

Решения и критерии оценивания заданий
муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников
Камчатского края в 2020 – 2021 учебном году.
Время выполнения – 230 минут (3 часа 50 минут).
Максимальное количество баллов – 50 б.

10 класс

Задача 1. «Среднеускоренное» движение (10 баллов) Автомобиль прошел путь $S = 18$ км следующим образом: первую *половину пути* он двигался с постоянной скоростью $v = 54$ км/ч, а вторую – с постоянным ускорением, так, что в конце пути остановился. Найдите среднюю скорость движения и модуль среднего ускорения автомобиля на всем пути.

Возможное решение:

Время движения на первой половине пути

$$t_1 = \frac{S}{2v}$$

Время движения на втором этапе можно выразить из формулы пути при равноускоренном движении:

$$\frac{S}{2} = \frac{v + 0}{2} \cdot t_2$$

$$t_2 = \frac{S}{v}$$

Тогда

$$v_{\text{cp}} = \frac{S}{t_1 + t_2} = \frac{S}{\frac{S}{2v} + \frac{S}{v}} = \frac{2}{3}v = 36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$$

$$t = \frac{S}{v_{\text{cp}}} = \frac{3S}{2v} = 0,5 \text{ ч}$$

Среднее ускорение – это отношение изменения скорости к промежутку времени, за который оно произошло:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - v}{t - 0} = -\frac{v}{t}$$

$$|a| = \frac{v}{t} = \frac{2v^2}{3S} = \frac{2 \cdot 225 \text{ м}^2/\text{с}^2}{3 \cdot 18000 \text{ м}} = \frac{15}{1800} = \frac{1}{120} \text{ м/с}^2 = 8,33 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}^2$$

Критерии оценивания:

Найдено время на первой половине пути	1 балл
Найдено время на второй половине пути	1 балл
Получена формула средней скорости	1 балл
Сделан расчет средней скорости	1 балл
Назван физический смысл среднего ускорения	2 балла
Получена формула среднего ускорения	2 балла
Сделан перевод величин в СИ	1 балл
Сделан расчет среднего ускорения	1 балл

Задача 2. Безопасный спуск (10 баллов) Как спустить с крыши высотой $h = 16$ м груз массой $m = 45$ кг с помощью веревки, у которой сопротивление T на разрыв равно 400 Н? Скорость тела в момент удара о землю не должна превышать значения $v_{max} = 7$ м/с. Длина веревки немного превосходит высоту дома. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Возможное решение:

Сила тяжести груза $mg = 450$ Н превосходит силу сопротивления нити на разрыв $T = 400$ Н, а при свободном падении груз достигает поверхности земли со скоростью $v = \sqrt{2gh} = 18$ м/с, превышающей $v_{max} = 7$ м/с.

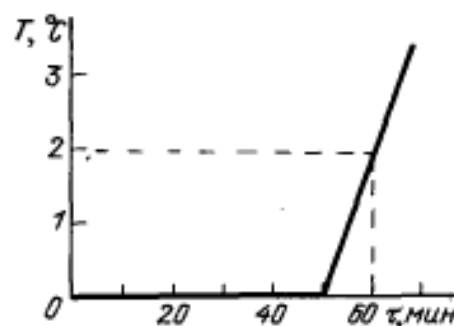
Если привязанный к веревке груз спускать не с постоянной скоростью, а с некоторым ускорением a , то сила натяжения нити F будет меньше силы тяжести. Применяя к движению груза второй закон Ньютона, имеем: $mg - F = ma$ или $F = m(g - a)$. Выполнение требования $F < T$ приводит к неравенству $m(g - a) < T$. Этому неравенству эквивалентно следующее: $a > g - T/m = 1,1$ м/с².

Итак, если груз спускать с ускорением $a > 1,1$ м/с², то сила натяжения веревки не будет превышать $T = 400$ Н. При этом скорость груза в момент удара о землю не будет превышать значения $v = \sqrt{2ah} = 6$ м/с, которое меньше $v_{max} = 7$ м/с.

Критерии оценивания:

Установлено, что $mg > T$	1 балл
Установлено, что $\sqrt{2gh} > v_{max}$	1 балл
Идея спуска груза с ускорением	2 балла
Записан второй закон Ньютона для движения вниз	2 балла
Найдено минимальное значение ускорения	2 балла
Сделана оценка скорости в момент удара	2 балла

Задача 3. Таящий лед (10 баллов) В ведре находится смесь воды со льдом массой $m = 10$ кг. Ведро внесли в комнату и сразу же начали измерять температуру смеси. Получившаяся зависимость температуры от времени $T(\tau)$ изображена на рисунке. Определите массу m_l льда в ведре в тот момент, когда его внесли в комнату. Удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг, удельная теплоемкость воды равна $c_w = 4200$ Дж/(кг·°С), теплоемкостью ведра пренебречь.



Возможное решение:

Как видно из графика, первые 50 минут температура смеси не менялась и оставалась равной 0°С. Все это время теплота, получаемая смесью из комнаты, шла на таяние льда. Через 50 минут весь лед растаял, и температура воды начала повышаться. За 10 минут (от $\tau_1 = 50$ до $\tau_2 = 60$ мин) температура повысилась на $\Delta T = 2$ °С. Теплота, поступившая к воде из комнаты за это время, равна $q = c_w m_w \Delta T = 84$ кДж. Значит, за первые 50 минут к смеси из комнаты поступило количество теплоты $Q = 5q = 420$ кДж (время в 5 раз больше). Эта теплота и пошла на таяние массы m_l льда: $Q = \lambda m_l$. Таким образом, масса льда в ведре, внесенном в комнату, равна $m_l = Q / \lambda \approx 1,27$ кг

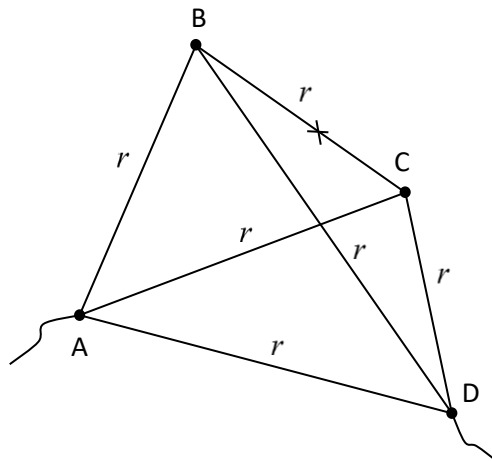
Критерии оценивания:

Указано, что лед таял в течение первых 50 минут.....	2 балла
Найдено кол-во теплоты, сообщенной воде за время 10 минут (от $\tau_1 = 50$ до $\tau_2 = 60$ мин)	2 балла
Найдено кол-во теплоты за первые 50 минут	3 балла
Вывод о том, что найденная теплота расходуется на плавления льда	1 балл
Посчитана масса льда	2 балла

Задача 4. Проволочный тетраэдр (10 баллов) Из проволоки изготовили тетраэдр, При этом каждое из его ребер имеет сопротивление $r = 20 \text{ Ом}$. Чему равно сопротивление R тетраэдра при подключении его двумя вершинами?

Возможное решение:

При подключении тетраэдра к точкам А и D участки схемы ABD и ACD в силу симметрии будут находиться в «одинаковых условиях»: узлы В и С будут иметь одинаковые потенциалы и ток через участок ВС будет отсутствовать. Тогда его можно исключить из схемы. После этого сопротивление тетраэдра может быть легко вычислено: участки ABD, ACD и AD подключены параллельно.



Тогда

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{2r} + \frac{1}{2r} + \frac{1}{r} = \frac{2}{r}$$

Откуда $R = r / 2 = 10 \text{ Ом}$.

Критерии оценивания:

Указано на симметрию схемы и равенство потенциалов узлов В и С	3 балла
Идея о том, что участок ВС можно исключить	3 балла
Найдено сопротивление участка ABD	1 балл
Найдено сопротивление участка ACD	1 балл
Найдено общее сопротивление	2 балла

Задача 5. Эмпирическая формула (10 баллов) Иногда физиологам необходимо знать примерную площадь поверхности тела среднего человека. Для этой цели существует несколько эмпирических формул (полученных на основании рассуждений и уточненных опытными проверками), связывающих площадь с массой, ростом и т.п. Получите формулу, позволяющую по массе человека приблизительно определить площадь поверхности его тела. Известно, что площадь человека с массой 60 кг примерно равна $1,6 \text{ м}^2$; при массе 70 кг она составляет $1,8 \text{ м}^2$; а при массе 80 кг – 2 м^2 .

Возможное решение:

Масса тела связана с его объемом: $m = \rho V$. Объем тела связан с его размерами через некоторый коэффициент пропорциональности. Например, объем куба связан с длиной L одного из ребер как $V = L^3$, а объем прямоугольного параллелепипеда можно выразить произведением длины, ширины и высоты. Длина, высота и ширина человека не являются произвольными, а связаны между собой некоторыми коэффициентами подобия. Например, их можно выразить через высоту человека: $V = H \cdot k_1 H \cdot k_2 H \sim H^3$. В результате можно записать $m \sim \rho H^3$ или $m = \alpha \rho H^3$, где α - некоторый неизвестный коэффициент. Рассуждая таким же образом, можно выразить и площадь поверхности: $S \sim H^2$ или $S = \beta H^2$. (Столь подробные рассуждения необязательны. Если в работе написано, что объем человека пропорционален кубу его линейного размера, а площадь - квадрату, этого будет достаточно). Сопоставляя полученные соотношения, видим, что если возвести в квадрат обе части первого соотношения, то в него войдет куб площади: $m^2 \sim S^3$, отсюда $S = k \sqrt[3]{m^2}$. Таким образом, искомое соотношение получено. Осталось уточнить значение общего коэффициента пропорциональности. Будем выражать все значения физических величин в единицах СИ, тогда коэффициент будет иметь размерность $m^2 \cdot kg^{-2/3}$. Найдем его численное значение, используя приведенные в условии данные. По ним получим: $k_1 \approx 0,104$; $k_2 \approx 0,106$; $k_3 \approx 0,107$. Таким образом, в качестве искомого вполне можно взять среднее значение $k \approx 0,105$ (или просто $k \approx 0,1$) То есть $S = 0,1 \sqrt[3]{m^2}$, при этом формула будет давать примерные значения площади тела по известной массе без учета особенностей, присущих отдельным типам телосложений. Эта формула называется формулой Мия.

Критерии оценивания:

Указано, что объем человека пропорционален кубу его линейного размера	2 балла
Указано, что площадь человека пропорциональна квадрату его линейного размера	2 балла
Записана формула $m = \alpha \rho H^3$	1 балл
Записана формула $S = \beta H^2$	1 балл
Получена формула площади $S = k \sqrt[3]{m^2}$	2 балла
Найдено среднее значение коэффициента пропорциональности	1 балл
Записана окончательная формула	1 балл