

Всероссийская олимпиада школьников

школьный этап

2019-2020 учебный год

7 класс

Задача 1

Скорость Гулливера при спокойной ходьбе составляет 100 глумглеффов в секунду, а максимальная скорость маленького гепарда из страны Лилипутии – 1200 блестрег в час. Кто быстрее: Гулливер или гепард-лилипут? Известно, что 70 глумглеффов равны 6-ти футам, 5000 блестрег равны 12-ти милям, в одной миле – 5280 футов.

Возможное решение

Для сравнения двух скоростей необходимо привести их к общей размерности. Выразим скорость гепарда в глумглеффах в секунду. Скорость гепарда составляет:

$$\begin{aligned} 1200 \frac{\text{блес}}{\text{ч}} &= 1200 \cdot \frac{12}{5000} \frac{\text{миль}}{\text{ч}} = 1200 \cdot \frac{12}{5000} \cdot 5280 \frac{\text{фут}}{\text{ч}} = 1200 \cdot \frac{12}{5000} \cdot 5280 \cdot \frac{70}{6} \frac{\text{глюм}}{\text{ч}} = \\ &= 1200 \cdot \frac{12}{5000} \cdot 5280 \cdot \frac{70}{6} \cdot \frac{1}{3600} \frac{\text{глюм}}{\text{с}} = 49,28 \frac{\text{глюм}}{\text{с}}. \end{aligned}$$

Таким образом, Гулливер быстрее гепарда-лилипута.

Критерии оценивания

Высказана идея о приведении скоростей к общей размерности **3 балла**

Скорости приведены к общей размерности **5 балла**

Получено верное соотношение скоростей **2 балла**

Максимум за задачу 10 баллов.

Задача 2

Самое трудное – узнать человека. Говорят, для этого нужно съесть с ним пуд (16 кг) соли. Сколько времени понадобится для этого, если медицинская норма потребления соли одним человеком 5 г в сутки? Хватит ли на это одиннадцати школьных лет?

Возможное решение:

Составляем пропорцию $m_{\text{общ}} / t_{\text{общ}} = 2 \cdot m_1 / t_1$ и выражаем искомое время $t_{\text{общ}} = m_{\text{общ}} \cdot t_1 / (2 \cdot m_1)$; приводим данные значения массы к одинаковым единицам измерения, к примеру переводим в граммы: $m_{\text{общ}} = 16000$ г;

вычисляем $t_{\text{общ}} = (16000 \text{ г} \cdot 1 \text{ сут}) / 10 \text{ г} = 1600 \text{ сут.}$;

Переводим значение в года, зная, что в году 365,25 дней (можно взять 365 суток) .

$t_{\text{общ}} = (1600 \text{ сут} \cdot 1 \text{ год}) / 365 \text{ сут} = 4,38 \text{ год}$

Ответ: $t_{\text{общ}} = 4,38 \text{ год}$. Да, одиннадцати лет хватит.

Критерии оценивания:

За догадку, что соль едят 2 человека

2 балла

за правильную идею решения	3 балла;
за перевод единиц измерения массы ставится	1 балл;
за расчёт времени в сутках ставится	1 балл;
за указание количества дней в году ставится	1 балл;
за правильный ответ	2 балла

Задача 3

Лыжник юношеской сборной города А, который идёт со скоростью 5 м/с, отстаёт на 40 м от лыжника сборной города В, который идёт со скоростью 3 м/с. Кто из лыжников придёт к финишу первым, если расстояние от идущего впереди лыжника до финиша равно 0,060 км?

Возможное решение:

Время движения лыжника из города А $t_A = (L_B + \Delta L) / v_A$, где L_B - расстояние от идущего впереди лыжника из города В до финиша, ΔL - расстояние между лыжниками в начальный момент времени.

Перевод в СИ: $L_B = 60$ м,

Расчёт $t_A = (60 \text{ м} + 40 \text{ м}) / 5 \text{ м/с} = 20$ с,

Время движения лыжника из города В $t_B = L_B / v_B$,

Расчёт $t_B = 60 \text{ м} / 3 \text{ м/с} = 20$ с.

Ответ: одновременно.

Критерии оценивания

за перевод единиц измерения расстояния в СИ ставится **2 балла**;

за расчёт времени t_A (4) ставится **3 балла**;

за расчёт времени t_B (6) ставится **3 балла**;

правильный ответ **2 балла**

Задача 4

Карлсон съедает 30 конфет каждый раз, когда летит от своего домика на крыше до квартиры Малыша. Однажды мотор Карлсона заглох в полёте, поэтому оставшиеся две трети пути до дома Малыша Карлсону пришлось идти пешком. Известно, что в этот раз за всё время движения Карлсон съел 42 конфеты. Во сколько раз быстрее Карлсон летает, чем ходит пешком? Считайте, что Карлсон летает и ходит с постоянными скоростями, а все конфеты ест за одинаковые промежутки времени и, съев конфету, тут же принимает за следующую.

Возможное решение:

Так как все конфеты одинаковые и Карлсон их всё время ел, то количество съеденных конфет пропорционально прошедшему времени. Когда Карлсон пролетел 1/3 пути, он съел 10 конфет. За оставшуюся дорогу он съел всего 32 конфеты вместо обычных 20-ти, т.е. времени на преодоление оставшегося пути прошло в $32/20=8/5$ раз больше. Отсюда следует, что скорость Карлсона в полёте в $8/5 = 1,6$ раз больше, чем при ходьбе.

Критерии оценивания

Количество съеденных конфет пропорционально прошедшему времени	2 балла
На 1/3 пути Карлсон съел 10 конфет	2 балла
За оставшуюся дорогу он съел всего 32 конфеты вместо обычных 20-ти	3 балла
Окончательный ответ.....	3 балла

Всероссийская олимпиада школьников

школьный этап

2019-2020 учебный год

8 класс

Задача 1

Лыжник юношеской сборной города А, который идёт со скоростью 18 км/ч, отстаёт на 40 м от лыжника сборной города В, который идёт со скоростью 3 м/с. Кто из лыжников придёт к финишу первым, если расстояние от идущего впереди лыжника до финиша равно 0,060 км?

Возможное решение:

Время движения лыжника из города А $t_A = (L_B + \Delta L) / v_A$, (1) где L_B - расстояние от идущего впереди лыжника из города В до финиша, ΔL - расстояние между лыжниками в начальный момент времени.

Перевод в СИ: $v_A = 5$ м/с (2), $L_B = 60$ м (3),

Расчёт $t_A = (60 \text{ м} + 40 \text{ м}) / 5 \text{ м/с} = 20$ с (4),

Время движения лыжника из города В $t_B = L_B / v_B$, (5)

Расчёт $t_B = 60 \text{ м} / 3 \text{ м/с} = 20$ с (6).

Ответ: одновременно (7).

Критерии оценивания

за запись формулы (1) ставиться **2 балла**;

за перевод единиц измерения скорости в СИ (2) ставится **1 балл**;

за перевод единиц измерения расстояния в СИ (3) ставится **1 балл**;

за расчёт времени t_A (4) ставится **1 балл**

за запись формулы (5) ставиться **2 балла**;

за расчёт времени t_B (6) ставиться **1 балл**;

за правильный ответ (7) ставится **2 балла**.

Задача 2

После доливания в аквариум воды объёмом 12 л его давление на стол увеличилось на 1 кПа. Когда в аквариум запустили рыбок, давление возросло ещё на 0,02 кПа. Какова масса рыбок? (g принимаем за 10 м/с²)

Возможное решение:

Сила тяжести рассчитывается по формуле $F = mg$, а масса - $m = \rho V$, $p = F/S$ применяя эти формулы, получаем изменение давления после доливания воды

$$\Delta p_B = \Delta F_{\text{тяж с водой}} / S = \Delta m_B g / S = \Delta V_B \rho_B g / S;$$

выражаем отсюда площадь дна аквариума $S = \Delta V_B \rho_B g / \Delta p_B$.

Изменение давления после запуска рыбок $\Delta p_P = \Delta F_{\text{тяж с рыбами}} / S = m_P g / S$.

Отсюда выражаем массу рыбок:

$$m_P = \Delta p_P S / g = (\Delta p_P \Delta V_B \rho_B g) / g \Delta p_B = (\Delta p_P \Delta V_B \rho_B) / \Delta p_B$$

Переводим объём воды в м³, а давление в Па.

Вычисляем массу рыбок $m_P = (0,02 * 10^3 \text{ Па} * 12 * 10^{-3} \text{ м}^3 * 1000 \text{ кг/м}^3) / 1 * 10^3 \text{ Па} = 0,24$ кг.

Критерии оценивания:

Записана формула силы тяжести – 2 балла

Записана формула изменения давления при долипании воды – 2 балла
 Найдена площадь аквариума – 2 балла
 Записана формула изменения давления при запуске рыбок – 2 балла
 Найдена масса рыбок – 2 балла
Возможно решение по действиям.

Задача 3

Методом гидростатического взвешивания определяют плотность соленой воды. Показания пружинных весов следующие: груз в воздухе 1Н, в пресной воде 0,89 Н, а в соленой воде 0,82 Н. Чему равна плотность соленой воды? Нарисовать и показать все силы, действующие на груз в этом случае.

Возможное решение.

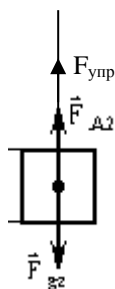
Выталкивающая сила Архимеда в пресной воде $F_{a1} = \rho_{в} g V_T = P_{в\ в\ о\ з\ д} - P_{в\ в\ о\ д\ е}$ (1).

Выталкивающая сила Архимеда в солёной воде $F_{a2} = \rho_{с\ о\ л. \ в} g V_T = P_{в\ в\ о\ з\ д} - P_{в\ с\ о\ л. \ в\ о\ д\ е}$ (2).

Из (1) $V_T = (P_{в\ в\ о\ з\ д} - P_{в\ в\ о\ д\ е}) / \rho_{в} g$ (3) $V_T = 0.011 \text{ м}^3$ (4)

Из (2) $\rho_{с\ о\ л. \ в} = (P_{в\ в\ о\ з\ д} - P_{в\ с\ о\ л. \ в\ о\ д\ е}) / V_T$ (5). $\rho_{с\ о\ л. \ в} = 1640 \text{ кг/м}^3$. (6)

Критерии оценивания:



- За запись формулы (1) 2 балла
- За запись формулы (2) 2 балла
- За запись формулы (3) 1 балла
- За правильный расчёт объёма тела (4) 1 балл
- За запись формулы (5) 2 балла
- За правильный расчёт плотности (6) 1 балл
- За правильный рисунок 1 балл

Задача 4

У Васи есть четыре одинаковых динамометра, один из которых неисправен. Вася соединил все динамометры последовательно друг за другом и повесил к ним груз. Показания динамометров, начиная от нижнего, составили: 4 Н, 9 Н, 12 Н, 19 Н. Можно ли по этим данным определить, какой из динамометров неисправен? Если можно, то определите. Если нельзя – то объясните, почему.

Возможное решение

Показания исправных одинаковых динамометров должны увеличиваться на одну и ту же величину при переходе к следующему более высокому динамометру, так как более высокий динамометр взвешивает, кроме груза, и все динамометры, находящиеся снизу под ним. Предположим, что неисправен нижний динамометр, тогда остальные три должны быть исправны, однако разницы их показаний не одинаковы, то есть приходим к противоречию. Аналогично убеждаемся, что верхний динамометр также должен быть исправным. Отсюда следует, что груз весит 4 Н, а три нижних динамометра весят $(19 \text{ Н}) - (4 \text{ Н}) = (15 \text{ Н})$, т.е. вес одного динамометра равен 5 Н. Следовательно, неисправен третий динамометр, считая снизу, – тот, который показывает 12 Н.

Критерии оценивания

Показания исправных одинаковых динамометров должны увеличиваться на одну и ту же величину при переходе к следующему более высокому динамометру 1 балл
Более высокий динамометр взвешивает, кроме груза, еще и все динамометры, находящиеся снизу..... 2 балла
Доказано, что нижний динамометр исправен..... 2 балла
Доказано, что верхний динамометр исправен 1 балл
Груз весит 4 Н 1 балл
Один динамометр весит 5 Н 2 балла
Установлено, что третий динамометр, считая снизу, неисправен 1 балл
Максимум за задачу 10 баллов.

Всероссийская олимпиада школьников

школьный этап

2019-2020 учебный год

9 класс

Задача 1

Петя и Вася поспорили, кто быстрее преодолеет расстояние $l = 3,0$ км от дома до поляны с земляникой. Первую часть пути они бежали по лесу, а вторую плыли по озеру. Петя бежал со скоростью $v_1 = 10$ км/ч, а Вася с $v_2 = 11$ км/ч, но плыл Петя с $v_3 = 2,0$ км/ч, а Вася с $v_4 = 1,0$ км/ч. Какое время Петя плыл по озеру, если до поляны мальчики добрались одновременно?

Возможное решение

Пусть Петя проплыл расстояние s . Тогда времена движения мальчиков равны:

$$\frac{l-s}{v_1} + \frac{s}{v_3} = \frac{l-s}{v_2} + \frac{s}{v_4}, \text{ откуда } s = l \frac{\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}}{\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_3} + \frac{1}{v_4}}, \text{ и } t = \frac{l}{v_3} \frac{\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}}{\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2} - \frac{1}{v_3} + \frac{1}{v_4}} = 1,6 \text{ мин.}$$

Критерии оценивания

- | | |
|--|---------|
| • выражены времена движения на отдельных участках по 1 баллу | 4 балла |
| • уравнение равенства времен мальчиков | 1 балл |
| • найден путь по озеру | 3 балла |
| • выражение для времени плавания Пети | 1 балл |
| • численный ответ | 1 балл |

Задача 2

В калориметр налито 100 г воды, имеющей температуру $20,0$ °С. В калориметр помещают металлическое тело массой 40,0 г, нагретое до температуры $100,0$ °С. После установления теплового равновесия температура в калориметре стала равна $23,2$ °С. Найдите удельную теплоёмкость металла, из которого изготовлено тело. Удельная теплоёмкость воды $4,19$ кДж/(кг · °С), теплоёмкость калориметра $35,2$ Дж/°С, потерями теплоты в окружающую среду можно пренебречь.

Примечание: теплоёмкостью тела называется количество теплоты, которое нужно сообщить этому телу для того, чтобы его температура увеличилась на 1 °С.

Возможное решение:

Запишем уравнение теплового баланса

$$c_B m_B (t_K - t_1) + C_K (t_K - t_1) = c_M m_T (t_T - t_K), \text{ где } C_K - \text{теплоемкость калориметра}$$

Выразим удельную теплоемкость металла

$$c_M = (c_B m_B (t_K - t_1) + C_K (t_K - t_1)) / (m_T (t_T - t_K))$$

$$c_M = 473 \text{ Дж/(кг}^0\text{С)}$$

Критерии оценивания

Учет теплоемкости калориметра	3 балла
Записано уравнение теплового баланса	4 балла
Найдена теплоемкость металла	3 балла

Задача 3

В кружке находится смесь воды и льда. После того как содержимое кружки 2 минуты нагревали кипятильником, в ней оказалось 300 мл воды при температуре 30 °С. Кипятильник работает от сети напряжением 220 В, и его сопротивление равно 95 Ом. Найдите массу льда в кружке до начала нагревания. Плотность воды 1,0 г/см³, её удельная теплоёмкость 4,2 кДж/(кг·°С), удельная теплота кристаллизации 0,33 МДж/кг. Потерями теплоты в окружающую среду и на нагревание кружки можно пренебречь.

Возможное решение

Первоначально в кружке находится смесь воды и льда, т.е. начальная температура смеси 0°

Найдем количество теплоты, переданное смеси кипятильником:

$$Q = \frac{U^2}{R} t, \quad Q = 61137 \text{ Дж}$$

Пусть m - масса льда в кружке, а m_0 – масса льда и воды

$$m_0 = V\rho, \quad m_0 = 300\text{г} = 0,3\text{кг}$$

Согласно уравнению теплового баланса теплота, выделяемая кипятильником, идет на плавление льда и нагревание воды:

$$Q = \lambda m + m_0 c_v (t_v - t_{cm}),$$

$$\text{тогда } m = (Q - m_0 c_v (t_v - t_{cm})) / \lambda$$

$$m \cong 0,07 \text{ кг}$$

Критерии оценивания:

Указано на условие что смесь воды и льда имеют температуру 00	2балла
Записана формула для расчета количества теплоты, выделяемого кипятильником	2балла
Найдена масса воды и льда	2балла
Записано уравнение теплового баланса	2 балла
Получен правильный ответ	2 балла

Задача 4

Как надо соединить четыре проводника с сопротивлениями 1 Ом, 2 Ом, 3 Ом, 4 Ом, чтобы получить сопротивление 2,5 Ом.

Возможное решение:

Так как общее сопротивление участка цепи меньше суммы сопротивлений всех проводников, но больше сопротивления первого проводника и второго в отдельности, то соединение проводников должно быть смешанным. $R_1 + R_4 = R_2 + R_3 = 5$ Ом, и $R_{\text{общ}} = (R_1 + R_4)/2 = 2,5$ Ом, значит R_1, R_4 и R_2, R_3 попарно соединены последовательно, а между собой пары соединены параллельно.

Критерии оценивания:

за рассуждение о необходимости смешанного соединения проводников – 4 балла,

за запись формул последовательного и параллельного соединения проводников – 2 балла,

за последовательное расположение резисторов R_1, R_4 и R_2, R_3 – 2 балла,

за параллельное расположение пар резисторов – 2 балла.

Задача 5

Однородный кирпич, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда, положили трижды на поверхность горизонтального стола разными гранями. В первом случае давление, которое оказывает кирпич на поверхность стола, равно 1 кПа, во втором – 2 кПа, в третьем – 4 кПа. Найдите массу кирпича, если плотность материала, из которого он изготовлен, равна $1,6 \text{ г/см}^3$. Атмосферное давление не учитывать. Считайте, что $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Возможное решение

Пусть длины рёбер кирпича равны a, b и c . Тогда площади граней равны ab, bc и ac соответственно.

Давление выражается через силу F_{\perp} , действующую на опору перпендикулярно к ней, и площадь S контакта с этой опорой, как $P = \frac{F_{\perp}}{S}$. На опору

перпендикулярно ей во всех случаях действует вес кирпича, численно равный mg , если кирпич находится в равновесии. Тогда:

$$\begin{cases} P_1 = \frac{mg}{ab} = 1 \text{ кПа}, \\ P_2 = \frac{mg}{bc} = 2 \text{ кПа}, \\ P_3 = \frac{mg}{ac} = 4 \text{ кПа}. \end{cases}$$

Заметим, что если перемножить все три равенства, то получится:

$$P_1 P_2 P_3 = \frac{(mg)^3}{(abc)^2} = \frac{(mg)^3}{V^2} = \left(\frac{m}{V}\right)^2 mg^3 = \rho^2 mg^3,$$

откуда

$$m = \frac{P_1 P_2 P_3}{\rho^2 g^3} = \frac{1000 \cdot 2000 \cdot 4000}{1600^2 \cdot 10^3} \frac{\text{Па}^3}{\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)^2 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)^3} = 3,125 \text{ кг}.$$

Примечание: если при решении задачи школьники будут считать известным, что стороны кирпича относятся как 1:2:4, и, исходя из этого, получат верный ответ, – то такое решение следует считать правильным.

Критерии оценивания

Записана формула для выражения давления (в общем виде) **1 балл**
 Для каждого из трёх положений кирпича записано выражение
 для давления через массу и длины рёбер кирпича
 (по **2 балла** за каждое) **6 баллов**
 Получено верное выражение для массы кирпича **2 балла**
 Получено значение массы кирпича **1 балл**
Максимум за задачу 10 баллов.

Всероссийская олимпиада школьников

школьный этап

2019-2020 учебный год

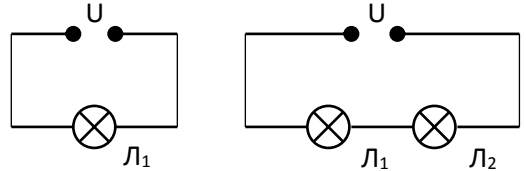
10 класс

Задача 1

Последовательно с лампой L_1 включили в цепь вторую такую же лампу L_2 . Как изменилась мощность, потребляемая лампой L_1 .

Возможное решение:

(1) $P_1 = \frac{U^2}{R}$ – мощность, потребляемая лампой L_1 . R – сопротивление лампы L_1 .



(2) $I_2 = \frac{U}{2R}$ – сила тока в цепи после включения в цепь второй лампы L_2 .

(3) $P'_1 = I_2 R = \frac{U^2}{4R^2} \cdot R = \frac{U^2}{4R}$ – мощность, потребляемая лампой L_1 , после включения лампы L_2 .

(4) $\frac{P'_1}{P_1} = \frac{U^2 \cdot R}{4R \cdot U^2} = \frac{1}{4}$ – мощность уменьшится в 4 раза.

Ответ: уменьшится в 4 раза.

Возможно качественное решение данной задачи

Критерии оценивания:

- Формула (1) – 2 балла
- Формула (2) – 2 балла
- Формула (3) – 2 балла
- Найдено отношение мощностей (4) – 2 балла
- Правильный ответ – 2 балла

Всего: 10 баллов.

Задача 2

На электроплитке нагрели 1,2 л воды от 10°C до 100°C . При этом 3% воды обратились в пар. Сколько времени длилось нагревание, если мощность плитки 800Вт, а ее КПД 65%? Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$, удельная теплота парообразования воды $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Возможное решение:

$M=1,2 \text{ кг}$
$t_1=10^\circ\text{C}$
$t_2=100^\circ\text{C}$
$c=4200$
$\text{Дж}/\text{кг}\cdot^\circ\text{C}$

$L=2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг $P=800$ Вт $\eta=0,65$ $m=0,03$ М <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> τ -?	(1) $\eta = \frac{Q_{\text{пол}}}{Q_{\text{затр}}} = \frac{Q_{\text{нагр}}+Q_{\text{испар}}}{Q_{\text{затр}}} = \frac{cM(t_2-t_1)+Lm}{P\tau}$ (2) $\tau = \frac{cM(t_2-t_1)+Lm}{P\eta} = \frac{4200 \cdot 1,2 \cdot (100-10) + 2,3 \cdot 10^6 \cdot 0,03 \cdot 1,2}{800 \cdot 0,65} =$ $\frac{1,2(4200 \cdot 90 + 69000)}{520} = \frac{536400}{520} = 1031,5$ (с) = 17,2 (мин)
---	--

Ответ: Нагревание длилось 17,2 мин.

Критерии оценивания:

– Формула (1) – 6 баллов (либо формула КПД – 2 балла, формула $cM\Delta t+Lm$ – 2 балла, формула $Q_{\text{затр}} = P\tau$ – 2 балла)

– Формула (2) – 2 балла


– Правильный ответ – 2 балла

Всего: 10 баллов.

Задача 3

Железный ($\rho = 7800$ кг/м³) шар, имеющий внутри полость объемом $V = 2,1 \cdot 10^{-5}$ м³, весит в воздухе $P_1 = 2,6$ Н. Определить плотность жидкости, в которой вес этого шара, полностью в нее погруженного, станет равен $P_2 = 2,2$ Н. (g принимаем за 10 м/с²)

Возможное решение:

$\rho_1 = 7800$ кг/м ³ $V = 2,1 \cdot 10^{-5}$ м ³ $P_1=2,6$ Н $P_2=2,2$ Н <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black;"/> ρ_2 - ?	(1) Вес шара в воздухе (Архимедовой силой, действующей на шар в воздухе, пренебрегаем): $P_1 = mg = \rho_1 g V_{\text{ж}}$, где $V_{\text{ж}}$ – объем железа в шаре. (2) $V_{\text{ж}} = \frac{P_1}{\rho_1 g} = \frac{2,6}{7800 \cdot 10} = 3,3 \cdot 10^{-5}$ (м ³) (3) $V_{\text{ш}} = V + V_{\text{ж}} = 5,4 \cdot 10^{-5}$ (м ³) (4) Вес шара в жидкости: $P_2 = mg - F_A = P_1 - \rho_2 g V_{\text{ш}}$ (5) Из (4) $\Rightarrow \rho_2 = \frac{P_1 - P_2}{g V_{\text{ш}}} = \frac{0,4}{10 \cdot 5,4 \cdot 10^{-5}} = \frac{4000}{5,4} = 736,2$ ($\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$)	
--	---	---

Ответ: Плотность жидкости 736,2 кг/м³.

Критерии оценивания:

– Найден объем железа в шаре – 2 балла

– Найден объем шара – 1 балла

– Правильно записан вес шара в жидкости – 3 балла

– Найдено выражение для плотности жидкости – 2 балла

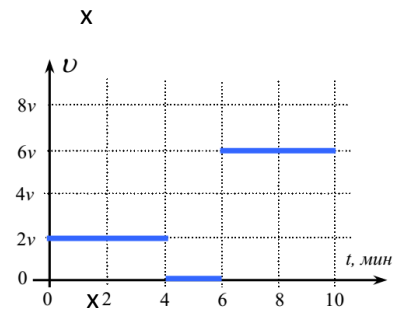
– Правильный ответ – 2 балла

Всего: 10 баллов.

Задача 4

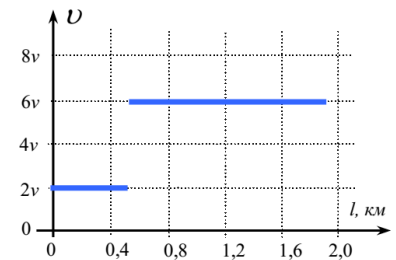
7.4

На графике приведена зависимость скорости пешехода v от времени его движения. С помощью этого графика постройте график зависимости скорости этого пешехода от расстояния, которое он прошел. $v = 1,0$ м/с.



Возможное решение

Пройденное пешеходом расстояние пропорционально площади под графиком зависимости скорости от времени. Для первого этапа движения это 480 м. На втором этапе пешеход 2 минуты стоял на месте. На третьем этапе прошел еще 1440 м. Всего он прошел 1920 м. По этим данным строим график зависимости скорости от пройденного расстояния. Этап, на котором пешеход стоял на месте, на этом графике не виден.

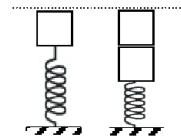


Критерии оценивания

- Определены расстояния, пройденные на первом и третьем этапе (по 2 балла) – 4 балла
- Указано, что движение равномерное – 2 балла
- Построен график (разумный масштаб, подписаны оси) – 4 балла

Задача 5

Деревянный кубик покоится на сжатой пружине. Если на него сверху положить еще такой же кубик, то высота всей конструкции не изменится. Определите жесткость пружины, если площадь всей поверхности каждого кубика $S = 600$ см². Плотность дерева $\rho = 0,80$ г/см³.



Возможное решение

Условие равновесия для одного кубика: $mg = kx_0$. Для двух кубиков $2mg = k(x_0 + a)$, при этом $m = a^3 \rho$, откуда $a^2 \rho g = k$, или $k = \frac{S \rho g}{6} = 80$ Н/м.

Критерии оценивания

- | | |
|--|---------|
| • условие равновесия для одного кубика | 2 балла |
| • условие равновесия для двух кубиков | 3 балла |
| • связь массы кубика с длиной его стороны и плотностью | 1 балл |
| • Связь площади всей поверхности с длиной стороны кубика | 2 балла |
| • Выражение для жесткости и численный ответ | 2 балла |

Всероссийская олимпиада школьников

школьный этап

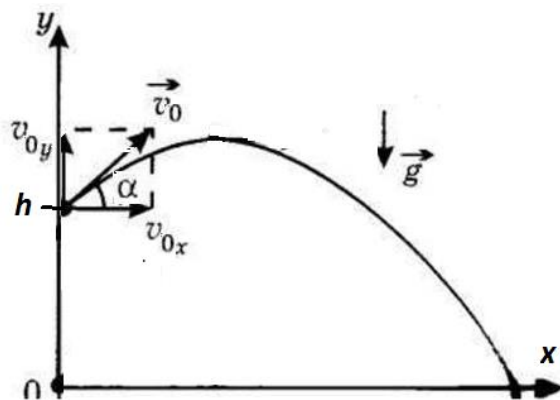
2019-2020 учебный год

11 класс

Задача 1

С балкона, находящегося на высоте $h = 20$ м над землей, был брошен камень под углом к горизонту с некоторой начальной скоростью. Через $t_0 = 4$ с камень упал на землю. Спустя какое время камень был на высоте $h_1 = 30$ м над землей? (g принимаем за 10 м/с^2)

Возможное решение.



Движение под углом к горизонту можно рассматривать как два движения: равномерное со скоростью v_{0x} вдоль оси Ox и равнопеременное вдоль оси Oy с начальной скоростью v_{0y} .

Уравнение движения тела вдоль оси Oy будет иметь вид:

$$y = h + v_{0y}t_0 - \frac{gt_0^2}{2} = 0 \text{ — для момента падения тела на землю, (1)}$$

$$y = h_1 = h + v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \text{ — для высоты } h_1. \quad (2)$$

Из уравнения (1) найдем проекцию начальной скорости на ось Oy : $v_{0y} = 15 \text{ м/с}$.

Полученное значение v_{0y} подставим в уравнение (2), получим квадратное уравнение относительно времени t .

Решив его, получим два значения времени: $t_1 = 1 \text{ с}$, $t_2 = 2 \text{ с}$.

Критерии оценивания:

Составление уравнения (1) – 3 балла;

Нахождение проекции начальной скорости на ось Oy (v_{0y}) – 2 балла;

Составление уравнения (2) – 3 балла;

Получение любого из правильных значений времени – 1 балл;

Получение двух значений времени – 1 балл.

Максимальный балл: 10 баллов.

Задача 2

Шайба, пущенная вдоль наклонной плоскости, скользит вверх с ускорением $a_1 = 5 \text{ м/с}^2$, а затем движется вниз с ускорением $a_2 = 3 \text{ м/с}^2$. Чему равен угол наклона плоскости к горизонту?

Возможное решение.

Движение шайбы вверх будет равнозамедленным, а движение вниз – равноускоренным.

На тело действуют три силы: сила тяжести, сила реакции опоры, и сила трения.

Изображаем силы, которые действуют на шайбу в обоих случаях (рис. 2а и рис. 2б).

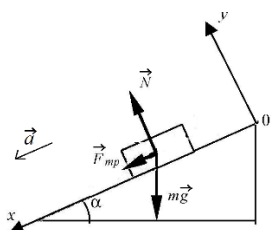


Рис. 2а

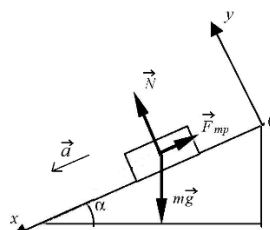


рис. 2б

По второму закону Ньютона:

$$m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} \quad (1)$$

$$m\vec{a}_2 = m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_{\text{тр}} \quad (2)$$

В проекциях на оси:

Тогда

$$ma_1 = mgsin\alpha + \mu mgcos\alpha \quad (3)$$

$$ma_2 = mgsin\alpha - \mu mgcos\alpha \quad (4)$$

$$\text{Вычитая из (3) уравнения (4), получим: } a_1 - a_2 = 2\mu gcos\alpha \quad (6)$$

Отсюда $cos\alpha = 0,4$, или $\alpha = 66^\circ$.

Критерии оценивания:

Сделаны рисунки с указанием сил – 2 балла;

Найдено выражение для силы трения – 2 балла;

Получены уравнения (4) и (5) – по 2 балла;

Найдено значение либо косинуса угла, либо угла – 2 балла.

Максимальный балл – 10 баллов.

Задача 3

Когда в калориметр со льдом при температуре $t_1 = -30^\circ\text{C}$ опустили металлический брусок, растаяло $2/3$ первоначального количества льда. Когда в него опустили еще один такой же брусок (не вынимая первый), установилась температура $t_2 = 25^\circ\text{C}$. Найдите первоначальную температуру брусков t_0 , если она была одинаковой. Теплоемкостью калориметра и испарением пренебечь. Удельные теплоемкости

воды и льда: $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$, $c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Возможное решение:

Обозначим теплоемкость металлического бруска C , а температуру плавления льда $t_{\text{л}}$.

Запишем уравнение теплового баланса для каждого случая:

$$C(t_0 - t_{\text{л}}) = c_{\text{л}}m(t_{\text{л}} - t_1) + \frac{2}{3}\lambda m \quad (1) \text{ – опустили один брусок;}$$

$$C(t_0 - t_2) = \frac{1}{3}m\lambda + c_{\text{в}}m(t_2 - t_{\text{л}}) + C(t_2 - t_{\text{л}}) \quad (2) \text{ – не вынимая первого бруска, опустили второй.}$$

Решаем полученную систему уравнений относительно начальной температуры брусков t_0 :

$$t = \frac{2t_2(2\lambda - 3c_{\text{л}}t_1)}{\lambda - 3c_{\text{л}}t_1 - 3c_{\text{в}}t_2} = 208^{\circ}\text{C}.$$

Критерии оценивания:

Составлено уравнение теплового баланса для первого случая (1) – 3 балла;

Составлено уравнение теплового баланса для второго случая (2) – 3 балла;

Задача решена в общем виде – 2 балла;

Получен числовой ответ – 2 балла.

Максимальный балл – 10 баллов.

Задача 4

Общее сопротивление цепи с разомкнутым ключом K равно $R_1 = 80 \text{ Ом}$ (рис. 4а). Каким будет сопротивление цепи R_2 , если ключ замкнуть? Определите также мощность тока в резисторе $2R$ после замыкания ключа, если до замыкания ключа сила тока в нем была равна $I = 0,2 \text{ А}$.

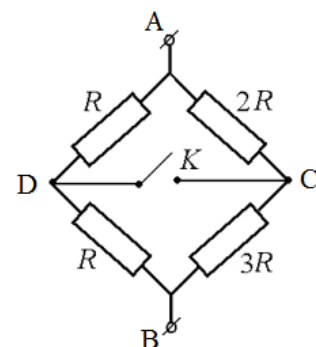
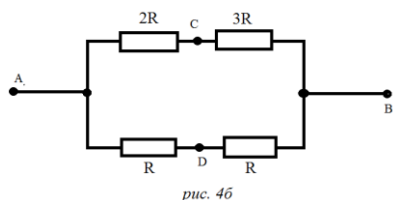


Рис. 4а

Возможное решение.

До замыкания ключа схема имела вид, представленный на рис. 4б.



Общее сопротивление цепи в этом случае равно:

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R+R} + \frac{1}{2R+3R} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{5R} = \frac{7}{10R}$$

$$R_1 = \frac{10R}{7} \quad (1), \text{ следовательно, } R = \frac{7R_1}{10} = 56 \text{ Ом.}$$

$$\text{Напряжение } U_{AB} = I \cdot 5R = 56 \text{ В.} \quad (2)$$

Замкнем ключ. Эквивалентная схема представлена на рис. 4в.

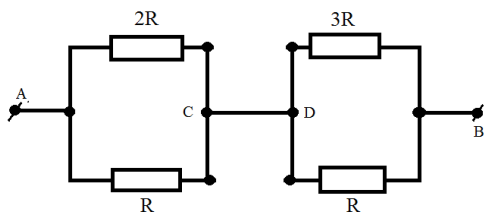


рис. 4в

Теперь сопротивление цепи будет равно: $R_2 = \frac{2R}{3} + \frac{3R}{4} = \frac{17R}{12} = 79,3 \text{ Ом. (3)}$

Для ответа на второй вопрос нужно найти либо ток через резистор $2R$, либо напряжение на нем.

$$\text{Общий ток } I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2} = \frac{I \cdot 5R}{\frac{17R}{12}} = \frac{60I}{17}.$$

$$\text{Тогда ток через } 2R \text{ равен } I_{2R} = \frac{1}{3} I_2 = \frac{20I}{17}.$$

Мощность, выделяющаяся на резисторе $2R$ будет равна:

$$P = I_{2R}^2 \cdot 2R = \frac{400 I^2}{289} \cdot 2 \cdot \frac{7R_1}{10} = 6,2 \text{ Вт. (4)}$$

Критерии оценивания:

Найдено сопротивление цепи при разомкнутом ключе (1)– 1 балл;

Найдено сопротивление R – 1 балл;

Представлена эквивалентная схема (рис. 4в) – 2 балла;

Найдено сопротивление цепи при замкнутом ключе (3)– 1 балл;

Найден ток через резистор $2R$ или напряжение на нем – 2 балла;

Найдена мощность (4) – 2 балла.

Максимальный балл – 10 баллов.

Задача 5

Газообразный водород массой $m = 0,1 \text{ кг}$ совершает круговой процесс 1-2-3-1, изображенный на графике зависимости объема от температуры (рис. 5а). Изобразить этот же цикл на графике зависимости давления от объема. Найти произведенную газом работу A на участке 1-2, если $T_1 = 300 \text{ К}$, $V_2 = 3V_1$. ($M=2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $R=8,31 \text{ Дж/(мольК)}$)

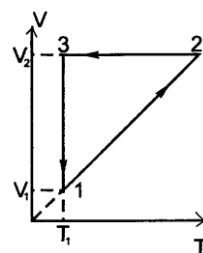


рис. 5а

Возможное решение:

Проанализируем график: 1-2 – изобарное нагревание, 2-3 – изохорное охлаждение, 3-1 – изотермическое сжатие.

Теперь можно изобразить данный цикл в координатах $p(V)$ (рис. 5б).

Найдем работу газа на участке 1-2:

$$A_{12} = p_1 \Delta V = p_1 (V_2 - V_1) = p_1 \cdot 2V_1. (1)$$

Из уравнения Клапейрона – Менделеева $p_1 V_1 = \nu R T_1 (2)$.

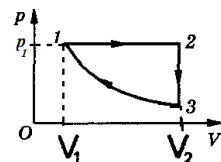


рис. 5б

С учетом уравнения (2) работа $A_{12} = p_1 \cdot 2V_1 = 2\nu RT_1 = 2 \frac{m}{M} RT_1$ (3)

Вычисления: $A_{12} = 2 \cdot \frac{0,1}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 8,31 \cdot 300 = 249,3$ кДж.

Критерии оценивания:

Изображен график в координатах $p(V)$ – 4 балла;

Получена формула работы (1) – 2 балла;

Получено выражение (3) – 2 балла;

Получено численное значение работы - 2 балла.

Максимальный балл – 10