Второй (заключительный) этап XIX олимпиады для учащихся 8-10 классов Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика», 9 класс, февраль, 2016 г.

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ ДЛЯ 10 КЛАССА.

- Максимальный балл за каждую задачу – MAX. (указан в условии)
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до MAX. Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.
- 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 MAX.

- 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.

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.

Вариант 1

1. (25 *баллов*) Гоночный автомобиль движется с постоянным ускорением по прямой трассе. В процессе ускорения он проходит четыре последовательно расположенные метки A, B, C и D. Времена прохождения отрезков AB, BC и CD относятся, как 1:2:1 соответственно. Определите во сколько раз длина отрезка BC меньше, чем длина отрезка AD.

Решение.

Пусть время прохождения отрезков *AB* и *CD* равно τ, тогда автомобиль проходит отрезок *BC* за время 2τ.

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

$$AD = v_0 \cdot 4\tau + \frac{a(4\tau)^2}{2} = 4v_0\tau + 8a\tau^2,$$

где v_0 – скорость в точке *A*, *a* – ускорение автомобиля.

Тогда $BC = AC - AB = 2v_0\tau + 4a\tau^2$.

$$\Rightarrow \frac{AD}{BC} = \frac{4v_0\tau + 8a\tau^2}{2v_0\tau + 4a\tau^2} = 2.$$

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

$$BC = v_B \cdot 2\tau + \frac{a(2\tau)^2}{2} = (v_0 + a\tau)\cdot 2\tau + \frac{a(2\tau)^2}{2} = 2v_0\tau + 4a\tau^2.$$

Ответ. Длина отрезка BC меньше, чем длина отрезка AD в 2 раза.

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения.	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и

	Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	полно. (MAX = 25 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 AB	от 1 до 5 баллов
3	Получена формула для нахождения длины отрезка BC	от 1 до 10 баллов
4	Посчитано отношение длин отрезков AB и BC	от 1 до 5 баллов

2. (25 *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 действует силы сопротивления воздуха, которую можно представить в виде $F_{сопр} = kv^2$, (1) где k = const.

Т.к. капля падает с большой высоты, то вблизи земли она движется с постоянной (установившейся) скоростью $v_з$ (a = 0). $mg = kv_з^2$, (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), $\Rightarrow$ $v_з = 2v = 8$ м/с.

Ответ. $v_з = 2v = 8$ м/с.

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 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 4 баллов
5	Записано уравнение (3) движения капли	от 1 до 4 баллов
6	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для скорости капли вблизи поверхности земли	от 1 до 10 баллов
7	Получен числовой ответ с указанием единиц измерения искомой величины	1 балл

3. (25 *баллов*) В теплоизолированном сосуде в воде плавает кусок льда массой m = 100 г, в который вмерзла свинцовая дробинка. Когда к льдинке подвели количество теплоты Q = 32 кДж, она начала тонуть. Какова масса дробинки? Плотности воды 1 г/см^3, льда 0,9 г/см^3, свинца 11,3 г/см^3, удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг.

Решение

Масса оставшегося после плавления льда $m_1 = m - \frac{Q}{\lambda} = 0,1 - \frac{32}{340} = \frac{1}{17}$ кг. Общий объем $V = \frac{m_1}{\rho_л} + \frac{m_д}{\rho_c}$, где $m_д$ – неизвестная масса дробинки, $\rho_л$ = 0,9 г/см^3, ρ_c = 11,3 г/см^3 – плотности льда и свинца.

Лед с дробинкой начнет тонуть, когда масса льдинки и дробинки равна массе вытесненной воды (сила тяжести равна силе Архимеда).

$$m_1 + m_д = \rho_в V \,, \Rightarrow m_1 + m_д = \rho_в \left(\frac{m_1}{\rho_л} + \frac{m_д}{\rho_c} \right),$$

где $\rho_в$ = 1 г/см^3 – плотность воды.

Решая полученное выше уравнение, найдем массу дробинки.

$$m_д = m_1 \frac{(\rho_в - \rho_л)\rho_c}{(\rho_c - \rho_в)\rho_л} = \frac{1}{17} \cdot \frac{(1-0,9)\cdot 11,3}{(11,3-1)\cdot 0,9} = 0,007 \text{ кг} = 7 \text{ г}.$$

Ответ. $m_{\partial}=\left(m-\dfrac{Q}{\lambda}\right)\cdot\dfrac{(\rho_{в}-\rho_{л})\rho_{c}}{(\rho_{c}-\rho_{в})\rho_{л}}=7$ г

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)
1	Записана формула для массы m_1 оставшегося после плавления льда (или получена масса расплавившегося льда)	от 1 до 3 баллов
2	Есть правильное понимание условия плавания льда с дробинкой	от 1 до 2 баллов
3	Записано условие плавания льда	от 1 до 5 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для массы дробинки	от 1 до 10 баллов
5	Проведены необходимые числовые расчеты и получен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	от 1 до 5 баллов

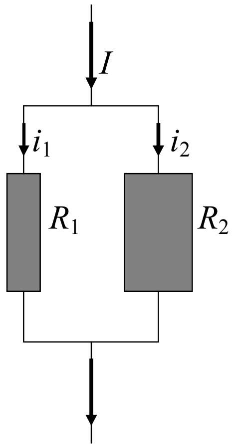
4. (25 *баллов*) Предохранитель в цепи электрического тока состоит из двух свинцовых проволочек, соединенных параллельно. Тонкая проволочка диаметром d_1 = 0,30 мм плавится при пропускании через нее тока I_1 = 1,8 А, а толстая проволочка диаметром d_2 = 0,60 мм – при токе I_2 = 5,0 А. Какое максимальное значение силы тока в цепи может выдержать предохранитель, составленный из двух проволочек указанных диаметров? Длины проволочек считать одинаковыми.

Решение

Т.к. сопротивление проволоки обратно пропорционально площади ее поперечного сечения $R=\rho\dfrac{l}{S}=\rho\dfrac{l}{\frac{\pi d^2}{4}}$, то $\dfrac{R_1}{R_2}=\dfrac{d_2^2}{d_1^2}=4$. (1)

Пусть I – сила тока в цепи, i_1 и i_2 – силы токов через тонкую и толстую проволоки (см. рисунок). Тогда

$$\begin{cases} I=i_1+i_2, & (2)\\ i_1R_1=i_2R_2. & (3)\end{cases}$$



Допустим, через толстую проволоку сопротивлением R_2 течет максимальный ток $i_2 = I_2 = 5$ А, тогда сила тока через тонкую проволоку $i_1 = i_2 \dfrac{R_2}{R_1} = \dfrac{I_2}{4} = 1,25$ А < I_1 = 1,8 А. Значит, тонкая проволока не перегорит, и максимальный ток в цепи $I_{\max} = i_1 + I_2 = 1,25 + 5 = 6,25$ А.

Ответ. $I_{\max} = 6,25$ А.

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)
1	При решении используется формула, связывающая сопротивление проволоки с площадью ее сечения	от 1 до 2 баллов
2	Получено отношение сопротивлений тонкой и толстой проволок (1)	от 1 до 2 баллов
3	Сделан рисунок электрической цепи предохранителя	от 1 до 2 баллов
4	Записано уравнение (2) связи тока в узле (первое правило Кирхгофа)	от 1 до 4 баллов
5	Записано уравнение (3) постоянства напряжений на проволоках	от 1 до 4 баллов
6	Установлено, что тонкая проволока не перегорит, если через толстую течет максимальный ток	от 1 до 2 баллов
7	Получено числовое значение максимального тока в цепи	от 1 до 4 баллов

Второй (заключительный) этап XIX олимпиады для учащихся 8-10 классов Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика», 9 класс, февраль, 2016 г.

Вариант № 2

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

- Максимальный балл за каждую задачу – MAX. (указан в условии)
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до MAX. Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.
- 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 MAX.
- 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.

РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ.

Вариант 2

1. (25 *баллов*) Гоночный автомобиль движется с постоянным ускорением по прямой трассе. В процессе ускорения он проходит четыре последовательно расположенные метки A, B, C и D. Каждый из отрезков AB, BC и CD автомобиль проходит за одинаковое время. Определите во сколько раз длина отрезка AD больше, чем длина отрезка BC.

Решение.

Пусть время прохождения отрезков *AB*, *BC* и *CD* равно τ, тогда

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

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

где v_0 – скорость в точке *A*, *a* – ускорение автомобиля.

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 B.

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

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	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 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 AB	от 1 до 5 баллов
3	Получена формула для нахождения длины отрезка BC	от 1 до 10 баллов
4	Посчитано отношение длин отрезков AB и BC	от 1 до 5 баллов

2. (25 *баллов*) На каплю, оторвавшуюся от облака, действует сила сопротивления воздуха пропорциональная квадрату ее скорости. Чему равно ускорение капли в момент, когда ее скорость составляет 90% от скорости, которую капля имеет вблизи поверхности земли. Капля падает с большой высоты.

Решение

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

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

где m – масса капли,

На некоторой высоте уравнение движения капля имеет вид:

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

По условию $v = 0,9v_з = 0,9\sqrt{\dfrac{mg}{k}}$,

$$\Rightarrow ma = mg - k\left(0,9\sqrt{\frac{mg}{k}}\right)^2, \Rightarrow a = 0,19g = 1,9 \text{ м/с}^2.$$

Ответ. $a = 0,19g = 1,9$ м/с^2.

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 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 (2) движения капли вблизи поверхности земли	от 1 до 4 баллов
5	Записано уравнение (3) движения капли	от 1 до 4 баллов
6	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для ускорения капли	от 1 до 10 баллов
7	Получен числовой ответ с указанием единиц измерения искомой величины	1 балл

3. (25 *баллов*) В теплоизолированном сосуде в воде плавает кусок льда массой M = 100 г, в который вмерзла свинцовая дробинка массой m = 5 г. Какое количество теплоты нужно затратить, чтобы льдинка начала тонуть? Плотности воды 1 г/см^3, льда 0,9 г/см^3, свинца 11,3 г/см^3, удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг.

Решение

Общий объем $V = \dfrac{m_1}{\rho_л} + \dfrac{m}{\rho_c}$, где m_1 – масса оставшегося после плавления льда, $\rho_л$ = 0,9 г/см^3, ρ_c = 11,3 г/см^3 – плотности льда и свинца.

Лед с дробинкой начнет тонуть, когда масса льдинки m_1 и дробинки равна массе вытесненной воды (сила тяжести равна силе Архимеда).

$$m_1 + m = \rho_в V, \Rightarrow m_1 + m = \rho_в\left(\frac{m_1}{\rho_л} + \frac{m}{\rho_c}\right),$$

где $\rho_в$ = 1 г/см^3 – плотность воды.

Решая полученное выше уравнение, найдем массу m_1.

$$m_1 = m\frac{\rho_л(\rho_с - \rho_в)}{\rho_с(\rho_в - \rho_л)} = \frac{5\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}9\cdot(11{,}3-1)}{11{,}3\cdot(1-0{,}9)} = 41\cdot 10^{-3} \text{ кг} = 41 \text{ г}.$$

Т.о, чтобы льдинка начала тонуть, необходимо затратить количество тепла $Q = \lambda(m - m_1) = 340\cdot 10^3\cdot(100-41)\cdot 10^{-3} = 20060$ Дж.

Ответ. $Q \approx 20$ кДж.

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)
1	Есть правильное понимание условия плавания льда с дробинкой	от 1 до 2 баллов
2	Записано условие плавания льда	от 1 до 5 баллов
3	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для массы оставшегося льда m_1	от 1 до 10 баллов
4	Записана формула для нахождения количества тепла Q, при котором льдинка начнет тонуть	от 1 до 3 баллов
5	Проведены необходимые числовые расчеты и получен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	от 1 до 5 баллов

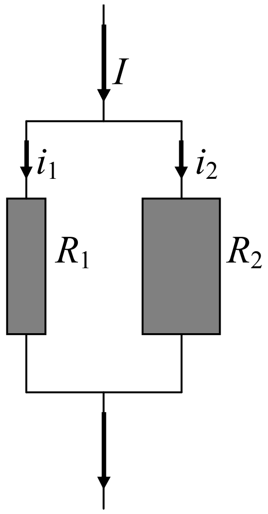
4. (25 *баллов*) Предохранитель в цепи электрического тока состоит из двух свинцовых проволочек, соединенных параллельно. Тонкая проволочка диаметром d_1 = 0,20 мм плавится при пропускании через нее тока I_1 = 1,2 А, а толстая проволочка диаметром d_2 = 0,40 мм – при токе I_2 = 5,0 А. Какое максимальное значение силы тока в цепи может выдержать предохранитель, составленный из двух проволочек указанных диаметров? Длины проволочек считать одинаковыми.

Решение

Т.к. сопротивление проволоки обратно пропорционально площади ее поперечного сечения $R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{\frac{\pi d^2}{4}}$, то $\frac{R_1}{R_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} = 4$. (1)

Пусть I – сила тока в цепи, i_1 и i_2 – силы токов через тонкую и толстую проволоки (см. рисунок). Тогда

$$\begin{cases} I = i_1 + i_2, & (2) \\ i_1 R_1 = i_2 R_2. & (3) \end{cases}$$



Допустим, через толстую проволоку сопротивлением R_2 течет максимальный ток $i_2 = I_2 = 5$ А, тогда сила тока через тонкую проволоку $i_1 = i_2 \frac{R_2}{R_1} = \frac{I_2}{4} = 1,25$ А > I_1 = 1,2 А. Такие токи в цепи предохранителя невозможны.

Посчитаем, какой ток течет через толстую проволоку, когда через тонкую течет максимальный ток $i_1 = I_1 = 1,2$ А. Тогда $i_2 = i_1 \frac{R_1}{R_2} = 4I_1 = 4,8$ А < I_2.

Значит, толстая проволока при этом не перегорит, и максимальный ток в цепи $I_{max} = I_1 + i_2 = 1,2 + 4,8 = 6,0$ А.

Ответ. $I_{max} = 6,0$ А.

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно. (MAX = 25 баллов)
1	При решении используется формула, связывающая	от 1 до 2 баллов

	сопротивление проволоки с площадью ее сечения	
2	Получено отношение сопротивлений тонкой и толстой проволок (1)	от 1 до 2 баллов
3	Сделан рисунок электрической цепи предохранителя	от 1 до 2 баллов
4	Записано уравнение (2) связи тока в узле (первое правило Кирхгофа)	от 1 до 4 баллов
5	Записано уравнение (3) постоянства напряжений на проволоках	от 1 до 4 баллов
6	Установлено, что толстая проволока не перегорит, если через тонкую течет максимальный ток	от 1 до 2 баллов
7	Получено числовое значение максимального тока в цепи	от 1 до 4 баллов

Второй (заключительный) этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету «Физика»
9 класс, февраль, 2016 г., региональная площадка
Вариант 3

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

- Максимальный балл за каждую задачу – **MAX**. (указан в условии)
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до **MAX**. Если задача отсутствует, то в таблице пишется X.
- **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 MAX.**
- **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.**

Решения варианта № 3 для 9 класса

1. (25 *баллов*) Автомобиль движется с постоянным ускорением по прямой. В процессе ускорения он проходит четыре последовательно расположенные метки A, B, C и D. Времена прохождения отрезков AB, BC и CD относятся, как 1:2:1 соответственно. Определите во сколько раз длина отрезка AD больше, чем длина отрезка BC.

Решение.

Пусть время прохождения отрезков AB и CD равно τ, тогда автомобиль проходит отрезок BC за время 2τ.

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

$$AD = v_0 \cdot 4\tau + \frac{a(4\tau)^2}{2} = 4v_0\tau + 8a\tau^2,$$

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

Тогда $BC = AC - AB = 2v_0\tau + 4a\tau^2$.

$$\Rightarrow \frac{AD}{BC} = \frac{4v_0\tau + 8a\tau^2}{2v_0\tau + 4a\tau^2} = 2.$$

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

$$BC = v_B \cdot 2\tau + \frac{a(2\tau)^2}{2} = (v_0 + a\tau) \cdot 2\tau + \frac{a(2\tau)^2}{2} = 2v_0\tau + 4a\tau^2.$$

Ответ. Длина отрезка ВС меньше, чем длина отрезка AD в 2 раза.

Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** **(MAX = 25 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 10 баллов
4	Посчитано отношение длин отрезков АВ и ВС	от 1 до 5 баллов

2. (25 *баллов*) Капля, оторвавшаяся от облака, падает с большой высоты. Сила сопротивления, действующая на каплю, пропорциональная квадрату ее скорости. Чему равно ускорение капли в момент, когда ее скорость составляет 90% от скорости, которую капля имеет вблизи поверхности земли.

Решение

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

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

где m – масса капли,

На некоторой высоте уравнение движения капля имеет вид:

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

По условию $v = 0,9v_з = 0,9\sqrt{\frac{mg}{k}}$,

$$\Rightarrow ma = mg - k\left(0,9\sqrt{\frac{mg}{k}}\right)^2, \Rightarrow a = 0,19g = 1,9 \text{ м/с}^2.$$

Ответ. $a = 0,19g = 1,9$ м/с^2.

Критерии оценивания задачи 2.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** **(MAX = 25 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 (2) движения капли вблизи поверхности земли	от 1 до 4 баллов
5	Записано уравнение (3) движения капли	от 1 до 4 баллов
6	Сделаны необходимые алгебраические преобразования и получена формула для ускорения капли	от 1 до 10 баллов
7	Получен числовой ответ с указанием единиц измерения искомой величины	1 балл

3. (25 *баллов*) В теплоизолированном сосуде в воде плавает кусок льда массой m = 100 г, в который вмерзла свинцовая дробинка. Когда к льдинке подвели количество теплоты Q = 32 кДж, она начала тонуть. Какова масса дробинки? Плотности воды 1 г/см^3, льда 0,9 г/см^3, свинца 11,3 г/см^3, удельная теплота плавления льда 340 кДж/кг.

Решение

Масса оставшегося после плавления льда $m_1 = m - \dfrac{Q}{\lambda} = 0{,}1 - \dfrac{32}{340} = \dfrac{1}{17}$ кг. Общий объем $V = \dfrac{m_1}{\rho_л} + \dfrac{m_д}{\rho_с}$, где $m_д$ – неизвестная масса дробинки, $\rho_л$ = 0,9 г/см^3, $\rho_с$ = 11,3 г/см^3 – плотности льда и свинца.

Лед с дробинкой начнет тонуть, когда масса льдинки и дробинки равна массе вытесненной воды (сила тяжести равна силе Архимеда).

$$m_1 + m_д = \rho_в V\,, \Rightarrow\ m_1 + m_д = \rho_в\left(\frac{m_1}{\rho_л} + \frac{m_д}{\rho_с}\right),$$

где $\rho_в$ = 1 г/см^3 – плотность воды.

Решая полученное выше уравнение, найдем массу дробинки.

$$m_д = m_1\frac{(\rho_в - \rho_л)\rho_с}{(\rho_с - \rho_в)\rho_л} = \frac{1}{17}\cdot\frac{(1-0{,}9)\cdot 11{,}3}{(11{,}3-1)\cdot 0{,}9} = 0{,}007 \text{ кг} = 7 \text{ г}.$$

Ответ. $m_д = \left(m - \dfrac{Q}{\lambda}\right) \cdot \dfrac{(\rho_в - \rho_л)\rho_с}{(\rho_с - \rho_в)\rho_л} = 7$ г

Критерии оценивания задачи 3.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** **(MAX = 25 баллов)**
1	Записана формула для массы m_1 оставшегося после плавления льда (или получена масса расплавившегося льда)	от 1 до 3 баллов
2	Есть правильное понимание условия плавания льда с дробинкой	от 1 до 2 баллов
3	Записано условие плавания льда	от 1 до 5 баллов
4	Проведены необходимые алгебраические преобразования и получена формула для массы дробинки	от 1 до 10 баллов
5	Проведены необходимые числовые расчеты и получен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	от 1 до 5 баллов

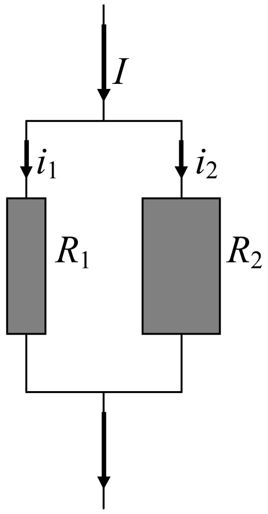
4. (25 *баллов*) Предохранитель в цепи электрического тока состоит из двух свинцовых проволочек, соединенных параллельно. Тонкая проволочка диаметром d_1 = 0,30 мм плавится при пропускании через нее тока I_1 = 1,2 А, а толстая проволочка диаметром d_2 = 0,60 мм – при токе I_2 = 5,0 А. Какое максимальное значение силы тока в цепи может выдержать предохранитель, составленный из двух проволочек указанных диаметров? Длины проволочек считать одинаковыми.

Решение

Т.к. сопротивление проволоки обратно пропорционально площади ее поперечного сечения $R = \rho \dfrac{l}{S} = \rho \dfrac{l}{\dfrac{\pi d^2}{4}}$, то $\dfrac{R_1}{R_2} = \dfrac{d_2^2}{d_1^2} = 4$. (1)

Пусть I – сила тока в цепи, i_1 и i_2 – силы токов через тонкую и толстую проволоки (см. рисунок). Тогда

$$\begin{cases} I = i_1 + i_2, & (2) \\ i_1 R_1 = i_2 R_2. & (3) \end{cases}$$



Допустим, через толстую проволоку сопротивлением R_2 течет максимальный ток $i_2 = I_2 = 5$ А, тогда сила тока через тонкую проволоку $i_1 = i_2 \dfrac{R_2}{R_1} = \dfrac{I_2}{4} = 1,25$ А > I_1 = 1,2 А. Такие токи в цепи предохранителя невозможны.

Посчитаем, какой ток течет через толстую проволоку, когда через тонкую течет максимальный ток $i_1 = I_1 = 1,2$ А. Тогда $i_2 = i_1 \dfrac{R_1}{R_2} = 4I_1 = 4,8$ А < I_2.

Значит, толстая проволока при этом не перегорит, и максимальный ток в цепи $I_{\max} = I_1 + i_2 = 1,2 + 4,8 = 6,0$ А.

Ответ. $I_{\max} = 6,0$ А.

Критерии оценивания задачи 4.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. **Баллы за каждый верный элемент решения суммируются**	**Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** **(MAX = 25 баллов)**

1	При решении используется формула, связывающая сопротивление проволоки с площадью ее сечения	от 1 до 2 баллов
2	Получено отношение сопротивлений тонкой и толстой проволок (1)	от 1 до 2 баллов
3	Сделан рисунок электрической цепи предохранителя	от 1 до 2 баллов
4	Записано уравнение (2) связи тока в узле (первое правило Кирхгофа)	от 1 до 4 баллов
5	Записано уравнение (3) постоянства напряжений на проволоках	от 1 до 4 баллов
6	Установлено, что толстая проволока не перегорит, если через тонкую течет максимальный ток	от 1 до 2 баллов
7	Получено числовое значение максимального тока в цепи	от 1 до 4 баллов