

Решения и критерии оценивания

Задача 1

Небольшому телу, находящемуся на наклонной плоскости, сообщили некоторую скорость, направленную вверх вдоль этой плоскости. Через некоторое время оно вернулось в точку старта со скоростью, направленной противоположно начальной и вдвое меньшей по модулю. Определите угол наклона плоскости, если коэффициент трения скольжения между ней и телом равен $\mu = 0,2$. Модуль ускорения свободного падения можно считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Возможное решение

При движении вверх: $s = \frac{v^2}{2|a_{1x}|}$, где s – путь, пройденный телом до остановки, v – скорость тела в точке старта, a_{1x} – проекция ускорения тела при движении вверх на ось x , направленную вдоль наклонной плоскости.

При движении вниз: $s = \frac{(\frac{v}{2})^2}{2|a_{2x}|} = \frac{v^2}{8|a_{2x}|}$, где a_{2x} – проекция ускорения тела при движении вниз на ось x , направленную вдоль наклонной плоскости.

Следовательно, $4|a_{2x}| = |a_{1x}|$.

Запишем II закон Ньютона для движений вверх и вниз соответственно:

$$m|a_{1x}| = mg \sin \alpha + \mu mg \cos \alpha,$$

$$m|a_{2x}| = mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha.$$

Окончательно получаем:

$$4(g \sin \alpha - \mu g \cos \alpha) = g \sin \alpha + \mu g \cos \alpha \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{5\mu}{3} = \frac{1}{3}.$$

Угол α наклона плоскости к горизонту равен $\alpha = \operatorname{arctg}(1/3) \approx 0,322$ рад или $\alpha \approx 18,4^\circ$.

Критерии оценивания

Записана связь перемещения, начальной скорости и ускорения при движении тела вверх **2 балла**

Записана связь перемещения, конечной скорости и ускорения при движении тела вниз **2 балла**

(Если любым способом правильно определено соотношение между модулями ускорений при движении тела вверх и вниз – ставится **4 балла**.)

Применён II закон Ньютона для движения тела вверх и вниз (по 2 балла)... **4 балла**
Получено выражение для угла наклона плоскости **1 балл**
Найдено численное значение угла наклона плоскости (или его тангенса)..... **1 балл**

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 2

Лёгкая пружина жёсткостью $k = 40$ Н/м состоит из $N = 40$ витков. Определите, на сколько сантиметров увеличится расстояние между двенадцатым и двадцать пятым витками вертикально расположенной пружины, если к ней подвесить груз массой $m = 600$ г. Модуль ускорения свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².

Возможное решение

Удлинение всей пружины $\Delta l = \frac{mg}{k}$. Значит, расстояние между двумя соседними витками увеличится на величину: $\frac{\Delta l}{N-1} = \frac{mg}{k(N-1)}$. Тогда расстояние между двенадцатым и двадцать пятым витками пружины увеличится на величину: $\frac{mg}{k(N-1)} \cdot (25 - 12) = 5,0$ см.

Критерии оценивания

Применён закон Гука **2 балла**
Найдено изменение расстояния между соседними витками **4 балла**
Найдено изменение расстояния между 12-м и 25-м витками..... **3 балла**
Получен численный ответ **1 балл**

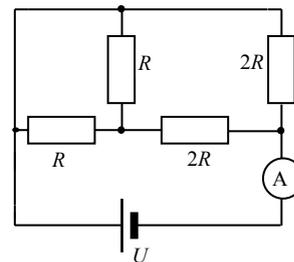
За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 3

Идеальный амперметр в цепи, схема которой изображена на рисунке, показывает силу тока $I = 9$ мА. Определите сопротивление резистора R , если напряжение идеального источника $U = 6$ В.



Возможное решение

Общее сопротивление r цепи равно:

$$r = \frac{2R \left(\frac{R \cdot R}{R+R} + 2R \right)}{2R + \frac{R \cdot R}{R+R} + 2R} = \frac{10}{9} R.$$

С другой стороны, $r = \frac{U}{I}$. Окончательно получаем $R = \frac{9}{10} \cdot \frac{U}{I} = 600$ Ом.

Критерии оценивания

Найдено общее сопротивление цепи (любым способом)	5 баллов
Применён закон Ома для участка цепи.....	2 балла
Получена итоговая формула для сопротивления R	2 балла
Найдено численное значение сопротивления R	1 балл

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 4

В трёхлитровую банку с водой опустили кипятильник мощностью $N = 280$ Вт. В результате вода нагрелась до $t_1 = 80$ °С, после чего её температура перестала изменяться. До какой температуры можно нагреть этим кипятильником воду в двухлитровой банке? Считайте, что обе банки геометрически подобны, заполняются водой полностью и закрываются крышками. Начальная температура воды равна $t = 20$ °С и совпадает с температурой воздуха в комнате. Мощность теплопередачи окружающему воздуху считайте пропорциональной площади поверхности банки и разности температур воды и воздуха в комнате. Испарение воды не учитывайте! Удельная теплоёмкость воды равна $c = 4200$ Дж/(кг·°С).

Возможное решение

Мощность теплопередачи окружающему воздуху в первом случае (после того, как температура воды в банке перестала изменяться):

$$N_1 = \alpha S_1 (t_1 - t) = N,$$

где α – коэффициент пропорциональности, S_1 – площадь поверхности, с которой идёт теплоотдача от трёхлитровой банки.

Мощность теплопередачи окружающему воздуху во втором случае (после того, как температура воды в банке перестала изменяться):

$$N_2 = \alpha S_2 (t_2 - t) = N,$$

где S_2 – площадь поверхности, с которой идёт теплоотдача от двухлитровой банки, t_2 – искомая температура.

С учётом того, что площадь поверхности банки пропорциональна квадрату её линейных размеров, а объём банки – кубу линейных размеров, окончательно получаем:

$$\frac{S_1(t_1-t)}{S_2(t_2-t)} = 1 \Rightarrow t_2 = t + \frac{S_1}{S_2}(t_1 - t) = t + \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{2}{3}}(t_1 - t) \approx 98,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Критерии оценивания

Записаны формулы для мощности теплопередачи в двух случаях (по 2 балла).....	4 балла
Замечено, что отношение площадей поверхностей банок равно отношению их объёмов в степени 2/3	2 балла
Получено выражение для конечной температуры.....	2 балла
Найдено численное значение конечной температуры.....	2 балла

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Задача 5

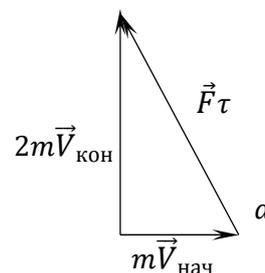
Частица, имеющая массу $m = 0,1$ г и начальную скорость $V = 100$ м/с, попадает в область, в которой на неё в течение некоторого времени действует постоянная по модулю и направлению сила F . К моменту прекращения действия силы частица приобретает скорость $2V$ в направлении, перпендикулярном первоначальному. Под каким углом к первоначальному направлению движения частицы направлена сила F ? Какую работу совершила сила F над частицей за время своего действия? Влиянием других сил можно пренебречь.

Возможное решение

Пусть сила действует на частицу в течение времени τ . Запишем для частицы закон изменения импульса в векторной форме:

$$\Delta\vec{p} = 2m\vec{V}_{\text{кон.}} - m\vec{V}_{\text{нач.}} = \vec{F}\tau,$$

где $|\vec{V}_{\text{кон.}}| = |\vec{V}_{\text{нач.}}| = V$. Изобразим соответствующий векторный треугольник. Из него следует, что сила направлена под тупым углом α к первоначальному направлению движения частицы. Этот угол равен:



$$\alpha = \pi - \arctg \frac{2mV}{mV} = \pi - \arctg 2 \approx 2 \text{ рад} \approx 115^\circ.$$

Из закона сохранения механической энергии находим работу силы F :

$$A = \frac{m(2V)^2}{2} - \frac{mV^2}{2} = \frac{3}{2}mV^2 = 1,5 \text{ Дж.}$$

Критерии оценивания

Применён закон изменения импульса.....	2 балла
Осуществлена графическая интерпретация этого закона или применена соответствующая координатная форма записи.....	2 балла
Найден угол α (либо его тангенс, синус, косинус)	2 балла
Применена теорема о кинетической энергии.....	2 балла
Получено выражение для работы силы	1 балл
Найдено численное значение работы силы	1 балл

За каждое верно выполненное действие баллы складываются.

При арифметической ошибке (в том числе ошибке при переводе единиц измерения) оценка снижается на 1 балл.

Максимум за задание – 10 баллов.

Всего за работу – 50 баллов.