**XVIII физико-математическая олимпиада для учащихся 8 – 10 классов**

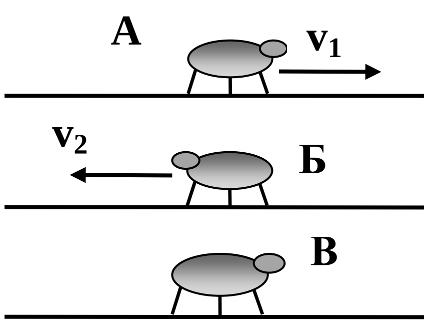
**ФИЗИКА 9 класс 1 тур (заочный) 2014-2014 уч. год**

## 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.

**1.** Три таракана сидят на трех тонких жердочках, находящихся на одинаковых расстояниях друг от друга (см. рис.). Тараканы одновременно начинают двигаться. Таракан А (Алеша) – вправо со скоростью $v_1$ = 0,1 см/с, таракан Б (Боря) – влево со скоростью $v_2$ = 0,2 см/с.




С какой скоростью и в какую сторону должен двигаться таракан В (Вася), чтобы он все время находился на одной прямой с двумя другими тараканами?

Решение.

Перейдем в систему отсчета, движущуюся со скоростью $v_{ïåð} = v_2$. В этой системе отсчета таракан Б неподвижен, а скоростью таракана А равна $v_{Àîòí} = v_1 + v_2$ и направлена вправо. Чтобы все три таракана находились на одной прямой, скорость таракана В в движущейся системе отсчета должна быть равна по модулю $v_{Âîòí} = v_1 + v_2$ и направлена влево.

Тогда в неподвижной системе отсчета скорость таракана В направлена влево и равна $v_{\hat{A}} = v_{\hat{A}\hat{\imath}\grave{o}\acute{\imath}} + v_{\ddot{\imath}\mathring{a}\eth} = v_1 + 2v_2 = 0{,}5$см/с.

**Ответ.** Скорость таракана В направлена влево и равна $v_{\hat{A}} = v_1 + 2v_2 = 0{,}5$ см/с

**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 | Записан правильный ответ для скорости таракана В, даже если правильное решение отсутствует или содержит существенные ошибки | от 1 до 3 баллов |
| 2 | Указано правильное направление скорости таракана В | от 1 до 2 баллов в зависимости от правильности и полноты решения |
| 3 | Идея решения правильная (например, используется закон сложения скоростей или подобие треугольников и тому подобное), | от 1 до 5 баллов |
| | Задача содержит правильные элементы решения (например верные формулы или рассуждения), но не доведена до конца | от 1 до 10 баллов (можно, например, дать за каждую правильную формулу или другой правильный элемент решения от 1 до 2 баллов, но в сумме не более 10 баллов) |

**2.** Таня уронила мячик на длинную дощечку, наклоненную под углом $\alpha = 30^o$ к полу. Мячик упруго ударился о дощечку, отскочил от нее, затем снова ударился, и т.д.. Время между первым и вторым ударами мяча равно $t = 1$ с. С какой высоты упал мячик? Высоту считать от точки броска до точки удара о дощечку.

Чему будет равно время между первым и вторым ударами мяча, если Таня уронит его с той же высоты, но на дощечку, наклоненную под углом $\beta = 60^o$ к полу?

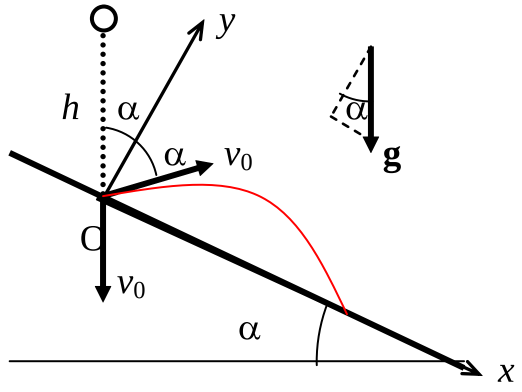
Таня в обоих случаях роняет мяч без придания ему начальной скорости. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение

1. Обозначим скорость мячика в момент первого удара о дощечку $v_0 = \sqrt{2gh}$ (1-1).

2. Выберем ось О$x$ вдоль дощечки, а ось О$y$ перпендикулярно ей. Уравнение движения мячика после удара о дощечку (см. рис.):

$$y = v_0 t \cos\alpha - g\cos\alpha \cdot \frac{t^2}{2} \text{ (2-1).}$$




3. В момент падения мяча на наклонную плоскость $y = 0$. Тогда

$$v_0 t \cos\alpha - g\cos\alpha \cdot \frac{t^2}{2} = 0. \text{ (3-1)}$$

4. Решая уравнение (3-1) получил выражение для времени между первым и вторым ударами мяча

$$t = \frac{2v_0}{g} \text{ (4-1),}$$

которое не зависит от угла α.

5. Из (4-1) $v_0 = \frac{gt}{2} = 5$ м/с.

$h = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{gt^2}{8} = 1,25$ м (5-1) – высота, с которой Таня уронила мячик.

6. **Т.к. время *t* между первым и вторым ударами не зависит от угла α, то, если дощечку наклонить под другим углом, время между ударами не изменится.**

**Ответ.** $h = \frac{gt^2}{8} = 1,25$м; $t$ = 1 с.

**Критерии оценивания задачи 2.**

| | | |
|---|---|---|
| | **Решение содержит следующие верные элементы решения. Баллы за каждый верный элемент реше-** | **Max. балл ставится, когда данный элемент решения сделан верно и полно.** |

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru

| | | |
|---|---|---|
| | **ния суммируются** | |
| 1а | Сделан рисунок к задаче и правильно определены углы, равные углу α (при отражении, и при проектировании скорости и ускорения) | от 1 до 2 баллов |
| 1б | Записана правильно формула, связывающая высоту $h$ и скорость мячика $v_0$ в момент падения (формула (1-1) или ей аналогичные) | 2 балла |
| 2 | Выбраны оси координат и написаны уравнения движения. (Для изображенных на рисунке осей это уравнение (2-1)). Оси координат могут отличаться от выбранных на рисунке. | от 1 до 2 баллов |
| 3 | Получено уравнение (система уравнений) для нахождения времени t между первым и вторым ударами о плоскость (в выбранных осях – это уравнение (3-1)) | 2 балла |
| 4 | Приведено решение уравнения типа (3-1) и получена формула для времени $t$ (4-1) | от 1 до 3 баллов в зависимости от правильности и полноты решения |
| 5 | Получена формула, проведен численный расчет и получен числовой ответ для высоты $h$ падения мячика (5-1) | от 1 до 4 баллов в зависимости от правильности и полноты решения |
| 6 | Получен ответ на второй вопрос задачи (когда угол наклона дощечки изменился и стал равным β = 60º) | от 1 до 5 баллов в зависимости от правильности и полноты решения |

**3.** Человеку массой $m$ требуется подтянуть к стене ящик массой $M = 3m$ с помощью каната, перекинутого через блок. Если человек стоит на горизонтальном полу (рис. а), то для достижения цели ему надо тянуть канат с минимальной силой $F_1$ = 600 Н. С какой минимальной силой $F_2$ необходимо тянуть этому человеку канат, если он упрется в ящик ногами (рис. б)? Части каната, не соприкасающиеся с блоком, горизонтальны. Массой блока и каната пренебречь.

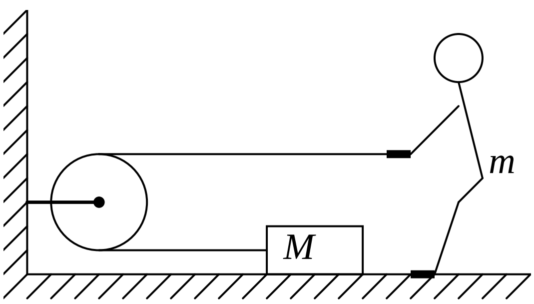



Рис. а.

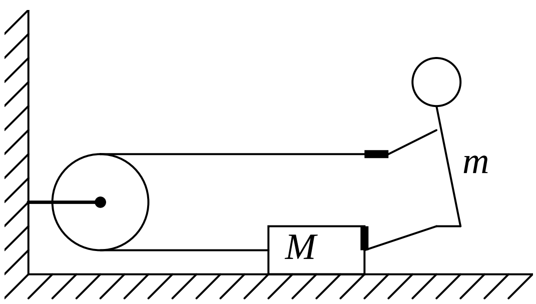



Рис. б.

Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru
Буду признателен, если сообщите мне о найденных в этом тексте ошибках или опечатках

Решение

1. Пусть коэффициент трения скольжения между ящиком и полом равен μ. Т. к. $F_1$ – минимальная сила, то $F_1 = \mu Mg$, $\Rightarrow \mu = \dfrac{F_1}{Mg}$ (1-1).

2. Во втором случае, когда сила натяжения каната равна $F_2$, на систему – ящик + человек в горизонтальном направлении будет действовать сила, равная $2F_2$. Условие минимальности силы означает, что $2F_2 = \mu(M + m)g$ .

3. Из полученных уравнений следует:

$$F_2 = \frac{F_1(M+m)}{2M} = \frac{2}{3}F_1 = 400 \text{ Н. (3-1)}$$

**Ответ.** $F_2 = \dfrac{F_1(M+m)}{2M} = \dfrac{2}{3}F_1 = 400$ Н.

**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.** |
|---|---|---|
| 1а | Сделан рисунок, на котором указаны все необходимые для решения задачи силы, действующие на ящик в случае а | от 1 до 2 баллов |
| 1б | Записана формула для силы трения, действующей на ящик | 1 балл |
| 1в | Записаны уравнения динамики в случае а и получена формула для коэффициента трения (1-1) | от 1 до 4 баллов в зависимости от правильности и полноты решения |
| 2а | Сделан рисунок, на котором указаны все необходимые для решения задачи силы, действующие на ящик в случае б | от 1 до 2 баллов |
| 2б | Записаны уравнения динамики в случае б (для ящика и человека или системы в целом) | от 1 до 4 баллов |
| 3а | Получена формула для вычисления минимальной силы $F_2$ (3-1) | от 1 до 5 баллов |
| 3б | Проделан расчет и получено правильное числовое значение (3-1) | от 1 до 2 баллов в зависимости от наличия числового расчета и его точности |

**4.** Чтобы приготовить волшебный эликсир молодости граф Калиостро взял три стакана: с молоком, водой и быстродействующим ядом. Массы жидкостей равны. Ему было известно, что яд стоит правее молока. Он выпил половину правого стакана, затем нагрел средний стакан на 10$^{\text{o}}$C, потом опрокинул и разлил треть жидкости из левого стакана, после чего нагрел его на 30$^{\text{o}}$C. Отчаявшись получить волшебный эликсир, он смешал все три жидкости. Какую температуру имеет полученная смесь?

Начальная температура жидкостей 30$^{\text{o}}$C, удельная теплоемкость воды $c_{\text{â}} = 4200$ Дж/кг$\cdot$$^{\text{o}}$C, молока $c_{\text{ì}} = 3900$ Дж/кг$\cdot$$^{\text{o}}$C, яда $c_{\text{ÿ}} = 2500$ Дж/кг$\cdot$$^{\text{o}}$C. Теплоемкостью стакана и тепловыми потерями пренебречь.

Решение

1. Граф Калиостро выпил половину правого стакана, а затем продолжил эксперимент, следовательно, жидкости расположены в следующем порядке (слева направо): **молоко, яд, вода.**

2. Обозначим через $m$ начальные массы жидкостей. Тогда перед смешиванием имеем жидкости со следующими состояниями

| Жидкость | масса | температура | теплоемкость |
|---|---|---|---|
| вода | $m/2$ | $t_0 = 30^{\text{o}}$ | $c_{\text{â}} = 4200$ Дж/кг$\cdot$$^{\text{o}}$C |
| яд | $m$ | $t_{я} = t_0 + 10^{\text{o}} = 40^{\text{o}}$ | $c_{\text{ÿ}} = 2500$ Дж/кг$\cdot$$^{\text{o}}$C |
| молоко | $2m/3$ | $t_{м} = t_0 + 30^{\text{o}} = 60^{\text{o}}$ | $c_{\text{ì}} = 3900$ Дж/кг$\cdot$$^{\text{o}}$C |

3. Обозначим через $t$ температуру смеси ($30^{\text{o}} < t < 60^{\text{o}}$). Запишем уравнение теплового баланса

$$\frac{2m}{3}c_{\text{ì}}(t-t_{\text{ì}})+mc_{\text{ÿ}}(t-t_{\text{ÿ}})+\frac{m}{2}c_{\text{â}}(t-t_{\text{â}})=0.\Rightarrow$$

$$t=\frac{\frac{2}{3}c_{\text{ì}}t_{\text{ì}}+c_{\text{ÿ}}t_{\text{ÿ}}+\frac{1}{2}c_{\text{â}}t_{\text{â}}}{\frac{2}{3}c_{\text{ì}}+c_{\text{ÿ}}+\frac{1}{2}c_{\text{â}}}=44{,}3^{\circ}.$$

**Ответ.** $t=\frac{\frac{2}{3}c_{\text{ì}}t_{\text{ì}}+c_{\text{ÿ}}t_{\text{ÿ}}+\frac{1}{2}c_{\text{â}}t_{\text{â}}}{\frac{2}{3}c_{\text{ì}}+c_{\text{ÿ}}+\frac{1}{2}c_{\text{â}}}=44^{\circ}.$

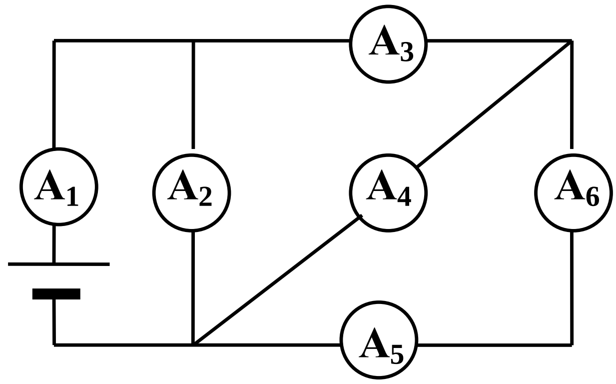
## Критерии оценивания задачи 4.

| | **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 | Определен порядок расположения жидко- | от 1 до 2 баллов |

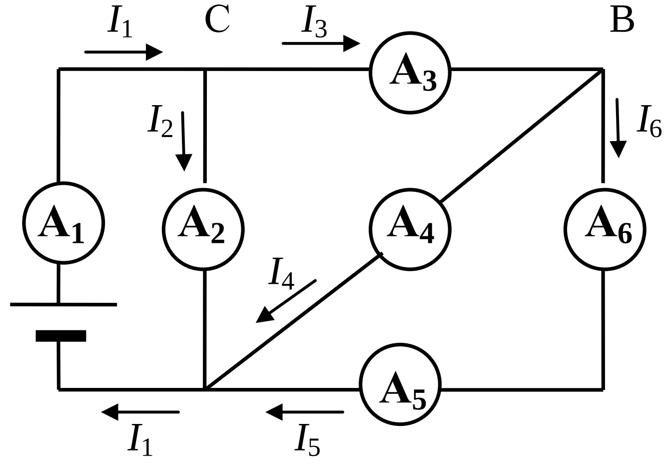
Сост. Белолипецкий С.Н. belols@mail.ru

| | | |
|---|---|---|
| | стей | |
| 2 | Определены начальные условия: масса и температура каждой жидкости перед смешиванием (см таблицу) | по 1 баллу за каждую правильную ячейку столбцов 2 и 3 таблицы (масса и температура жидкостей) – всего 6 баллов |
| 3 | Записано уравнение теплового баланса. Правильным будет считаться уравнение, в котором вместо некоторых буквенных обозначений сразу подставлены числовые значения. | 6 баллов<br>Если верно записаны уравнения теплового баланса для каждой жидкости – по 1 баллу за каждое уравнение. |
| | Проделаны необходимые преобразования и получена правильная формула для температуры смеси | от 1 до 4 баллов |
| | Проделан расчет и получено правильное числовое значение | от 1 до 2 баллов в зависимости от наличия числового расчета и его точности |

**5.** Схема, приведенная на рисунке, содержит шесть одинаковых амперметров и источник постоянного напряжения. Наименьшая сила тока, которую показывают амперметры, равна I = 1 А. Определите показания всех амперметров.




Решение




1. Выберем направления токов через амперметры, как на рисунке. Обозначим ток, текущий через амперметр $A_i$ ($i$ = 1, 2, …, 6), – $I_i$, а сопротивления

амперметров $R$. Наименьший ток течет через амперметры $A_5$ и $A_6$, поэтому $I_5 = I_6 = I = 1$А.

2. Напряжения на амперметре $A_4$ равно сумме напряжений на амперметрах $A_5$ и $A_6$: $U_4 = I_4R = I_5R + I_6R = 2IR$. Тогда $I_4 = 2I = 2$ А.

Запишем первое правило Кирхгофа в узле В и найдем силу тока $I_3$ через амперметр $A_3$: $I_3 = I_4 + I_6 = 3I = 3$ А.

Напряжение на амперметре $A_2$ равно сумме напряжений на амперметрах $A_3$ и $A_4$: $U_2 = I_2R = I_3R + I_4R = 5IR$. Тогда $I_2 = 5I = 5$ А.

Запишем первое правило Кирхгофа в узле С и найдем силу тока $I_1$ через амперметр $A_1$: $I_1 = I_3 + I_2 = 8I = 8$ А.

**Ответ.**

| **Амперметр** | $A_1$ | $A_2$ | $A_3$ | $A_4$ | $A_5$ | $A_6$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Сила тока в А** | **8** | **5** | **3** | **2** | **1** | **1** |

### 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 наименьший ток течет через амперметры $A_5$ и $A_6$. | 2 балла |
| 2 | Получены правильные значения токов через все амперметры (см. **Ответ**) | по 2 балл за каждое правильное значение тока (всего 12 балла) |
| 3 | При расчете токов **правильно записана хотя бы одна формула** закона Ома для однородного участка цепи (связь напряжения и тока) или аналогичное ей выражение второго правила Кирхгофа (обход замкнутого контура). | от 1 до 3 баллов (не более), 3 балла ставится, если есть одна правильная формула |
| 4 | При расчете токов **правильно записана хотя бы одна формула** для токов в узлах (первое правило Кирхгофа). | от 1 до 3 баллов (не более), 3 балла ставится, если есть одна правильная формула |