Δm - масса воды, которая за время Δt ударяется о стену.

$$\text{Тогда } F = \frac{\Delta m \cdot v}{\Delta t} = \frac{\rho \cdot \Delta V \cdot v}{\Delta t}. \quad (2)$$

$$\text{Учтём, что } \frac{\Delta V}{\Delta t} = S \cdot v \quad (3)$$

$$\text{и получим } F = \rho S v^2. \quad (4)$$

$$\text{Подставив числовые значения, получаем } F = 32 \text{ Н}. \quad (5)$$

Критерии оценки. За каждый пункт ставить 2 балла

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2024-2025
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. КАЛУЖСКАЯ ОБЛАСТЬ
11 КЛАСС

Задание подготовлено Красиным М.С., к.п.н., доцентом кафедры физики и математики КГУ им. К.Э. Циолковского

Условия, возможные решения, критерии оценки

1. «Катушка и лампа 11». (10 баллов) Одиннадцатиклассник Собиралкин собрал электрическую цепь, подключив к источнику переменного тока последовательно лампу накаливания, катушку индуктивности с очень малым активным сопротивлением и амперметр. Определите сопротивление спирали лампы, частоту тока и напряжение на клеммах источника, если амперметр показывал 0,75 А, вольтметр при подключении к лампе накаливания показывал 12 В, а при подключении к катушке индуктивности 9 В. На корпусе катушки была указана индуктивность 19,1 мГн. Погрешностью показаний приборов можно пренебречь.

1. «Катушка и лампа 11». (10 баллов) **Возможное решение:** Сопротивление лампы равно

$$R_{\text{л}} = \frac{U_{\text{л}}}{I} = \frac{12 \text{ В}}{0,75 \text{ А}} = 16 \text{ Ом.} \quad (1)$$

Учтём, что сдвиг по фазе между колебаниями тока и напряжения на катушке индуктивности равен $\frac{\pi}{2}$ (2)

Значит, между колебаниями напряжения на катушке и лампе он тоже равен $\frac{\pi}{2}$, получаем, что

$$\text{напряжение на клеммах надо рассчитывать по формуле } U_{\text{и}} = \sqrt{U_{\text{л}}^2 + U_{\text{к}}^2} \quad (3)$$

$$U_{\text{и}} = 15 \text{ В} \quad (4)$$

Индуктивное сопротивление катушки можно рассчитать по формулам $X_L = 2\pi\nu L$ (5)

$$\text{и } X_L = \frac{U_{\text{к}}}{I} \quad (6)$$

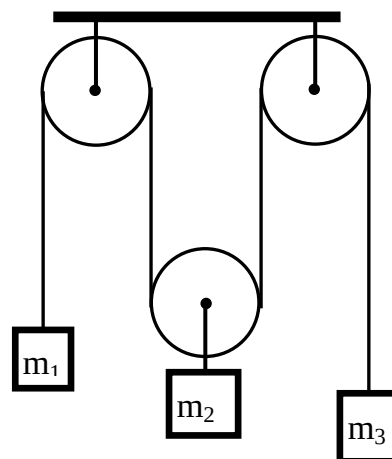
$$\text{Получаем } \nu = \frac{U_{\text{к}}}{I \cdot 2\pi L} \quad (7)$$

Подставив числа, получаем $\nu = 100 \text{ Гц}$ (8)

Критерии оценки.

За каждый пункты (2), (4) – (8) ставить по 1 баллу, даже, если эти пункты учтены в неявном виде. За пункты (1) и (3) ставить 2 балла. Если напряжение на клеммах источника найдено как сумма напряжений, то за пункты (3), (4) и (8) баллы не ставить, а за остальные не снижать.

2. «Блоки 11». (10 баллов) Через два неподвижных и один подвижный блоки перекинута тонкая очень лёгкая практически нерастяжимая нить длиной 3 м. К концам нити и подвижному блоку подвешены грузы. Массы грузов $m_1 = 100 \text{ г}$, $m_2 = 200 \text{ г}$, $m_3 = 50 \text{ г}$. Какой из грузов (один) надо придерживать, чтобы система оставалась неподвижной? Какую силу необходимо для этого прикладывать? С какими ускорениями и в какую сторону начнут двигаться грузы, если систему отпустить. С какой скоростью будет двигаться груз m_3 через 1 с после начала движения? Каждый ответ обоснуйте. Массой блоков и трением можно пренебречь. Свободные участки нити считать вертикальными. $g = 10 \text{ м/с}^2$



2. «Блоки 11». (10 баллов) **Возможное решение. Ответ1:**

Удерживать, вернее, поддерживать надо груз m_3 . **Пояснение:** учитывая условия, можно сделать вывод, что силы натяжения нити везде одинаковы по модулю. Если на груз m_1 действует сила T , то на подвижный блок, с прикрепленным к нему грузом m_2 действует сила $2T$, а масса $m_2 = 2m_1$, значит, если T не равна m_1g , то $2T \neq 2m_1g$, т.е. если удерживать груз m_1 , то груз m_2 не будет в равновесии без поддерживающей (удерживающей) силы. Аналогично рассуждая, понимаем, что и груз m_2 нельзя удерживать. Значит, это должен быть груз m_3

Ответ 2: удерживающая сила должна быть равна 0,5 Н. **Пояснение:** Если удерживают груз m_3 , то груз m_1 находится в равновесии. Значит, сила натяжения нити равна $T = m_1 g = 1$ Н. Такая же сила действует на груз m_3 . Разность между силой тяжести и силой натяжения нити определяет величину силы, необходимой для поддержания системы.

Ответ 3: первый и второй грузы движутся вниз с ускорением 2 м/с^2 , а третий – вверх с ускорением 6 м/с^2

Пояснение: Проведём ось X вниз и запишем 2 закон Ньютона для грузов m_1 и m_3 , а также для системы груз m_2 – подвижный блок

$$m_1 g - T = m_1 a_{1x}, \quad (1), \quad m_2 g - 2T = m_2 a_{2x} \quad (2), \quad m_3 g - T = m_3 a_{3x} \quad (3)$$

Для решения системы, нужно ещё одно уравнение. Его можно получить из условия нерастяжимости нити.

Способ 1. Выразим длину нити через координаты грузов

$$L = (x_1 - 0) + l + (x_2 - 0) + l + (x_2 - 0) + l + (x_3 - 0) \quad (4)$$

Это соотношение будет выполняться для любого момента рассматриваемого движения грузов.

Поэтому можно записать, что

$$0 = (x_1 - x_{01}) + (x_2 - x_{02}) + (x_2 - x_{02}) + (x_3 - x_{03}) \quad (5)$$

$$\text{Учитывая, что } x - x_0 = \frac{a_x}{2} \Delta t^2 \quad (6)$$

Получаем взаимосвязь между ускорениями

$$a_{1x} + 2a_{2x} + a_{3x} = 0 \quad (7)$$

Способ 2.

Учитывая, что $m_2 = 2m_1$ и соотношения (1) и (2), делаем вывод, что

$$a_{1x} = a_{2x} \quad (8)$$

Если эти грузы за малый интервал времени сместятся на Δx , то груз m_3 сместится в противоположную сторону на $3\Delta x$. Поэтому для ускорений будет иметь место соотношение $a_{3x} = -3a_{1x}$ (9)

Продолжение решения для обоих способов

Решая систему уравнений (1), (2), (3), (7) (или (1), (3), (8), (9)), получаем

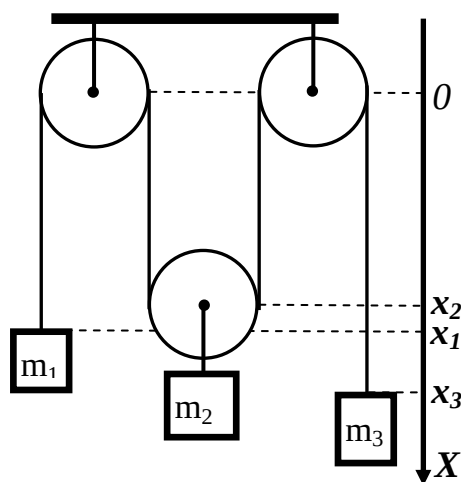
$$a_{1x} = a_{2x} = 0,2g = 2 \text{ м/с}^2, \quad a_{3x} = -0,6g = -6 \text{ м/с}^2$$

Значит, первый и второй грузы движутся вниз с ускорением 2 м/с^2 , а третий – вверх с ускорением 6 м/с^2

4. Ответ: Определить невозможно. **Пояснение:** Учитывая, что начальная скорость груза равна нулю, его скорость через время Δt можно найти по формуле $v_{3x} = a_{3x} \cdot \Delta t$, $v_{3x} = 6 \text{ м/с}$. Теперь надо проверить, что через 1 с после начала движения математическая модель зависимости скорости груза от времени будет именно такая как и в начале движения, поскольку длина нити ограничена. Найдём, каким будет перемещение этого груза за 1 с. Для этого воспользуемся формулой $\Delta x_3 = \frac{a_{3x}}{2} \Delta t^2$. Подставив числовые значения, получаем, что $\Delta x_3 = 3 \text{ м}$. Но, поскольку вся длина нити равна 3 м, то менее, чем через 1 с груз m_3 столкнётся с блоком и характер его дальнейшего движения предсказать нельзя.

Критерии оценки. За обоснованный ответ на вопрос 1 ставить 1 балл. За обоснованный ответ на вопрос 2 ставить 1 балл. Ответы без обоснования не оценивать. За корректную запись законов Ньютона для каждого груза ставить 1 балла за все три уравнения. За нахождение взаимосвязи между ускорениями ставить 2 балла. За указание направления движения грузов ставить 1 балл. За нахождение числовых значений ускорений грузов ставить 2 балла. За обоснованный ответ, что числовое значение скорости найти невозможно, ставить 2 балла. А если вычислена скорость $v_{3x} = 6 \text{ м/с}$, учитывая нестандартность задачной ситуации и умение работать с моделью равноускоренного движения, ставить 1 балл.

3. «Кто точнее II». (10 баллов) Получив задание измерить объём бруска, ученики Юра и Ася решили действовать разными методами.



Юра взял линейку с миллиметровыми делениями и измерил длину, ширину и высоту бруска. У него получились габариты $20 \text{ мм} \times 25 \text{ мм} \times 100 \text{ мм}$.

Ася взяла мерный цилиндр с водой, измерила объём воды, он получился равным 30 мл. Затем погрузила брусок полностью в воду и определила, что общий объём оказался равен 82 мл. Какой объём бруска получился у Юры? Какой – у Аси? Кто измерил точнее? Ответ обоснуйте. При обосновании учтите, что погрешности результатов непосредственных (прямых) измерений можно считать равными цене деления соответствующего измерительного прибора. Цена деления мерного цилиндра у Аси была равна 2 мл.

3. «Кто точнее II». (10 баллов) Возможное решение:

Если не учитывать погрешность измерения, то

$$\text{Юра получил } V_1 = 20 \text{ мм} \cdot 25 \text{ мм} \cdot 100 \text{ мм} = 50000 \text{ мм}^3 = 50 \text{ см}^3, \quad (1)$$

$$\text{а Ася получила } V_2 = 82 \text{ мл} - 30 \text{ мл} = 52 \text{ мл} = 52 \text{ см}^3 \quad (2)$$

Если учитывать погрешности измерений, то следует учесть возможную погрешность измерения длины, равную 1 мм, то максимальное значение объёма равно

$$V_{1\text{БГ}} = 21 \text{ мм} \cdot 26 \text{ мм} \cdot 101 \text{ мм} = 55146 \text{ мм}^3, \text{ а минимальное}$$

$$V_{1\text{НГ}} = 19 \text{ мм} \cdot 24 \text{ мм} \cdot 99 \text{ мм} = 45144 \text{ мм}^3$$

$$\text{Погрешность измерения объёма равна } \Delta V_1 = 0,5(V_{1\text{БГ}} - V_{1\text{НГ}}) = 5001 \text{ мм}^3$$

$$\text{Округляя до одной значащей цифры, получаем } \Delta V_1 = 5000 \text{ мм}^3 = 5 \text{ см}^3 \quad (3)$$

$$\text{Результат измерения принимаем равным } V_1 = 0,5(V_{1\text{БГ}} + V_{1\text{НГ}}) = 50145 \text{ мм}^3$$

$$\text{Округляя результат до минимального разряда погрешности, получаем } V_1 = 50 \text{ см}^3 \quad (4)$$

$$\text{Таким образом, результат измерения Юры следует записать } V_1 = 50 \text{ см}^3 \pm 5 \text{ см}^3 \quad (5)$$

$$\text{Погрешность измерения объёма мензуркой равна 2 мл, но измерялись два объёма, поэтому погрешность следует принять равной 4 мл} \quad (6)$$

$$\text{Таким образом, результат измерения Аси следует записать } V_2 = 52 \text{ см}^3 \pm 4 \text{ см}^3 \quad (7)$$

$$\text{Точность измерения характеризует относительная погрешность } \varepsilon = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100\%$$

$$\varepsilon_1 = \frac{5}{50} 100\% = 10\%, \quad (8) \quad \varepsilon_2 = \frac{4}{52} 100\% = 7,6923 \dots \% = 8\% \quad (9)$$

Получается, что результат измерения Аси более точный.

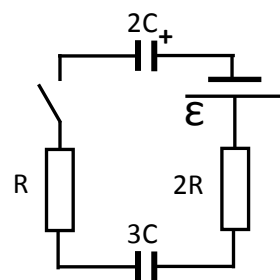
Критерии оценки.

За каждый пункт (1) – (9) ставить 1 балл, за вывод добавить 1 балл.

Если погрешность измерения Аси принята за 2 мл, то за этот пункт оценку не ставить, но за остальные расчёты, сделанные на основании данного результата оценку не снижать.

Если была сделана попытка оценки погрешности, но она оказалась неправильной (без сравнения относительных погрешностей (может быть и в неявном виде)), то за эту попытку добавлять не более 2 баллов.

4. «Конденсаторы II». (10 баллов) На схеме, изображённой на рисунке, в начальный момент верхний конденсатор ёмкостью $2C$ имеет заряд q_0 , ключ разомкнут, нижний конденсатор ёмкостью $3C$ не заряжен. Вычислите, сколько энергии выделится на резисторе сопротивлением $2R$ после замыкания ключа. Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Учтите, что в начальный момент правая обкладка верхнего конденсатора заряжена положительно.



4. «Конденсаторы II». (10 баллов) Возможное решение. Основная идея решения:

$$W_0 + A_{\text{ум}} = W_1 + W_2 + Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

$$\text{т.е. } \frac{q_0^2}{2 \cdot 2C} + \Delta q \varepsilon = \frac{q_1^2}{2 \cdot 2C} + \frac{q_2^2}{2 \cdot 3C} + Q_1 + Q_1 \frac{R}{2R} \quad (\text{при последовательном включении резисторов})$$

тепловая мощность, выделяющаяся на каждом резисторе, прямо пропорциональна его сопротивлению). (2)

Чтобы найти заряды, оказавшиеся на конденсаторах после замыкания ключа, воспользуемся принципом суперпозиции, а предварительно разобьём задачу на две ситуации:

сначала найдём, какие заряды оказались бы на конденсаторах, если бы не было начального заряда, затем найдём, какие заряды оказались бы на конденсаторах, если бы не было источника тока. (3)

Решение первой подзадачи: Эквивалентная ёмкость двух включенных последовательно конденсаторов равна $C_{\text{экв}} = \frac{2C \cdot 3C}{2C + 3C} = 1,2C$. (4)

Поэтому на каждом конденсаторе окажется заряд равный $q = C_{\text{экв}} \cdot \varepsilon = 1,2C\varepsilon$. Причём на правой обкладке верхнего конденсатора будет заряд $q_1' = -1,2C\varepsilon$, а на правой обкладке нижнего конденсатора будет заряд $q_2' = 1,2C\varepsilon$. (5)

Решение второй подзадачи: Если бы не было источника тока, то после замыкания ключа напряжение на конденсаторах стало бы одинаковым, значит $\frac{q_1''}{2C} = \frac{q_2''}{3C}$, (6)

причём $q_1'' + q_2'' = q_0$ и на правых обкладках обоих конденсаторов будет положительный заряд.

Следовательно, $q_1'' = 0,4q_0$, $q_2'' = 0,6q_0$. (7)

В результате суперпозиции получаем, что на правых обкладках конденсаторов заряды равны $q_1 = -1,2C\varepsilon + 0,4q_0$ и $q_2 = 1,2C\varepsilon + 0,6q_0$ соответственно. (8)

Так как на нижнем конденсаторе заряда не было, то, заряд, прошедший через источник тока, равен $\Delta q = q_2 = 1,2C\varepsilon + 0,6q_0$. (9)

Следовательно, $\frac{q_0^2}{2 \cdot 2C} + (1,2C\varepsilon + 0,6q_0)\varepsilon = \frac{(-1,2C\varepsilon + 0,4q_0)^2}{4C} + \frac{(1,2C\varepsilon + 0,6q_0)^2}{6C} + \frac{3}{2}Q_1$,

откуда $Q_1 = 0,1\frac{q_0^2}{C} + 0,4C\varepsilon^2 + 0,4q_0\varepsilon$. (10)

Критерии оценки. За каждый пункт (1) – (10) ставить 1 балл,

В случае использования других способов решения можно составить и записать соответствующие им критерии оценки, но они должны приблизительно соответствовать указанному в авторском варианте.

5. «Пузырёк 11». (10 баллов) Оцените (приблизительно) количество молекул водяного пара, находящихся внутри воздушного пузырька диаметром 1см, поднимающегося в кипящей воде.

Постоянную Больцмана принять равной $1,4 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$, постоянную Авогадро $6 \cdot 10^{23} \text{моль}^{-1}$,

универсальную газовую постоянную $8,3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$.

5. «Пузырёк 11». (10 баллов) **Возможное решение.** $p = nkT$, (1)

$$n = \frac{N}{V}, N = \frac{pV}{kT} \quad (2)$$

Учтём, что давление в пузырьке равно атмосферному давлению $p = 10^5 \text{Па}$ (3).

Температура кипения $T = 373\text{К}$ (4)

В пузырьке находятся в основном молекулы водяного пара (5).

$$\text{Объём шара } V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi \cdot d^3. \quad (6)$$

$$\text{Следовательно, } N = \frac{p \cdot \pi \cdot d^3}{6kT} \quad (7).$$

Подставив числовые данные, получаем $N \approx 10^{19}$. (8)

Критерии оценки. За каждый пункт (1), (2), (4), (6), (7), (8) ставить 1 балл, За пункты (3) и (5) ставить по 2 балла