Первый (заочный) этап академического соревнования

Олимпиады школьников «Шаг в будущее» общеобразовательному предмету «физика»,

осень 2015 г.

9 КЛАСС

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАДАЧ.

- Максимальный балл за каждую задачу – 20.
- За каждую задачу выставляется целое число баллов от 0 до 20. 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 верное, содержит все необходимые формулы и физические законы, имеет понятные пояснения, а также проведены необходимые математические преобразования и получен правильный ответ (ответы) – это 20 баллов.
- Верные решения задач могут отличаться от авторских.
- За отсутствие пояснений, численных расчетов или единиц физических величин при верном 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.

З А Д А Ч А 1. Мальчик спускается к платформам станции метрополитена «Веселая» за t = 2 мин, если неподвижно стоит на эскалаторе. Чтобы за то же самое время подняться на этом эскалаторе, ему нужно бежать вверх со скоростью v = 6 км/ч. За какое время мальчик спустится к платформам станции, если будет бежать вниз со скоростью v = 6 км/ч по движущемуся эскалатору?

Однажды мальчик, зайдя в вестибюль станции «Веселая», обнаружил перед эскалатором «пробку», желающих спуститься к платформам. Длина «пробки» оказалась равной длине эскалатора, а средняя скорость движения мальчика в «пробке» равной $V_{пр}$ = 4 км/ч. С какой скоростью мальчику придется бежать вниз по эскалатору после преодоления «пробки», чтобы через t = 2 мин после входа в вестибюль станции оказаться на платформе?

При каких значениях средней скорости движения мальчика в «пробке» $V_{пр}$ он не смог бы за 2 минуты попасть на платформу, даже если бы бежал вниз очень быстро?

Во всех случаях эскалатор движется вниз и его скорость не меняется.

Решение.

1. Пусть L – длина эскалатора, $u = \dfrac{L}{t}$ – скорость эскалатора. Когда мальчик поднимается вверх по эскалатору за время t, он бежит со скоростью v.

$t = \dfrac{L}{v-u} \Rightarrow t\left(v - \dfrac{L}{t}\right) = L, \Rightarrow L = \dfrac{vt}{2} = 100$ м, и $u = \dfrac{v}{2} = 3$ км/ч.

Когда мальчик бежит вниз по эскалатору $t_1 = \dfrac{L}{v+u} = \dfrac{t}{3} = \dfrac{2}{3}$ мин = 40 с.

2. Мальчик преодолевает пробку, прежде чем попасть на эскалатор.

$t = \dfrac{L}{V_{\text{пр}}} + \dfrac{L}{v'+u}$.

Откуда $v' = \dfrac{L}{t - \dfrac{L}{V_{\text{пр}}}} - u = 2{,}5$ м/с = 9 км/ч.

Мальчик не сможет за t = 2 мин попасть на платформу, если $\dfrac{L}{V_{\text{пр}}} \geq t, \Rightarrow V_{\text{пр}} \leq \dfrac{L}{t} = \dfrac{v}{2} = 3$ км/ч.

Ответ. $t_1 = \dfrac{t}{3} = 40$ с; $v' = 2{,}5$ м/с = 9 км/ч. Мальчик не сможет за 2 минуты попасть на платформу, если средняя скорость движения мальчика в «пробке» $V_{\text{пр}} \leq \dfrac{v}{2} = 3$ км/ч.

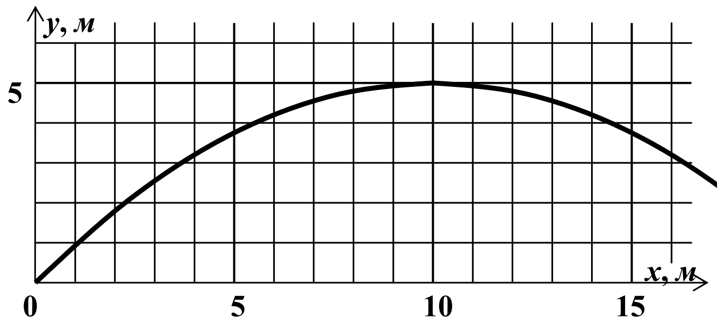
Критерии оценивания задачи 1.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Найдена длина эскалатора L	от 1 до 2 баллов
2	Найдена скорость эскалатора u	от 1 до 2 баллов
3	Получено значение времени t_1, когда мальчик бежит вниз по движущемуся эскалатору (ответ на первый вопрос)	от 1 до 4 баллов
4	Получено значение скорости v' мальчика после преодоления пробки (ответ на второй вопрос)	от 1 до 6 баллов

5	Получено условие, при котором мальчик не сможет попасть на платформу, даже если будет бежать очень быстро (ответ на третий вопрос)	от 1 до 6 баллов

З А Д А Ч А 2. На рисунке изображена часть траектории движения камня, брошенного с поверхности земли под некоторым углом α к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите угол α, под которым был брошен камень, время полета камня, а также посчитайте скорость камня в верхней точке траектории.

Начало координат совпадает с точкой броска. Ось *x* направлена вдоль поверхности земли.



Решение

Из заданного в условии задачи графика можно различными способами извлечь информацию о начальной скорости камня V_0 и угле α, под которым его бросили.

1 способ. Можно, например, записать уравнение параболы, изображенной на рисунке: $y = -\dfrac{1}{20}x(x-20) = -\dfrac{1}{20}x^2 + 1$ (*x* и *y* измеряются в метрах) и сравнить его с уравнением траектории тела, брошенного под углом α к горизонту с начальной скоростью v_0: $y = -\dfrac{g}{2v_0^2\cos^2\alpha}x^2 + \operatorname{tg}\alpha \cdot x$.

Откуда получим $\alpha = 45^\circ$, $V_0 = \sqrt{\dfrac{10g}{\cos^2\alpha}} = \sqrt{20 \cdot 9{,}8} = \sqrt{196} = 14$ м/с.

Время полета камня $t = \dfrac{v_0 \sin\alpha}{g} = 0{,}7$ с.

Скорость камня в верхней точке траектории $V = V_0 \cos\alpha = 9{,}9$ м/с.

2 способ. Воспользуемся для решения задачи формулами для максимальной высоты траектории камня $h_{\max}$ и дальности его полета *s*. С помощью графика можно найти значения $h_{\max}$ = 5 м и *s* = 20 м.

$$\begin{cases} h_{\max} = \dfrac{V_0^2 \sin^2\alpha}{2g}, \\ s = \dfrac{V_0^2 \sin 2\alpha}{g}. \end{cases} \Rightarrow \frac{h_{\max}}{s} = \frac{\sin^2\alpha}{2\sin 2\alpha} = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{4}, \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{4h_{\max}}{s} = 1 \Rightarrow \alpha = 45^\circ.$$

$$V_0 = \sqrt{sg} = \sqrt{20 \cdot 9{,}8} = \sqrt{196} = 14 \text{ м/с.}$$

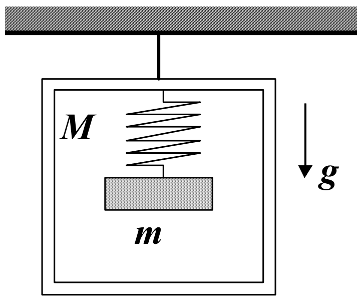
$$\Rightarrow t = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} = 0{,}7 \text{ с}, \; V = V_0 \cos\alpha = 9{,}9 \text{ м/с.}$$

Ответ. $\alpha = 45^\circ$, t = 0,7 с, $V = 9{,}9$ 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.
1	Записаны все необходимые формулы для нахождения угла α	от 1 до 4 баллов
2	Получено числовое значение угла α с погрешностью 10%	от 1 до 2 баллов
3	Записаны все необходимые формулы для нахождения времени полета камня	от 1 до 5 баллов
4	Получено числовое значение времени полета с погрешностью 10%	от 1 до 2 баллов
5	Записаны все необходимые формулы для нахождения скорости в верхней точке	от 1 до 5 баллов
6	Получено числовое значение скорости в верхней точке с погрешностью 10%	от 1 до 2 баллов

З А Д А Ч А 3. Коробка массой M = 2 кг подвешена на тонком шнурке к потолку (смотри рисунок). Внутри коробки на легкой пружине жесткости k = 200 Н/м висит неподвижно груз массой m = 1 кг. Чему равно растяжение пружины? Шнурок перерезают. Найдите ускорения груза и коробки сразу после этого.



Решение

1.До пережигания нити на груз действовали сила тяжести mg и равная ей по модулю сила упругости $F = kx = mg$, направленная вверх. Поэтому пружина растянута на $x = \frac{mg}{k} = 0{,}05$ м.

На коробку действовали сила тяжести Mg, сила упругости пружины F, направленная вниз и сила натяжения нити, направленная вверх. Все эти силы уравновешены.

2. Сразу после пережигания нити сила натяжения станет равной нулю, остальные силы, действующие на груз и коробку, не изменятся. Поэтому сразу после пережигания нити ускорение груза будет равно нулю: $a_{гр.} = 0$, а ускорение коробки .

$a_{кор.} = \frac{F + Mg}{M} = \frac{(M+m)g}{M} = \frac{3}{2}g = 15$ м/с^2.

Ответ $x = \frac{mg}{k} = 0{,}05$ м, $a_{гр.} = 0$, $a_{кор.} = \frac{(M+m)g}{M} = 15$ м/с^2.

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.
1	Указаны все силы, действующие на груз	от 1 до 2 баллов
2	Записана формула для силы упругости	1 балл
3	Получена формула для растяжения пружины x	от 1 до 4 баллов
4	Сделан численный расчет растяжения x	от 1 до 2 баллов
5	Указаны силы, действующие на коробку до пережигания нити	от 1 до 2 баллов
6	Отмечено, что после пережигания нити сила	1 балл

	натяжения станет равной нулю	
7	Получено ускорение груза после пережигания нити $a_{гр}$	2 балла
8	Получена формула для ускорения коробки $a_{кор}$ после пережигания нити	от 1 до 4 баллов
9	Сделан численный расчет ускорения коробки $a_{кор}$ после пережигания нити	от 1 до 2 баллов

З А Д А Ч А 4. Ученик 9 класса Петя Иванов исследует охлаждение воды в стакане на морозе. Он заметил, что охлаждение от температуры 91°С до 89°С происходит за 3 минуты, а от температуры 31°С до 29°С — за 6 минут. Известно, что мощность теплоотдачи пропорциональна разности температур стакана и окружающей среды. Чему равна температура окружающей среды?

За какое время будет происходить охлаждение от 11°С до 9°С?

Долго ли Пете придется ждать охлаждения содержимого стакана от +1°С до −1°С?

Решение

Для расчетов используются следующие постоянные: теплоемкость воды $c_в$ = 4,2 кДж/кг·°С, удельная теплоемкость льда $c_л$ = 2,1 кДж/кг·°С = $\frac{1}{2}c_в$, удельная теплота плавления льда λ = 336 кДж/кг.

1. Найдем температуру окружающей среды t_c. Для этого запишем закон сохранения энергии при охлаждении массы m воды в стакане на Δt = 2° С, сначала от температуры t_1 = 91°С за время τ_1 = 3 мин, а затем от t_2 = 31°С за время τ_2 = 6 мин.

$$\begin{cases} c_в m\Delta t = k(t_1 - t_{\text{c}})\tau_1, & (1) \\ c_в m\Delta t = k(t_2 - t_{\text{c}})\tau_2. & (2) \end{cases} \Rightarrow t_{\text{c}} = \frac{t_2\tau_2 - t_1\tau_1}{\tau_2 - \tau_1} = -29^\circ\text{C}.$$

2. Найдем время τ_3, за которое будет происходить охлаждение содержимого стакана от t_3 = 11°С на Δt = 2° С.

$$\begin{cases} c_в m\Delta t = k(t_1 - t_{\text{c}})\tau_1, \\ c_в m\Delta t = k(t_3 - t_{\text{c}})\tau_3. & (3) \end{cases} \Rightarrow \tau_3 = \frac{(t_1 - t_c)\tau_1}{t_1 - t_c} = 9 \text{ мин}.$$

3. Найдем время τ_4, за которое будет происходить охлаждение от t_4 = +1°С до −1°С.

А) Для этого сначала посчитаем время $\tau_4^{(1)}$, за которое вода охлаждается от t_4 = +1°С до t_0 = 0°С (на $\Delta t/2$).

$$\begin{cases} c_в m\Delta t = k(t_1 - t_с)\tau_1, \\ c_в m\dfrac{\Delta t}{2} = k(t_4 - t_с)\tau_4^{(1)}. \end{cases} \Rightarrow \tau_4^{(1)} = \frac{(t_1 - t_c)\tau_1}{2(t_4 - t_c)} = 6\,\text{мин.}$$

Б) Посчитаем время $\tau_4^{(2)}$ отвердевания льда.

$$\begin{cases} c_в m\Delta t = k(t_1 - t_с)\tau_1, \\ \lambda m = k(t_0 - t_с)\tau_4^{(2)}. \end{cases} \Rightarrow \tau_4^{(2)} = \frac{\lambda(t_1 - t_c)\tau_1}{c_в\Delta t(t_0 - t_c)} = 497\ \text{мин} = 8{,}3\ \text{час.}$$

В) Посчитаем время $\tau_4^{(3)}$, за которое лед охлаждается от t_0 = 0°С на $\Delta t/2$.

$$\begin{cases} c_в m\Delta t = k(t_1 - t_с)\tau_1, \\ c_л m\dfrac{\Delta t}{2} = k(t_0 - t_с)\tau_4^{(3)}. \end{cases} \Rightarrow \tau_4^{(3)} = \frac{c_л(t_1 - t_c)\tau_1}{2c_в(t_0 - t_c)} = 3\,\text{мин.}$$

Общее время $\tau_4 = \tau_4^{(1)} + \tau_4^{(2)} + \tau_4^{(3)} =$ 6 мин + 497 мин + 3 мин = 506 мин = 8,4 часа.

Ответ. $t_с = -29^\circ\text{C}$, $\tau_3 = 9$ мин, $\tau_4 = 506$ мин = 8,4 часа.

Критерии оценивания задачи 4.

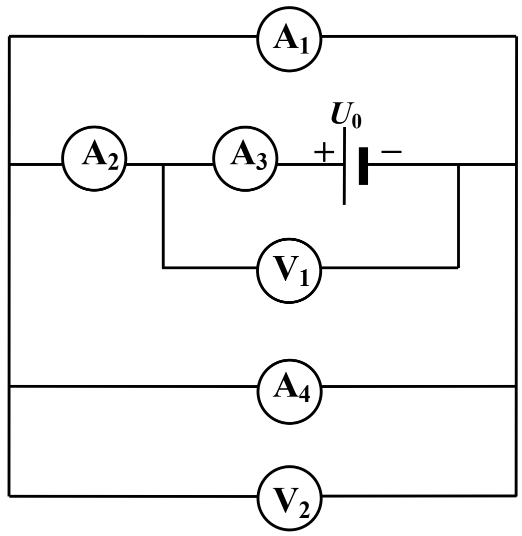
	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Записано уравнение закона сохранения энергии (1) для нахождения времени τ_1	1 балл
2	Записано уравнение закона сохранения энергии (2) для нахождения времени τ_2	1 балл
3	Записано уравнение закона сохранения энергии (3) для нахождения времени τ_3	1 балл
4	Получена формула расчета температуры окружающей среды t_c.	от 1 до 3 баллов
5	Проделан расчет и получено числовое значение температуры окружающей среды t_c.	от 1 до 2 баллов
6	Получена формула для времени τ_3 охлаждения от 11°С до 9°С	от 1 до 3 баллов
7	Проделан расчет и получено числовое значение времени τ_3.	от 1 до 2 баллов

8	Записаны необходимые соотношения для расчета времени τ_4охлаждения от +1°C до −1°C	от 1 до 5 баллов
9	Проделаны необходимые расчет и получено числовое значение времени τ_3.	от 1 до 2 баллов

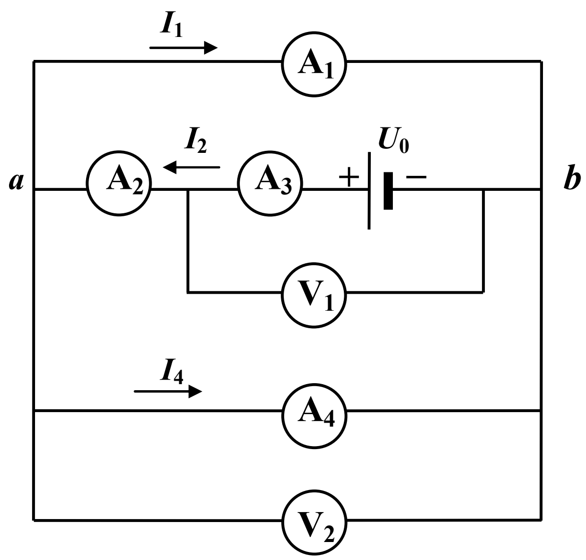
З А Д А Ч А 5. В схеме, приведенной на рисунке, все амперметры одинаковые, все вольтметры идеальные, внутреннее сопротивление батарейки равно нулю, а ее напряжение $U_0 = 10$ В. Два амперметра показывают силу тока 1 А, а два других – силу тока 2 А.

Какие амперметры, изображенные на схеме, какой ток показывают?

Определите показания вольтметров.



Решение



1. Т.к. амперметры одинаковые, то токи через амперметры A_1 и A_4 равны: $I_1 = I_4 = 1$ А. Токи через амперметры A_2 и A_3 равны $I_2 = I_1 + I_4 = 2I_1 = 2$ А.

2. Обозначим R – сопротивление амперметров. Запишем напряжение (разность потенциалов) на участке ab двумя способами:

$$U_{ab} = I_1 R = -2I_2 R + U_0 . \Rightarrow R = \frac{U_0}{I_1 + 2I_2} = 2 \text{ Ом.}$$

3. Вольтметр V_1 показывает напряжение $U_1 = -I_2 R + U_0 = 6$ В.

4. Вольтметр V_2 показывает напряжение $U_2 = I_1 R = 2$ В.

Ответ. Силу тока 1 А показывают амперметры A_1 и A_4, силу тока 2 А показывают амперметры A_2 и A_3. Показания вольтметров: V_1 – 6 В, V_2 – 2 В.

Критерии оценивания задачи 5.

	Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент решения суммируются	Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.
1	Установлено, что токи через A_2 и A_3 равны	2 балла
2	Установлено, что токи через A_1 и A_4 равны	2 балла
3	Записана связь токов в узле a или b (первое правило Кирхгофа)	от 1 до 2 баллов
4	Установлено какие токи текут через амперметры	по 1 баллу за каждый правильный ток (всего 4 балла)
5	При расчете показаний вольтметров правильно записана хотя бы одна формула закона Ома для однородного участка цепи	от 1 до 2 баллов (не более), 2 балла ставится, если есть одна правильная формула
6	При расчете показаний вольтметров правильно записана хотя бы одна формула закона Ома для неоднородного участка цепи	от 1 до 2 баллов (не более), 2 балла ставится, если есть одна правильная формула
7	Получено напряжение вольтметра V_1	от 1 до 3 баллов
8	Получено напряжение вольтметра V_2	от 1 до 3 баллов