**Решения заданий**

**муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников**

**Камчатского края в 2024 – 2025 учебном году.**

**Время выполнения – 230 минут (3 часа 50 минут).**

**Максимальное количество баллов – 50 б.**

## 10 класс

***Задача 1. (10 баллов)***

Десятиклассник Петр наблюдал за движением тела вверх по наклонной плоскости. Оно, двигаясь равноускоренно, прошло за первую секунду путь $s_1 = 2$ м, за вторую $s_2 = 1$ м. Какой путь оно пройдет за третью секунду?

***Возможное решение:***

По условию задачи можно сделать вывод, что скорость тела уменьшалась, т.е. $a_x<0$. Составим систему, состоящую из двух уравнений:

Путь, пройденный за первую секунду: $s_1 = v_0 t_1 - \frac{a t_1^2}{2}$

Путь, пройденный за первые две секунды: $s_1 + s_2 = v_0(t_1 + t_2) - \frac{a(t_1+t_2)^2}{2}$

$$\begin{cases} 2 = v_0 - \frac{a}{2} \\ 3 = 2v_0 - 2a \end{cases}$$

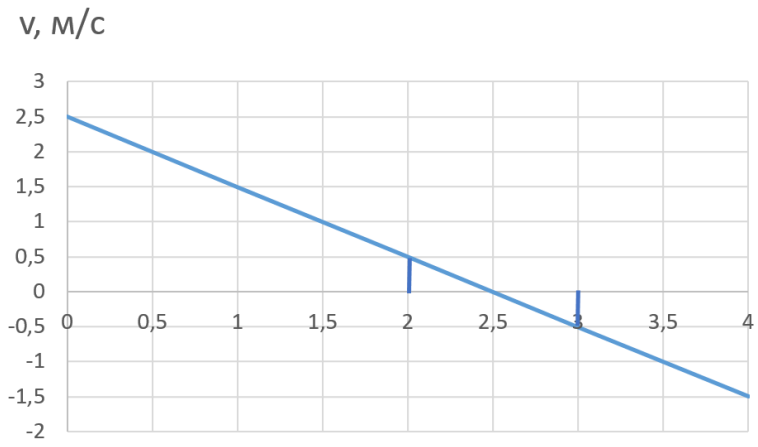
$$a = 1\,\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v_0 = 2{,}5\,\frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Уравнение скорости равнозамедленного движения: $v = v_0 - at$

$$v = 2{,}5 - t$$

Построим график зависимости $v(t)$:




Из графика видно, что в момент времени *t=2,5 с* тело остановилось, а затем продолжило путь в обратном направлении. Поэтому перемещение за 3-ю секунду равно 0, а пройденный путь можно найти геометрическим способом:

$$s = 2S_{\text{треугольника}} = 2 \cdot \frac{0{,}5 \cdot 0{,}5}{2} = 0{,}25 \text{ м}$$

***Критерии оценивания:***

| | |
|---|---|
| Описан характер движения тела | 1 балл |
| Составлено система уравнений $s_1$ и $s_1+s_2$ | 2 балла |
| Найдены значения ускорения и начальной скорости | 2 балла |
| Построен график зависимости $v(t)$ | 2 балла |
| Сделан вывод о том, что перемещение и пройденный путь за 3-ю секунду не совпадают | 2 балла |
| Рассчитан путь, пройденный телом | 1 балл |

***Задача 2. (10 баллов)***

Десятиклассник Петр прибежал домой после уроков и понял, что перед дополнительными занятиями по физике успевает только выпить чаю. Он заметил, что чайник с водой при температуре $t_0$=15°C нагрелся на газовой горелке до $t_1$=30°C за время $\tau_1$= 2 мин. Желая ускорить нагрев, Петр выливает половину воды, и еще через $\tau_2$= 1 мин температура воды достигла $t_2$=40°C. Так как и это ему показалось медленным, он выливает еще половину оставшейся воды. Через какое время $\tau_3$ чайник все-таки нагреется до $t_3$=100°C? Потерями тепла в окружающую среду можно пренебречь.

***Возможное решение:***

Так как после уменьшения массы воды вдвое температура воды возросла не в 2 раза, то нельзя не учитывать теплоемкость чайника. Обозначим за ***P*** мощность электрического нагревателя, $\boldsymbol{C_0}$ – теплоемкость чайника, ***C*** – теплоемкость первоначального количества воды. Запишем уравнения теплового баланса для всех трех промежутков времени:

$$P\tau_1 = C_0(t_1 - t_0) + C(t_1 - t_0)$$

$$P\tau_2 = C_0(t_2 - t_1) + \frac{C}{2}(t_2 - t_1)$$

$$P\tau_3 = C_0(t_3 - t_2) + \frac{C}{4}(t_3 - t_2)$$

Из первых двух уравнений получаем:

$$\begin{cases} 2P = 15C_0 + 15C \\ P = 10C_0 + 5C \end{cases}$$

$$C_0 = C$$

Тогда $P = 15C_0$, подставим в третье уравнение:

$$15C_0\tau_3 = 60C_0 + 15C_0$$

$$\tau_3 = 5 \text{ мин.}$$

***Критерии оценивания:***

| | |
|---|---|
| Сформулирован вывод о том, что нельзя пренебрегать теплоемкостью чайника | 3 балла |
| Составлены уравнения теплового баланса для всех трех промежутков времени | 3 балла |
| Найдено соотношение теплоемкостей чайника и первоначального количества воды | 2 балла |
| Найдено искомое время | 2 балла |

***Задача 3. (10 баллов)***

Десятиклассник Петр, выполняя задание по истории физики, прочитал предание о короне царя Гиерона. Согласно легенде, царь велел своим мастерам изготовить корону из чистого золота, но, когда корона была готова, Гиерон заподозрил их в нечестности. Чтобы развеять свои сомнения, он поручил Архимеду, не разрушая корону, выяснить, из чистого ли она золота или мастера его обокрали. Архимед взвесил корону в воздухе и в воде. В воздухе её вес оказался равным $P_1$=9,81 Н, а в воде $P_2$=9,22 Н. Плотность золота $\rho_{\text{зол}} = 19 \cdot 10^3 \, {}^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}$, плотность воды $\rho_{\text{в}} = 1 \cdot 10^3 \, {}^{\text{кг}}/_{\text{м}^3}$. Что обнаружил Архимед: сплошная корона или в ней имеется полость? Если мастера обманули царя Гиерона, сколько золота они украли? Ускорение свободного падения принять $g = 9{,}8 \, {}^{\text{м}}/_{\text{с}^2}$.

***Возможное решение:***

Выталкивающая сила, действующая на корону в воде, может быть выражена двумя способами:

$$F_{\text{выт}} = P_1 - P_2$$

$$F_{\text{выт}} = \rho_{\text{в}} g V$$

Предположим, что в короне имеется полость, тогда объем короны: $V = V_{\text{зол}} + V_{\text{пол}}$

$$\rho_{\text{в}} g (V_{\text{зол}} + V_{\text{пол}}) = P_1 - P_2$$

Объем золота в короне можно определить по её массе, а массу – через вес короны в воздухе:

$$V_{\text{зол}} = \frac{m_{\text{зол}}}{\rho_{\text{зол}}} = \frac{P_1}{\rho_{\text{зол}} g}.$$

$$\rho_{\text{в}} g \left( \frac{P_1}{\rho_{\text{зол}} g} + V_{\text{пол}} \right) = P_1 - P_2$$

$$\left( \frac{P_1}{\rho_{\text{зол}} g} + V_{\text{пол}} \right) = \frac{P_1 - P_2}{\rho_{\text{в}} g}$$

$$V_{\text{пол}} = \frac{1}{g}\left(\frac{P_1 - P_2}{\rho_{\text{в}}} - \frac{P_1}{\rho_{\text{зол}}}\right)$$

Подставив числовые значения, получим: $V_{\text{пол}} = 9 \cdot 10^{-6}\text{м}^3 = 9\ \text{см}^3$. Значит корона изготовлена не из чистого золота, в ней имеется полость. Тогда масса украденного золота:

$$m = \rho_{\text{зол}} V_{\text{пол}} = 173{,}7\ \text{г}$$

***Критерии оценивания:***

| | |
|---|---|
| Записаны выражения для выталкивающей силы | 2 балла |
| Преобразование уравнений с учетом предположения, что в короне имеется полость | 2 балла |
| Выражен объем чистого золота | 1 балл |
| Получено выражение для объема предполагаемой полости | 2 балла |
| Получено числовое значение объема полости | 1 балл |
| Сделан вывод | 1 балл |
| Рассчитана масса украденного золота | 1 балл |

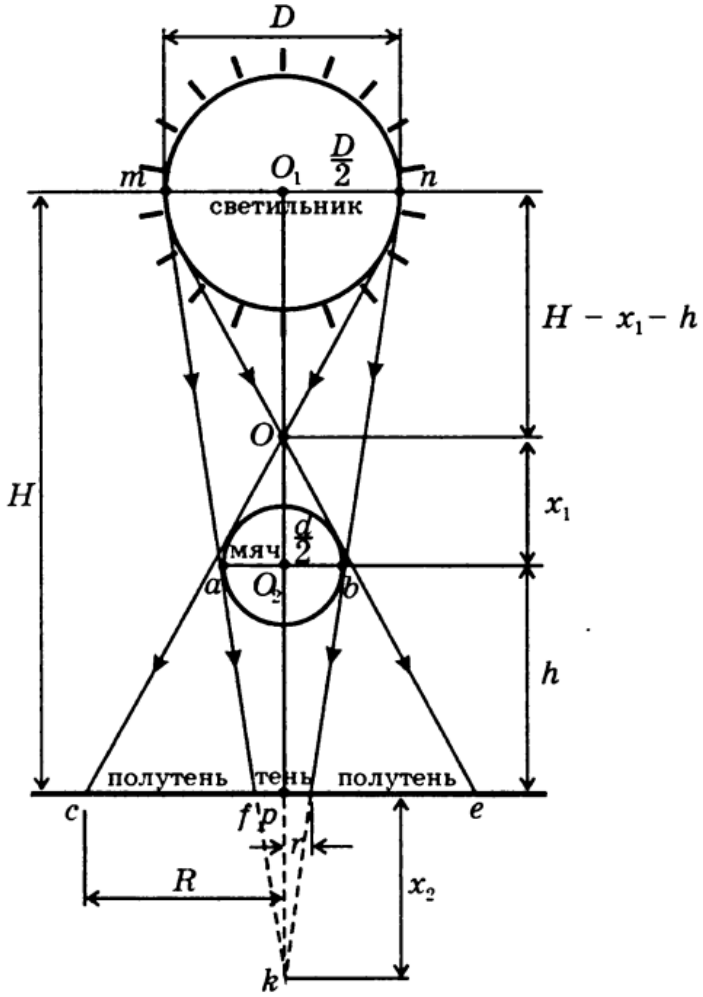
***Примечание.*** *Вычисления могут быть произведены не обязательно в общем виде, но и по отдельным действиям сразу в числах.*

***Задача 4. (10 баллов)***

Изучая закон прямолинейного распространения света Петр еще в 8 классе проводил опыты по созданию тени и полутени от матового светильника диаметром *D=40 см* и расположенного на высоте *H=2 м* от его центра до пола. Под светильником он располагал мяч диаметром *d=10 см*. Расстояние между центром мяча и полом *h=20 см*. Найти радиусы тени и полутени, полученные в данном опыте.

***Возможное решение:***

С использованием закона прямолинейного распространения света получен чертеж.




Радиус тени с полутенью $R$ – это отрезок $cp$, который является катетом в прямоугольном треугольнике $Ocp$. Другим катетом в этом треугольнике служит отрезок $Op = x_1 + h$, где $x_1 = OO_2$.

$$\Delta aOO_2 \backsim \Delta O_1nO$$

Как прямоугольные треугольники с равными вертикальными углами при точке $O$. Из подобия следует пропорциональность сторон:

$$\frac{D \cdot 2}{2 \cdot d} = \frac{H - x_1 - h}{x_1}$$

$$\frac{D}{d} = \frac{H - x_1 - h}{x_1}$$

Далее рассмотрим еще два подобных треугольника:

$$\Delta OaO_2 \backsim \Delta Ocp$$

Они подобны, потому что являются прямоугольными и имеют общий угол при точке $O$. Из их подобия следует пропорциональность сторон:

$$\frac{d}{2 \cdot R} = \frac{x_1}{x_1 + h}$$

Из первой пропорции выразим $x_1$, а затем подставим полученное выражение во вторую пропорцию:

$$x_1 D = dH - x_1 d - dh$$

$$x_1 = \frac{d(H - h)}{d + D}$$

$$\frac{d}{2 \cdot R} = \frac{\frac{d(H - h)}{d + D}}{\frac{d(H - h)}{d + D} + h}$$

$$\frac{1}{2R} = \frac{H - h}{d(H - h) + h(d + D)}$$

$$R = \frac{dH - dh + dh + Dh}{2(H - h)} = \frac{dH + Dh}{2(H - h)}$$

Для определения радиуса полной тени $r$ рассмотрим два подобных треугольника

$$\Delta aO_2k \backsim \Delta fpk$$

Из их подобия следует:

$$\frac{d}{2r} = \frac{h + x_2}{x_2}$$

Рассмотрим еще два подобных треугольника:

$$\Delta mO_1k \backsim \Delta fpk$$

Из их подобия следует:

$$\frac{D}{2r} = \frac{H + x_2}{x_2}$$

Выразим $x_2$ из первой пропорции и из второй:

$$dx_2 = 2rh + 2rx_2$$

$$x_2 = \frac{2rh}{d - 2r}$$

$$x_2 = \frac{2rH}{D - 2r}$$

$$\frac{2rh}{d - 2r} = \frac{2rH}{D - 2r}$$

$$h(D - 2r) = H(d - 2r)$$

$$hD - 2rh = Hd - 2Hr$$

$$r = \frac{dH - Dh}{2(H - h)}$$

Произведем вычисления:

$$R = 0{,}08 \text{ м} \qquad r = 0{,}03 \text{ м}$$

***Критерии оценивания:***

| | |
|---|---|
| Выполнен чертёж | 5 баллов |
| Составлены пропорции для подобных треугольников $\Delta aOO_2$ и $\Delta O_1nO$ | 0,5 балла |
| Составлены пропорции для подобных треугольников $\Delta OaO_2$ и $\Delta Ocp$ | 0,5 балла |
| Получено выражение для $R$ | 1 балл |
| Составлены пропорции для подобных треугольников $\Delta aO_2k$ и $\Delta fpk$ | 0,5 балла |
| Составлены пропорции для подобных треугольников $\Delta mO_1k$ и $\Delta fpk$ | 0,5 балла |
| Получено выражение для $r$ | 1 балл |
| Получены численные ответы | 1 балл |

***Примечание.*** *Составление пропорций может быть сразу в числовых значениях, необязательно получать выражения в общем виде.*

***Задача 5. (10 баллов)***

Десятиклассник Петр получил в распоряжение моток медной проволоки, весы с набором гирь, аккумулятор, вольтметр, амперметр и физический справочник. Используя этот набор ему нужно измерить объем аудитории. Каким способом это можно сделать?

***Возможное решение:***

Сопротивление $R$ отрезка проволоки, равного по длине высоте комнаты, можно определить по закону Ома, собрав цепь, в которой источником тока является аккумулятор. Если амперметр, включенный последовательно с отрезком проволоки, показывает ток силы $I$, а подключенный параллельно вольтметр – напряжение $U$, то:

$$R = \frac{U}{I} = \rho \frac{l}{S}$$

где $S$ – площадь поперечного сечения проводника, $l$ – его длина, $\rho$ - удельное сопротивление меди. С другой стороны, массу $m$ этого отрезка проволоки, определённую с помощью весов, можно выразить через плотность меди $\rho_м$ следующим образом:

$$m = \rho_{\text{м}} l S$$

Перемножая полученные равенства, получаем:

$$m \frac{U}{I} = \rho_{\text{м}} \rho l^2$$

$$l = \sqrt{\frac{mU}{\rho_{\text{м}} \rho I}}$$

Величины $I$, $U$ и $m$ измеряем на опыте, а значения $\rho$ и $\rho_м$ берем из справочника. Таким образом можно определить длину и ширину комнаты, а затем найти её объем. Скорее всего, измеряемое напряжение будет очень мало и будет с трудом определяться по вольтметру, тогда в цепь нужно включать отрезок проволоки, длина которого в целое число раз превышает измеряемый параметр. Для этого достаточно уложить проволоку по длине, ширине или высоте комнаты несколько раз.

***Критерии оценивания:***

| | |
|---|---|
| Предложен вариант отрезать кусок проволоки, равный по длине высоте комнаты | 1 балл |
| Предложено собрать эл.цепь с куском проволоки, амперметром, вольтметром, в которой источником тока является аккумулятор | 2 балла |

| | |
|---|---|
| Выражено сопротивление по закону Ома и через геометрические характеристики | 1 балл |
| Предложено взвесить кусок проволоки | 1 балл |
| Получено выражение для массы куска проволоки | 1 балл |
| Произведены алгебраические преобразования и получена формула для расчета длины проволоки | 2 балла |
| Отмечено, откуда берутся значения входящих в полученную формулу величин | 1 балл |
| Отмечено, что измеряемое напряжение скорее всего будет очень мало, и предложен способ исправить это | 1 балл |