

Результаты очного тура профориентационной олимпиады по физике

31 марта на факультете математики и естествознания была проведена ставшая уже традиционной профориентационная олимпиада по физике для учащихся средних школ г. Могилева и Могилевской области.

В организации и проведении олимпиады по физике приняли участие преподаватели и сотрудники кафедры общей физики, а также члены студенческого Совета самоуправления, которые организовали викторину и демонстрацию физических опытов для школьников во время проверки олимпиадных работ.

На протяжении января – февраля 2018 года проводился заочный тур олимпиады, где школьникам предлагалось выполнить задания заочного тура. Школьники, представившие лучшие работы, были приглашены вместе со своими учителями для участия в очном туре олимпиады.

Победители очного тура

7 класс

1. Силков Андрей Александрович - ГУО «СШ №41 г. Могилёв» – диплом 1 степени (учитель Жарин Вадим Анатольевич)
2. Кирдун Владислав Игоревич - ГУО "СШ №5 г. Могилёв» - диплом 1 степени (учитель Коноплева Наталья Ивановна)
3. Старовойтов Артем Дмитриевич - ГУО "СШ №2 г. Круглое" - диплом 2 степени (учитель Авсиевич Галина Адамовна)
4. Скицунов Климентий Николаевич - ГУО "СШ №17 г. Могилёв» - диплом 3 степени (учитель Поджигерова Елена Евгеньевна)

8 класс

1. Синицын Максим Фёдорович - ГУО "СШ № 1 г. Круглое» - диплом 2 степени (учитель - Бондаренко Татьяна Николаевна)
2. Радюкевич Алина Игоревна - ГУО «СШ №2 г. Кличев» - диплом 3 степени (учитель Радюкевич Ирина Васильевна)

9 класс

1. Юсупов Никита Эдуардович - ГУО «Гимназия № 1 г. Горки» - диплом 1 степени (учитель Филиппенкова Инна Николаевна)
2. Чеплюков Арсений Андреевич - ГУО «Гимназия г. Мстиславль» - диплом 2 степени (учитель Подгайский Андрей Викторович)
3. Гудков Алексей Сергеевич - ГУО «Гимназия № 1 г. Горки» - диплом 3 степени (учитель Филиппенкова Инна Николаевна)

В связи с низким количеством набранных баллов ученикам 10 – 11 классов дипломы не вручались.

Задачи, решения и критерии оценок очного тура

7 класс

1. **Эскалатор метро поднимает стоящего на нем пассажира в течение 3 минут. По неподвижному эскалатору пассажир поднимается 6 мин. Сколько времени он будет подниматься по движущемуся эскалатору?**

Решение:

Пусть длина эскалатора l , скорость эскалатора относительно Земли ϑ_1 , скорость человека относительно эскалатора ϑ_2 . Тогда $t_1 = \frac{l}{\vartheta_1}$; $t_2 = \frac{l}{\vartheta_2}$; $t_3 = \frac{l}{\vartheta_1 + \vartheta_2}$. Из этих уравнений выразим ϑ_1 ; ϑ_2 и ϑ_3 .

$$\vartheta_1 = \frac{l}{t_1}; \vartheta_2 = \frac{l}{t_2}; \vartheta_1 + \vartheta_2 = \frac{l}{t_3}. \text{ Тогда } \frac{l}{t_3} = \frac{l}{t_1} + \frac{l}{t_2}, \quad \text{или } \frac{1}{t_3} = \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2}.$$

Значит $t_3 = \frac{t_1 t_2}{t_1 + t_2} = 2$ (мин)

Критерии оценки:

- Записана формула для определения скорости равномерного движения тела – 1б.
- Записаны три уравнения движения пассажира – 3б.
- Решена система уравнений и получена расчетная формула – 5б.
- Проведен расчет t_3 – 1б.

За правильно выполненный рисунок с указанием всех используемых физических величин – 1б (*поощрительный*).

2. **Масса пробирки, заполненной водой, составляет 50г. Масса пробирки, заполненной водой, но с куском металла в ней массой 12г составляет 60,5г. Определите плотность металла, помещенного в пробирку.**

Решение:

Масса воды, вылившейся из пробирки (вытесненной металлом), равна $m_{\text{в}} = 50\text{г} + 12\text{г} - 60,5\text{г} = 1,5\text{г}$.

Объем вытесненной воды равен объему металла: $V = \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}$.

Плотность металла равна: $\rho = \frac{m_{\text{м}}}{V} = \frac{m_{\text{м}} \rho_{\text{в}}}{m_{\text{в}}} = 8 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 8000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Критерии оценки:

- Определена масса вылившейся воды из пробирки – 2б.
- Записана формула для определения объема вылившейся воды – 1б.

- Рассчитан объем вылившейся воды – 2б.
- Указано, что объем вылившейся воды из пробирки равен объему металла – 1б.
- Записана формула для определения плотности металла – 1б.
- Проведен расчет плотности металла – 2б.
- Плотность металла выражена в единицах СИ – 1б.

3. В цилиндрических сообщающихся сосудах находится глицерин. Площадь поперечного сечения сосуда $S=1,5 \text{ см}^2$. В левый сосуд наливают $m=37,5\text{г}$ керосина, а в правый столб воды высотой 20см. Какова разность уровней глицерина в сообщающихся сосудах? Плотность воды 1000кг/м^3 , а плотность глицерина 1250 кг/м^3 .

Решение:

На уровне, совпадающем с уровнем глицерина в левом сосуде

$$p_k = p_z + p_в; \quad \frac{mg}{S} = \rho_z g \Delta h + \rho_в g h_в; \quad \rho_z \Delta h = \frac{m}{S} - \rho_в h_в; \quad \Delta h = \frac{\frac{m}{S} - \rho_в h_в}{\rho_z} = 0,04 \text{ м}$$

Критерии оценки:

- Записано условие равновесия жидкостей в сообщающихся сосудах – 1б.
- Правильно выбран уровень, на котором сравниваются давления в сосудах – 1б.
- Записана формула для определения давления керосина – 1б.
- Записана формула для определения давления глицерина – 1б.
- Записана формула для определения давления воды – 1б.
- Получена расчетная формула для вычисления разности уровней глицерина в сообщающихся сосудах – 4б.
- Проведен расчет разности уровней глицерина в сообщающихся сосудах – 1б.

За правильно выполненный рисунок с указанием расположения жидкостей в сообщающихся сосудах – 1б (*поощрительный*).

8 класс

- 1. В доску толщиной 5см забили гвоздь длиной 10см так, что половина гвоздя прошла на вылет. Чтобы вытаскивать гвоздь из доски первоначально нужно прикладывать силу 1,8кН. Гвоздь вытащили из доски. Какую при этом совершили минимальную механическую работу?**

Решение:

Работа силы по вытаскиванию гвоздя равна сумме работы постоянной силы и работы изменяющейся силы: $A = A_1 + A_2$. $A_1 = F(l_2 - l_1)$.
 $A_2 = \frac{Fl_1}{2}$.

$$A = F(l_2 - l_1) + \frac{Fl_1}{2}. A = F(l_2 - l_1 + \frac{l_1}{2})$$

$$A = F(l_2 - \frac{l_1}{2}) = 1800 \cdot 0,075 = 135 (\text{Дж})$$

Критерии оценки:

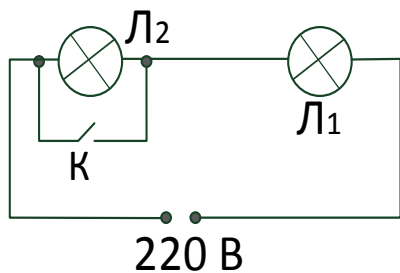
- Записана формула для определения работы постоянной силы – 1б.
- Указано, что нужно рассматривать работу силы на двух участках – 1б.
- Указано, что минимальная работа силой будет совершаться при равномерном движении гвоздя – 1б.
- Записана и обоснована формула для определения работы изменяющейся силы – 3б.
- Получена расчетная формула – 3б.
- Проведен расчет минимальной механической работы – 1б.

За правильно выполненный рисунок с указанием всех действующих на гвоздь сил – 1б (*поощрительный*).

2. Имеется выключатель и две электрические лампочки, на цоколе одной из которых написано 100Вт, 220В, а на цоколе другой- 10Вт, 220В. Эти лампочки и выключатель соединяют и подключают к сети с напряжением 220В. Составьте электрическую схему электрической цепи, удовлетворяющую следующим требованиям: когда выключатель находится в положении «включено» светится лампа 100Вт, если же его перевести в положение «выключено», то светиться лампа мощностью 10Вт. Объясните принцип действия электрической цепи, составленной по этой схеме.

Решение:

Лампочки не могут быть соединены параллельно, так как при этом соединении при включенном ключе светились бы две лампочки одновременно. Значит, лампочки должны быть соединены последовательно, причем выключатель должен быть соединен параллельно лампочке L_2 .



При замкнутом ключе электрический ток не идет по лампе L_2 (она закорочена), и светится только лампа L_1 .

При разомкнутом ключе светится только лампа L_2 , так как напряжение на ней составляет 200В (сопротивление ее в 10 раз больше, чем L_1). На лампе L_1 напряжение составляет 20В, и она не светится.

Критерии оценки:

- Записана формула для определения сопротивления лампочки по мощности и напряжению питания – 1б.
- Проведено сравнение сопротивлений лампочек – 2б.
- Записана формула для определения напряжения на лампочке – 1б.
- Предложена схема соединения лампочек, удовлетворяющая сформулированным в условии требованиям – 3б.
- Объяснен принцип действия электрической цепи, собранной по предложенной схеме – 3б.

3. Автомобиль движется со скоростью 90 км/ч. Полезная мощность двигателя 55кВт. Расход бензина на 1км пути составляет 0,2л. Плотность бензина 750 кг/м³, а его удельная теплота сгорания 46 МДж/кг. Каков коэффициент полезного действия двигателя?

Решение:

Коэффициент полезного действия двигателя определяется по формуле:

$$\eta = \frac{A_{\text{п}}}{A_{\text{с}}}; \quad A_{\text{п}} = Pt = P \frac{s}{v}. \quad A_{\text{с}} = Q = qm = q\rho V. \quad \eta = \frac{Ps}{\rho q v} = 0,32$$

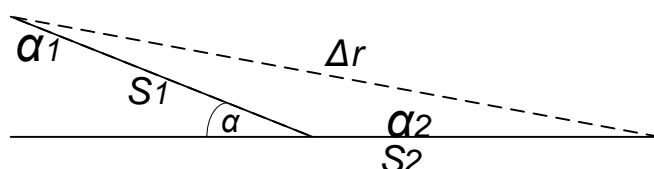
Критерии оценки:

- Записана формула для определения коэффициента полезного действия двигателя – 1б.
- Записана формула для определения полезной работы двигателя – 1б.
- Записана формула для определения времени движения – 1б.
- Записана формула для определения совершенной работы – 2б.
- Записана формула для определения массы сгоревшего топлива – 1б.
- Получена расчетная формула – 3б.
- Проведен расчет коэффициента полезного действия двигателя – 1б.

Решения задач очного тура

9 класс

1. Тело, начальная скорость которого $u_0 = 0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, движется равноускорено по наклонной плоскости, составляющей угол $\alpha = 60^\circ$ с горизонтом. Через промежуток времени $\Delta t_1 = 1,5$ с от начала движения тело попадает на горизонтальную поверхность и движется по ней с постоянным ускорением в течение промежутка времени $\Delta t_2 = 2,5$ с. При переходе с наклонной плоскости на горизонтальную модуль скорости тела не изменяется. Найдите модуль ускорения тела движения по горизонтальной плоскости, если модуль перемещения



ускорения тела движения по горизонтальной плоскости, если модуль перемещения

тела за весь промежуток времени $\Delta r = 1,4$ м.

РЕШЕНИЕ:

По теореме косинусов найдем перемещение тела:

$$\Delta r = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 - 2s_1s_2 \cos \alpha}$$

Тело движется равноускорено, поэтому пройденный путь определяется формулами: $s_1 = \frac{a_1 \Delta t_1^2}{2}$, $s_2 = \frac{a_2 \Delta t_2^2}{2}$.

Модуль скорости при переходе с наклонной плоскости на горизонтальную не изменяется по условию задачи, поэтому $v = a_1 \Delta t_1 = a_2 \Delta t_2$, $a_1 = \frac{a_2 \Delta t_2}{\Delta t_1}$.

Подставим полученные выражения в формулу перемещения и преобразуем. В результате получим выражение для определения ускорения на горизонтальном участке пути

$$\Delta r = \sqrt{\left(\frac{a_1 \Delta t_1^2}{2}\right)^2 + \left(\frac{a_2 \Delta t_2^2}{2}\right)^2 + \frac{a_1 \Delta t_1^2}{2} \cdot \frac{a_2 \Delta t_2^2}{2}} = \frac{a_2 \Delta t_2}{2} \sqrt{\Delta t_1^2 + \Delta t_2^2 + \Delta t_1 \Delta t_2}$$
$$a_2 = \frac{2\Delta r}{\Delta t_2 \sqrt{\Delta t_1^2 + \Delta t_2^2 + \Delta t_1 \Delta t_2}}, \quad a_2 = 32 \frac{\text{см}}{\text{с}^2}$$

Критерии оценки:

- Записана формула для расчета пройденного пути при равноускоренном движении – 1б.
- Записана формула для определения перемещения тела через пройденные телом пути на обоих участках движения – 3б.
- Записана формула для расчета скорости при равноускоренном движении – 1б.
- Установлено соотношение между ускорениями тела на двух участках движения – 2б.

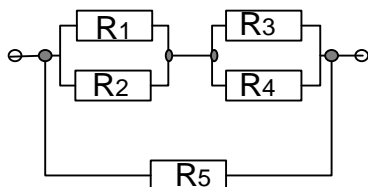
- Записана формула для определения перемещения тела за все время движения через ускорения и время – 4б.
- Получена расчетная формула для определения ускорения тела на втором участке движения – 2б.
- Проведен расчет ускорения на втором участке движения – 1б.
- За правильно выполненный рисунок с указанием всех используемых физических величин – 1б (*поощрительный*).

Всего 14 баллов + 1 поощрительный

2. Определите общее сопротивление $R_{об}$ электрической цепи, схема которой изображена на рисунке.

РЕШЕНИЕ:

Пронумеруем резисторы, включенные в цепь.



Рисуем

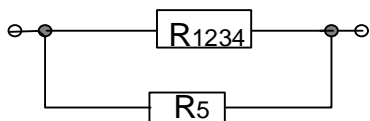
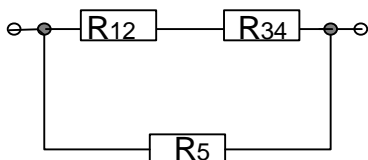
эквивалентную схему, из которой видно, что сопротивления R_1 и R_2 , а также R_3 и R_4 соединены параллельно, а между собой последовательно. Найдем общее сопротивление параллельно

соединенных резисторов (1 и 2) и (3 и 4).

$$R_{12} = \frac{R}{2}, \quad R_{34} = \frac{R}{2}$$

Между собой они соединены последовательно. Их сопротивление

$$R_{1234} = \frac{R}{2} + \frac{R}{2} = R.$$

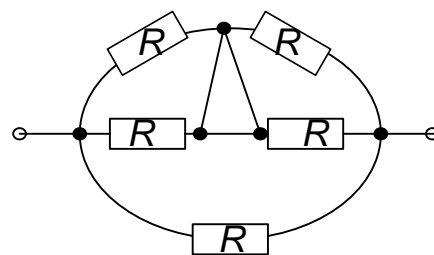


Сопротивления R_{1234} и сопротивление R_5 соединены параллельно, тогда общее сопротивление цепи равно

$$R_{об} = \frac{R}{2}.$$

Критерии оценки:

- Нарисована эквивалентная схема электрической цепи – 2б.
- Записана формула для определения общего сопротивления при параллельном соединении проводников – 1б.



- Записана формула для определения общего сопротивления при последовательном соединении проводников – 1б.
- Определено общее сопротивление электрической цепи – 4б.

Всего 8 баллов

3. В тающую льдину попадает пуля, модуль скорости которой $v=1,0 \cdot 10^3 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. Масса пули $m=10\text{г}$. Считая, что часть кинетической энергии пули ($\eta=50\%$) расходуется на плавление льда, определите массу льда $m_{\text{л}}$, который растаял. ($\lambda=340 \frac{\text{кДж}}{\text{К}}$)

РЕШЕНИЕ:

Из условия задачи: $0,5E_k = Q$. Распишем кинетическую энергию пули и количество теплоты, которое идет на плавление льда: $0,5 \frac{m_n v^2}{2} = \lambda m_{\text{л}}$.

Выразим массу растаявшего льда $m_{\text{л}} = \frac{0,5 m_n v^2}{2\lambda}$. Подставим числовые значения

Критерии оценки:

- Записано соотношение между кинетической энергией пули и изменением внутренней энергии льда при плавлении – 1б.
- Записана формула для определения кинетической энергии пули – 1б.
- Записана формула для определения изменения внутренней энергии льда при плавлении – 1б.
- Получена расчетная формула для определения массы растаявшего льда – 4б.
- Проведен расчет массы растаявшего льда – 1б.

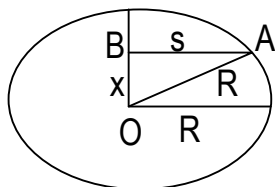
Всего 8 баллов

Всего баллов 30 +1 поощрительный

10 класс

1. Гладкий диск радиусом R , плоскость которого горизонтальна, вращается вокруг своей оси. От поверхности диска отрывается небольшое тело, которое без трения скользит по нему. На каком расстоянии x от оси оторвалось тело, если за время, пока оно соскальзывало с диска, диск сделал полный оборот?

РЕШЕНИЕ:



Из рисунка видно, что пройденное расстояние телом можно определить из $\triangle OAB$ по теореме Пифагора:

$s^2 = R^2 - x^2$. Время соскальзывания определим из формулы $t = \frac{s}{\vartheta}$, где $\vartheta = \omega x$.

Выразим время соскальзывания через данные движения: $t = \frac{\sqrt{R^2 - x^2}}{\omega x}$.

Выполним преобразования и учтем, что $t=T$ и $\omega = \frac{2\pi}{T}$.

$$x = \frac{R}{\sqrt{\omega^2 t^2 + 1}} = \frac{R}{\sqrt{4\pi^2 + 1}}$$

Критерии оценки:

- Выполнен рисунок задачной ситуации с указанием всех используемых физических величин – 3б.
- Записана формула для определения пройденного телом пути – 1б.
- Записана формула для определения времени движения тела по поверхности диска – 1б
- Записано соотношение между линейной и угловой скоростью движения тела – 1б.
- Записано соотношение между угловой скоростью и периодом движения тела – 1б.
- Получена расчетная формула для определения искомого расстояния – 3б.

Всего 10 баллов

2. Пуля пробивает ящик, стоящий на гладкой горизонтальной плоскости. Масса пули $m=10,0$ г, масса ящика $M=500$ г. Пуля подлетает к ящику со скоростью, модуль которой $v_1=600 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, а вылетает из него со скоростью, модуль которой $v_2=\frac{v_1}{4}$. Какое количество теплоты Q выделилось при движении пули в ящике. Начальную и конечную скорости пули считать направленными горизонтально.

РЕШЕНИЕ:

Скорость ящика после вылета пули, найдем из закона сохранения импульса:

$$mv_1 = mv_2 + Mv, \text{ тогда } v = \frac{m(v_1 - v_2)}{M}.$$

Воспользуемся законом сохранения полной энергии для нахождения количества теплоты, которое выделилось при движении пули в ящике:

$$\frac{mv_1^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{Mv^2}{2} + Q.$$

Выразим из этого выражения количество теплоты и учтем скорость

ящика:
$$Q = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} - \frac{Mv^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} - \frac{M}{2} \cdot \left(\frac{m(v_1 - v_2)}{M} \right)^2$$

Подставим числовые значения, подсчитаем и получим: $Q = 1,7$ кДж .

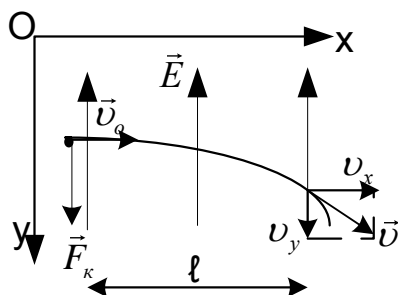
Критерии оценки:

- Записан закон сохранения импульса – 1б.
- Определена скорость ящика после взаимодействия с пулей – 3б.
- Записан закон сохранения полной энергии – 2б.
- Получена расчетная формула для определения количества теплоты – 3б.
- Проведен расчет количества теплоты – 1б.
- За правильно выполненный рисунок к применению закона сохранения импульса – 1б (*поощрительный*).

Всего 10 баллов + 1 поощрительный

3. Электрон влетает в однородное электрическое поле перпендикулярно линиям напряженности. Модуль напряженности поля $E = 60 \frac{\text{В}}{\text{см}}$. Определите модуль скорости электрона в момент его вылета из поля. Модуль начальной скорости электрона $v_0 = 2,0 \cdot 10^7 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, расстояние, пройденное электроном вдоль направления начальной скорости, $l = 6,0$ см.

РЕШЕНИЕ:



При влете в электрическое поле на электрон действует сила Кулона, которая направлена вниз, согласно выбранного направления линий вектора напряженности. Вдоль оси Ox проекция силы Кулона равна нулю. Следовательно, движение электрона

вдоль оси Ox – равномерное, Oy – равноускоренное.

Рассмотрим движение электрона вдоль оси Ox . Расстояние ℓ электрон преодолет за время, которое можно найти из формулы $\ell = v_0 t$ и $t = \frac{\ell}{v_0}$.

Вдоль оси Oy ускорение электрону будет сообщать сила Кулона

$$F_k = eE \text{ и } F_k = ma$$

Ускорение электрона равно $a = \frac{F_k}{m} = \frac{eE}{m}$.

В любой момент времени скорость тела определяется по формуле:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

Для нашего случая $v_x = v_0$, $v_y = at = \frac{eE}{m} \cdot \frac{\ell}{v_0}$.

Тогда скорость электрона при вылете будет определяться формулой

$$v = \sqrt{v_0^2 + \left(\frac{eE\ell}{mv_0}\right)^2}. \quad \text{Вычисляя скорость электрона, получаем } v = 20 \frac{Mm}{c}$$

Критерии оценки:

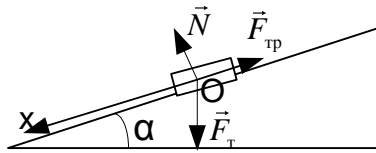
- Выполнен рисунок траектории движения электрона с указанием параметров его движения и электростатического поля – 2б.
- Записана формула для определения дальности полета электрона – 1б.
- Записана формула, выражающая второй закон Ньютона – 1б.
- Записана формула для определения электрической силы, действующей на электрон – 1б.
- Получена формула для определения ускорения движения электрона – 1б.
- Записана формула, устанавливающая взаимосвязь модуля вектора скорости и его проекций на оси – 1б.
- Получена расчетная формула для определения скорости электрона – 2б.
- Проведен расчет скорости электрона – 1б.

Всего 10 баллов

Всего 30 баллов + 1 поощрительный

1. Автомобиль при полностью включенных тормозах (колеса не вращаются) может удержаться на участке горной дороги с углом наклона $\alpha \leq 30^\circ$. Определите тормозной путь s этого автомобиля на горизонтальном участке той же дороги при скорости, модуль которой равен $v = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$.

РЕШЕНИЕ:



На горной дороге на автомобиль действуют три силы: сила тяжести, сила трения и сила реакции опоры. Так как автомобиль покоится, то согласно первого условия равновесия тел, проекция силы тяжести на ось Ox должна быть равна силе трения: $F_{Tx} = F_{Tr}$. Распишем проекцию силы тяжести и силы трения, получим: $mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$, или после преобразований $\mu = \operatorname{tg} \alpha$.

На горизонтальной дороге при этом коэффициенте трения определим тормозной путь. Воспользуемся законом сохранения энергии. Изменение (убывание) кинетической энергии происходит за счет совершения работы силой трения по торможению автомобиля.

$\Delta E_k = A_{Tr}$ Подставим формулы, через которые определяются кинетическая энергия и работа силы трения: $\frac{m v^2}{2} = \mu m g s$, преобразуем

$$s = \frac{v^2}{2\mu g} = \frac{v^2}{2g \operatorname{tg} \alpha}.$$

Подставим числовые значения и найдем величину тормозного пути на горизонтальном участке пути. $s = 35 \text{ м}$.

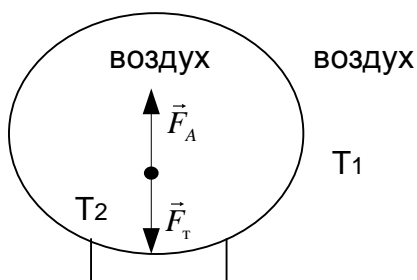
Критерии оценки:

- Выполнен рисунок задачной ситуации с указанием всех используемых физических величин – 2б.
- Записано условие равновесия автомобиля на наклонной дороге – 1б.
- Определен коэффициент трения колес автомобиля о горную дорогу – 1б.
- Записан закон изменения кинетической энергии автомобиля – 1б.
- Записана формула для определения кинетической энергии автомобиля – 1б.
- Записана формула для расчета работы силы трения – 1б.
- Получена расчетная формула для определения пройденного автомобилем пути – 2б.
- Проведен расчет пройденного автомобилем пути – 1б.

Всего 10 баллов

2. Каким должно быть изменение ΔT температуры воздуха внутри сообщающегося с атмосферой в нижней части воздушного шара, сферическая

оболочка которого имеет диаметр $d=10$ м и массу $m=10$ кг, для того чтобы он взлетел? Атмосферное давление $p=1,0 \cdot 10^5$ Па, температура наружного воздуха $t=27^\circ\text{C}$.



РЕШЕНИЕ:

Для того, чтобы шар взлетел, необходимо, чтобы сила Архимеда была равна или превышала силу тяжести:

$$F_T \leq F_A. \quad (1)$$

Сила тяжести действует на оболочку и воздух внутри шара: $F_T = (m + m_1)g$.

Сила Архимеда вычисляется по

формуле: $F_A = \rho gV$, где ρ – плотность воздуха снаружи шара.

Плотность воздуха снаружи шара определим из уравнения Менделеева-Клапейрона:

$$p = \frac{\rho RT_1}{M} \quad \rho = \frac{pM}{RT_1}$$

Масса воздуха внутри шара тоже может быть определена из уравнения Клапейрона-Менделеева: $pV = \frac{m_1 RT_2}{M}$, тогда $m_1 = \frac{pVM}{RT_2}$. Учтем, что объем шара вычисляется по формуле $V = \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{\pi d^3}{6}$.

Подставим полученные выражения в формулу (1), сделаем преобразования, получим, что температура воздуха внутри шара может быть определена по формуле: $T_2 = \frac{pM\pi d^3 T_1}{pM\pi d^3 - 6mRT_1}$.

Тогда изменение температуры можно подсчитать по формуле

$$\Delta T = \frac{6mRT_1^2}{\pi d^3 pM - 6mRT_1}$$

Подставив числовые значения, получаем, что $\Delta T=5\text{K}$.

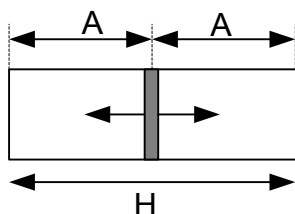
Критерии оценки:

- Выполнен рисунок задачной ситуации с указанием всех используемых физических величин – 1б.
- Записано условие, при котором шар может взлететь в воздух – 1б.
- Записана формула для определения силы Архимеда и силы тяжести – 1б.
- Записана формула для определения плотности воздуха внутри и вне шара – 1б.
- Получена формула для определения температуры внутри шара – 3б.
- Получена расчетная формула для определения изменения температуры – 2б.
- Проведен расчет изменения температуры – 1б.

Всего 10 баллов

3. Автомобиль движется равномерно со скоростью, модуль которой $v = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$.

Считая, что поршень двигателя автомобиля совершает гармонические колебания, определите модули максимальных значений скорости v_{max} и ускорения a_{max} поршня, если радиус колеса автомобиля $R = 25 \text{ см}$, а ход поршня $H = 80 \text{ мм}$.



РЕШЕНИЕ:

Мы знаем, что максимальные (амплитудные) значения скорости и ускорения определяются по формулам: $v_{\text{max}} = \omega A$ и $a_{\text{max}} = \omega^2 A$.

Линейная скорость колеса автомобиля может быть выражена из формулы: $v = \omega R$,

$$\omega = \frac{v}{R}.$$

Ход поршня равен удвоенному значению амплитуды: $H = 2A$,
 $A = \frac{H}{2}$.

Зная угловую скорость (циклическую частоту) и амплитуду колебаний, найдем модули максимальных значений скорости и ускорения хода поршня

$$v_{\text{max}} = \frac{vH}{2R}, \quad a_{\text{max}} = \frac{v^2}{R^2} \cdot \frac{H}{2}.$$

Подставим числовые значения, получим: $v_{\text{max}} = 1,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $a_{\text{max}} = 64 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Критерии оценки:

- Записана формула, выражающая взаимосвязь между амплитудами скорости и колебаний – 1б.
- Записана формула, выражающая взаимосвязь между амплитудами ускорения и колебаний – 1б.
- Записана формула, выражающая взаимосвязь между линейной и угловой скоростями – 1б.
- Определена амплитуда колебаний поршня – 1б
- Получена формула для определения амплитуды скорости – 2б.
- Получена формула для определения амплитуды ускорения – 2б.
- Проведен расчет амплитуды скорости – 1б.
- Проведен расчет амплитуды ускорения – 1б.

Всего 10 баллов

Всего 30 баллов