

**Первый (заочный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету
«Физика», осень 2016 г.**

9 КЛАСС

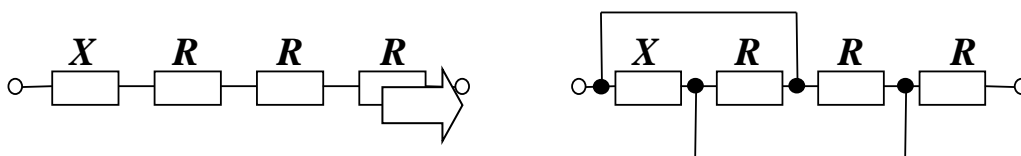
Вариант 1К

1. (20 баллов) Гоночный автомобиль движется с постоянным ускорением по прямой трассе. В процессе ускорения он проходит четыре последовательно расположенные метки А, В, С и D. Каждый из отрезков АВ, ВС и CD автомобиль проходит за одинаковое время. Определите во сколько раз длина отрезка AD больше, чем длина отрезка BC.

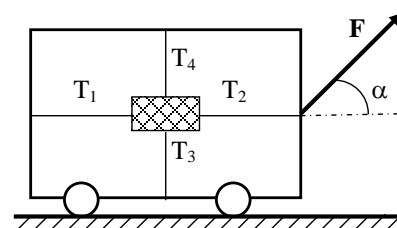
2. (20 баллов) На каплю, оторвавшуюся от облака, действует сила сопротивления воздуха, пропорциональная квадрату ее скорости. Когда скорость капли равна $v = 4$ м/с, ее ускорение составляет 75% ускорения свободного падения g . С какой скоростью капля упадет на землю, если известно, что она падает с большой высоты?

3. (20 баллов) С какой скоростью должны лететь навстречу друг другу две одинаковые льдинки, имеющие температуру $t = -10^\circ\text{C}$, чтобы при ударе они обратились в пар? Удельные теплоёмкости воды $c_w = 4200$ Дж/(кг·К), льда $c_l = 2100$ Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,34 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплота парообразования воды $r = 2,26 \cdot 10^6$ Дж/кг.

4. (20 баллов) Цепочку из четырех последовательных сопротивлений, содержащую три известных одинаковых сопротивления R и неизвестное сопротивление X с помощью двух проводов превращают в другую цепочку (см. рисунок). Докажите, что в результате полное сопротивление цепочки уменьшится. Каким должно быть неизвестное сопротивление X , чтобы полное сопротивление цепочки уменьшилось в три раза? Сопротивления проводов равны нулю.



5. (20 баллов) Четырёмя натянутыми нитями груз закреплен на тележке, которая движется под действием силы F , направленной под углом $\alpha = 45^\circ$ к горизонту. Силы натяжения горизонтальных нитей соответственно T_1 и T_2 , а вертикальных – T_3 и T_4 (см. рисунок). Какой должна быть сила тяги F , чтобы отношение сил натяжения нитей было равно $T_1:T_2:T_3:T_4 = 1:3:4:6$? Коэффициент трения поверхности, по которой движется тележка, $\mu = 0,2$. Масса тележки с грузом $M = 20$ кг. Нити невесомаы.



Решения заданий для 9 класса. Вариант 1К.

Критерии оценивания задач

Максимальный балл за каждую задачу – МАХ. (указан в условии)

За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до МАХ. Если задача отсутствует, то в таблице пишется Х.

Если решение задачи содержит разрозненные записи, присутствует рисунок (хоть частично правильный) и одна- две правильные формулы, но решение, как таковое отсутствует или абсолютно неверное, то можно поставить 1-2 балла.

Если решение абсолютно верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это МАХ.

Верные решения задач могут отличаться от авторских.

За отсутствие пояснений, ответа или единиц физических величин, но при правильном решении задачи, можно снять 1-2 балла.

В случае если задача содержит правильный путь решения, но не доведена до ответа или получен неправильный ответ, при этом присутствуют отдельные правильные элементы решения, то оценивание провести по критериям, приведенным ниже после каждой задачи.

1. (20 баллов) Гоночный автомобиль движется с постоянным ускорением по прямой трассе. В процессе ускорения он проходит четыре последовательно расположенные метки А, В, С и D. Каждый из отрезков АВ, ВС и CD автомобиль проходит за одинаковое время. Определите во сколько раз длина отрезка AD больше, чем длина отрезка BC.

Решение

Пусть время прохождения отрезков АВ, ВС и CD равно τ , тогда

$$AB = v_0\tau + \frac{a\tau^2}{2}, \quad AC = v_0 \cdot 2\tau + \frac{a(2\tau)^2}{2} = 2v_0\tau + 2a\tau^2,$$

$$AD = v_0 \cdot 3\tau + \frac{a(3\tau)^2}{2} = 3v_0\tau + \frac{9}{2}a\tau^2,$$

где v_0 – скорость в точке А, a – ускорение автомобиля.

$$\text{Тогда } BC = AC - AB = v_0\tau + \frac{3}{2}a\tau^2 \Rightarrow \frac{AD}{BC} = \frac{3v_0\tau + \frac{9}{2}a\tau^2}{v_0\tau + \frac{3}{2}a\tau^2} = 3.$$

Замечание. Длину отрезка BC можно посчитать также через скорость v_B в точке В.

$$BC = v_B \tau + \frac{a\tau^2}{2} = (v_0 + a\tau) \cdot \tau + \frac{a\tau^2}{2} = v_0 \tau + \frac{3}{2} a\tau^2.$$

Ответ. Длина отрезка BC меньше, чем длина отрезка AD в 3 раза.

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 20 баллов)
1	Записаны формулы для нахождения пройденного пути и (или) скорости при равноускоренном движении	от 1 до 5 баллов
2	Записана формула для нахождения длины отрезка АВ	от 1 до 5 баллов
3	Получена формула для нахождения длины отрезка ВС	от 1 до 5 баллов
4	Посчитано отношение длин отрезков АВ и ВС	от 1 до 5 баллов

2. (20 баллов) На каплю, оторвавшуюся от облака, действует сила сопротивления воздуха, пропорциональная квадрату ее скорости. Когда скорость капли равна $v = 4$ м/с, ее ускорение составляет 75% ускорения свободного падения g . С какой скоростью капля упадет на землю, если известно, что она падает с большой высоты?

Решение

По условию, на каплю действуют силы сопротивления воздуха, которую можно представить в виде $F_{сопр} = kv^2$, (1) где $k = \text{const}$.

Т.к. капля падает с большой высоты, то вблизи земли она движется с постоянной (установившейся) скоростью v_3 ($a = 0$). $mg = kv_3^2$, (2)

где m – масса капли,

На некоторой высоте уравнение движения капля имеет вид:

$$ma = mg - kv^2. (3)$$

По условию $a = 0,75g$, $\Rightarrow 0,25mg = kv^2$. (4)

Разделим уравнение (2) на (4), $\Rightarrow v_3 = 2v = 8$ м/с.

Ответ. $v_3 = 2v = 8$ м/с.

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (МАХ = 20 баллов)
1	Сделан рисунок и правильно расставлены все силы, действующие на каплю (необязательно, но если рис. есть. то доп. баллы могут быть даны)	от 1 до 2 баллов
2	Записана формула для силы сопротивления воздуха (1)	2 балла
3	Установлено, что вблизи поверхности земли капля движется с постоянной скоростью	2 балла
4	Записано уравнение (1) движения капли вблизи поверхности земли	от 1 до 3 баллов
5	Записано уравнение (3) движения капли	от 1 до 3 баллов
6	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для скорости капли вблизи поверхности земли	от 1 до 7 баллов
7	Получен числовой ответ с указанием единиц измерения искомой величины	1 балл

3. (20 баллов) С какой скоростью должны лететь навстречу друг другу две одинаковые льдинки, имеющие температуру $t = -10^\circ\text{C}$, чтобы при ударе они обратились в пар? Удельные теплоёмкости воды $c_в = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, льда $c_л = 2100 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$, удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,34 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$, удельная теплота парообразования воды $r = 2,26 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$.

Решение

Кинетическая энергия льдинок при столкновении переходит в тепло

$$Q = 2 \frac{mv^2}{2} = mv^2. \quad (1)$$

Чтобы льдинки превратились в пар необходимо количество тепла.

$$Q = c_л \cdot 2m(t_0 - t) + \lambda \cdot 2m + c_в \cdot 2m(t_к - t_0) + r \cdot 2m, \quad (2)$$

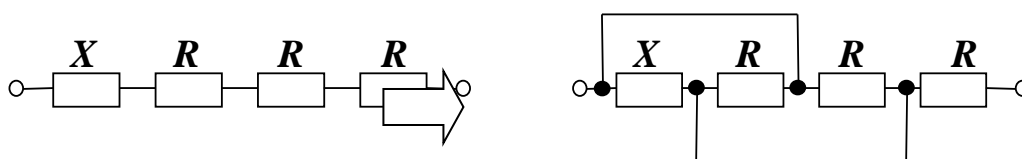
где $t_0 = 0^\circ\text{C}$, $t_к = 100^\circ\text{C} \Rightarrow v = \sqrt{2(c_в t_к - c_л t + \lambda + r)} = 2464 \text{ м/с}. \quad (3)$

Ответ. $v = \sqrt{2(c_в t_к - c_л t + \lambda + r)} = 2464 \text{ м/с}.$

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мак. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 20 баллов)
1	Есть понимание, что кинетическая энергия льдинок переходит в тепло	от 1 до 2 баллов
2	Записан закон сохранения энергии (1)	от 1 до 2 баллов
3	Записано количество тепла, полученное при нагревании льда (первое слагаемое в (2))	от 1 до 2 баллов
4	Записано количество тепла, полученное при плавлении льда (второе слагаемое в (2))	от 1 до 2 баллов
5	Записано количество тепла, полученное при нагревании воды (первое слагаемое в (2))	от 1 до 2 баллов
6	Записано количество тепла, полученное при парообразовании (первое слагаемое в (2))	от 1 до 2 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для скорости льдинки (2)	от 1 до 6 баллов
5	Проведены необходимые числовые расчеты и получен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	от 1 до 2 баллов

4. (20 баллов) Цепочку из четырех последовательных сопротивлений, содержащую три известных одинаковых сопротивления R и неизвестное сопротивление X с помощью двух проводов превращают в другую цепочку (см. рисунок). Докажите, что в результате полное сопротивление цепочки уменьшится. Каким должно быть неизвестное сопротивление X , чтобы полное сопротивление цепочки уменьшилось в три раза? Сопротивления проводов равны нулю.



Решение

Начальное сопротивление цепочки $R_1 = 3R + X$. (1)

Конечное сопротивление $R_2 = \left(\frac{2}{R} + \frac{1}{X}\right)^{-1} + R = \frac{XR}{2X + R} + R$. (2)

Т.к. $R_1 - R_2 = \frac{2(X + R)^2}{2X + R} > 0$ (4), то $R_2 < R_1$, что и треб. доказать.

Из уравнения $R_2 = \frac{R_1}{3} \Rightarrow \frac{XR}{2X + R} + R = R + \frac{X}{3}$. (5)

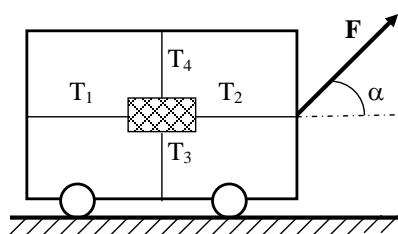
Полученное уравнение имеет два корня $X = 0$ и $X = R$.

Ответ. $X = 0$, $X = R$.

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (МАХ = 20 баллов)
1	Получено начальное сопротивление цепочки (1)	2 балла
2	Сделан рисунок цепочки в конечном состоянии, из которого видно, что сопротивления соединены параллельно	от 1 до 2 баллов
3	Получена формула (2) для полного сопротивления цепочки в конечном состоянии	от 1 до 3 баллов
4	Проделаны подробные алгебраические преобразования, из которых видно, что полное сопротивление цепочки уменьшилось (4)	от 1 до 5 баллов
5	Записано уравнение (5), проделаны необходимые алгебраические преобразования и получены корни уравнения (5)	от 1 до 6 баллов
6	Записан (выделен) ответ к задаче	2 балла, если указаны оба корня 1 балл, если указан только один корень

5.(20 баллов) Четырьмя натянутыми нитями груз закреплен на тележке, которая движется



под действием силы F, направленной под углом $\alpha = 45^\circ$ к гори-

зонту. Силы натяжения горизонтальных нитей соответственно T_1 и T_2 , а вертикальных – T_3 и T_4 (см. рисунок).

Какой должна быть сила тяги F , чтобы отношение сил натяжения нитей было равно $T_1:T_2:T_3:T_4 = 1:3:4:6$? Коэффициент трения поверхности, по которой движется тележка, $\mu = 0,2$. Масса тележки с грузом $M = 20$ кг. Нити невесомы.¹

Решение

Уравнения динамики для груза (m – масса груза):

$$\begin{cases} ma = T_2 - T_1, \\ mg + T_3 - T_4 = 0 \end{cases} \cdot (1)$$

Тогда ускорение тележки равно $a = g \frac{T_2 - T_1}{T_4 - T_3} = g$. (2)

Уравнения динамики для системы (тележка с грузом):

$$\begin{cases} Ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}}, \\ N + F \sin \alpha - Mg = 0, \\ F_{\text{тр}} = \mu N \end{cases} \Rightarrow F = \frac{M(a + \mu g)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} = \frac{Mg(1 + \mu)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} \approx 280 \text{ Н.} \quad (4)$$

Ответ. $F = \frac{Mg(1 + \mu)}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha} \approx 280 \text{ Н.}$

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Мах. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (МАХ = 20 баллов)
1	Сделан рисунок, на котором указаны все необходимые для решения задачи силы, действующие на груз и на систему	от 1 до 2 баллов
2	Записаны уравнения динамики для груза (1).	по 1 баллу за каждое уравнение (всего 2 балла)
3	Приведено решение системы (1) и получена формула (2) для ускорения тележки	от 1 до 4 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
4	Записаны уравнения динамики для системы и формула для силы трения (3).	по 1 баллу за каждое уравнение (всего 3 балла)
5	Приведено решение системы (3) и получена формула (4) для искомой силы тяги	от 1 до 7 баллов в зависимости от правильности и полноты решения
6	Проделан расчет и получено правильное числовое значение вместе с единицами(4)	от 1 до 2 баллов в зависимости от наличия числового расчета и его точности
