

Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2020 г.
10 класс

Вариант №3

1. (6 баллов) Минутная стрелка точно идущих механических часов на 20% длиннее, чем часовая. Чему равно отношение линейной скорости середины минутной стрелки к линейной скорости кончика часовой стрелки? Ответ округлите до десятых.
2. (6 баллов) Про два спутника некоторой планеты известно, что ускорение свободного падения на поверхности первого спутника в 2 раза больше, чем ускорение свободного падения на поверхности второго, а средняя плотность вещества первого спутника в 4 раза больше средней плотности вещества второго. Чему равно отношение массы первого спутника к массе второго? Считать, что спутники имеют шарообразную форму. Ответ округлите до десятых.
3. (6 баллов) Небольшой камень бросают горизонтально с обрыва высотой $h = 20$ м. За время падения на горизонтальную площадку, находящуюся внизу у основания обрыва, модуль изменения вектора импульса камня равен $p = 4$ кг·м/с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Чему равна масса камня? Ответ дайте в килограммах (кг), округлив его до десятых.
4. (10 баллов) Автобус начинает движение, и первый отрезок пути проходит со средней скоростью равной $v_1 = 20$ км/ч. Второй, такой же по длине, как и первый, отрезок пути он проходит со средней скоростью равной $v_2 = 60$ км/ч. Наконец, на последнем третьем отрезке пути, длина которого больше предыдущих, он равномерно уменьшает свою скорость от $v_2 = 60$ км/ч до нуля. Чему равна средняя скорость автобуса на всем пути? Ответ дайте в километрах в час (км/ч), округлив его до целых.
5. (10 баллов) Длина легкой пружины в нерастянутом состоянии равна $L_0 = 12$ см. Если держать пружину за один конец, а к другому подвесить груз, то длина пружины станет равной $L_1 = 14$ см. Если же один конец пружины закрепить, а к другому привязать тот же самый груз, и вращать полученную систему в горизонтальной плоскости, то длина пружины окажется равной $L_2 = 13$ см. Чему равен при этом период вращения груза? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в секундах (с), округлив его до десятых.

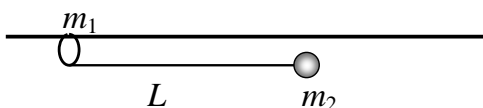
Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2020 г.

6. (10 баллов) Два сокола-сапсана одинаковой массы сталкиваются в полете и летят, сцепившись как одно целое. Перед столкновением их кинетические энергии равны $E_1 = 4,1$ кДж и $E_2 = 2,5$ кДж, а скорости направлены перпендикулярно друг другу. Какое количество тепла выделилось при столкновении? Ответ дайте в килоджоулях (кДж), округлив его до десятых.

7. (17 баллов) Шесть муравьев находятся на окружности радиуса $R = 10$ м, так что расстояния между любыми двумя соседними муравьями одинаковы. В центре окружности находится муравейник. Пронумеруем последовательно расположенных муравьев по часовой стрелке: первый, второй, третий, ..., шестой; при этом каждый муравей смотрит на своего ближайшего соседа в направлении по часовой стрелке: первый – на второго, второй – на третьего, и т.д, шестой – на первого. Все муравьи одновременно начинают двигаться с одинаковыми по модулю скоростями V , при этом в любой момент каждый из них движется в направлении того муравья, на которого смотрит. На каком расстоянии от муравейника будет находиться первый муравей в момент, когда он пробежит путь $s = 10$ м? Ответ дайте в метрах (м), округлив его до десятых.

8. (17 баллов) В электрическую цепь, содержащую источник и резистор включили последовательно с ними лампу с регулировкой силы тока. Ток через лампу изменяется от $I_1 = 1$ А до $I_2 = 4$ А. При этих значениях силы тока мощность лампы равна соответственно $P_1 = 50$ Вт и $P_2 = 80$ Вт. Определите какая максимальная мощность может выделяться в лампе в указанном диапазоне токов. Ответ дайте в ваттах (Вт), округлив его до целых.

9. (18 баллов) Один конец невесомого стержня длиной $L = 24$ см соединен шарнирно с кольцом, а на другом конце стержня укреплен шарик (см. рисунок). Радиусы шарика и кольца малы по сравнению с длиной стержня. Кольцо может скользить без трения по неподвижной горизонтальной спице. Вначале стержень удерживают горизонтально, а затем отпускают. Когда стержень оказывается в вертикальном положении, кольцо имеет скорость $v_1 = 0,4$ м/с. Чему равно отношение массы кольца к массе шарика m_1/m_2 ? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ округлите до десятых.



Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2020 г.
10 класс

Вариант №3 (ответы, решения)

1. (6 баллов) Минутная стрелка точно идущих механических часов на 20% длиннее, чем часовая. Чему равно отношение линейной скорости середины минутной стрелки к линейной скорости кончика часовой стрелки? Ответ округлите до десятых.

Ответ. 7,2

Решение. Скорость кончика часовой стрелки $v_ч = \frac{2\pi L_ч}{T_ч}$, где $T_ч = 12$ ч. Скорость

середины минутной стрелки $v_м = \frac{2\pi \cdot 0,5L_м}{T_м}$, где $L_м = 1,2L_ч$, $T_м = 1$ ч. \Rightarrow

$$\frac{v_м}{v_ч} = \frac{0,6 \cdot T_ч}{T_м} = 7,2.$$

2. (6 баллов) Про два спутника некоторой планеты известно, что ускорение свободного падения на поверхности первого спутника в 2 раза больше, чем ускорение свободного падения на поверхности второго, а средняя плотность вещества первого спутника в 4 раза больше средней плотности вещества второго. Чему равно отношение массы первого спутника к массе второго? Считать, что спутники имеют шарообразную форму. Ответ округлите до десятых.

Ответ. 0,5

Решение. Ускорение свободного падения на поверхности спутника вычисляется по формуле $g = G \frac{M}{R^2}$, где M – масса спутника, R – его радиус.

$$\text{Тогда. } \rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}. \Rightarrow g = G \left(\frac{4}{3} \pi \right)^{\frac{2}{3}} M^{\frac{1}{3}} \rho^{\frac{2}{3}}. \Rightarrow \frac{M_1}{M_2} = \left(\frac{g_1}{g_2} \right)^3 \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^2 = \frac{2^3}{4^2} = 0,5.$$

3. (6 баллов) Небольшой камень бросают горизонтально с обрыва высотой $h = 20$ м. За время падения на горизонтальную площадку, находящуюся внизу у основания обрыва, модуль изменения вектора импульса камня равен $p = 4$ кг·м/с. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Чему равна масса камня? Ответ дайте в килограммах (кг), округлив его до десятых.

Ответ. 0,2.

Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2020 г.

Решение. Время падения камня $T = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2$ с.

Запишем закон изменения импульса камня в проекции на вертикальное направление.

$$p = |\Delta\vec{p}| = mgT \Rightarrow m = \frac{p}{gT} = 0,2 \text{ кг.}$$

4. (10 баллов) Автобус начинает движение, и первый отрезок пути проходит со средней скоростью равной $v_1 = 20$ км/ч. Второй, такой же по длине, как и первый, отрезок пути он проходит со средней скоростью равной $v_2 = 60$ км/ч. Наконец, на последнем третьем отрезке пути, длина которого больше предыдущих, он равномерно уменьшает свою скорость от $v_2 = 60$ км/ч до нуля. Чему равна средняя скорость автобуса на всем пути? Ответ дайте в километрах в час (км/ч), округлив его до целых.

Ответ. 30

Решение. Средняя скорость на первых двух отрезках $v_{cp.12} = \frac{2S}{\frac{S}{v_1} + \frac{S}{v_2}} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 30$ км/ч.

На последнем отрезке движение равноускоренное замедленное, поэтому средняя скорость на нем равна $v_{cp.3} = \frac{v_2 + 0}{2} = \frac{v_2}{2} = 30$ км/ч. Это означает, что средняя скорость на всем пути тоже равна $v_{cp.} = 30$ км/ч.

5. (10 баллов) Длина легкой пружины в нерастянутом состоянии равна $L_0 = 12$ см. Если держать пружину за один конец, а к другому подвесить груз, то длина пружины станет равной $L_1 = 14$ см. Если же один конец пружины закрепить, а к другому привязать тот же самый груз, и вращать полученную систему в горизонтальной плоскости, то длина пружины окажется равной $L_2 = 13$ см. Чему равен при этом период вращения груза? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ дайте в секундах (с), округлив его до десятых.

Ответ. 1,0

Решение. Обозначим массу груза m , жесткость пружины k , тогда

$$\begin{cases} k(L_1 - L_0) = mg, \\ k(L_2 - L_0) = m\omega^2 L_2. \end{cases} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g}{L_2} \cdot \frac{L_2 - L_0}{L_1 - L_0}}, \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{L_2}{g} \cdot \frac{L_1 - L_0}{L_2 - L_0}} = 1,01 \text{ с.}$$

Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2020 г.

6. (10 баллов) Два сокола-сапсана одинаковой массы сталкиваются в полете и летят, сцепившись как одно целое. Перед столкновением их кинетические энергии равны $E_1 = 4,1$ кДж и $E_2 = 2,5$ кДж, а скорости направлены перпендикулярно друг другу. Какое количество тепла выделилось при столкновении? Ответ дайте в килоджоулях (кДж), округлив его до десятых.

Ответ. 3,3

Решение. Обозначим массу соколов m , а их скорости до столкновения v_1 и v_2 соответственно, и u – скорость после столкновения. Тогда $E_1 = \frac{mv_1^2}{2}$ и $E_2 = \frac{mv_2^2}{2}$.
Запишем аналитическое выражение закона сохранения импульса и формула для количества тепла Q , выделившегося при столкновении.

$$\begin{cases} (2mu)^2 = (mv_1)^2 + (mv_2)^2, \\ Q = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mu^2}{2}. \end{cases} \Rightarrow Q = \frac{mv_1^2}{4} + \frac{mv_2^2}{4} = \frac{E_1 + E_2}{2} = 3,3 \text{ Дж.}$$

7. (17 баллов) Шесть муравьев находятся на окружности радиуса $R = 10$ м, так что расстояния между любыми двумя соседними муравьями одинаковы. В центре окружности находится муравейник. Пронумеруем последовательно расположенных муравьев по часовой стрелке: первый, второй, третий, ..., шестой; при этом каждый муравей смотрит на своего ближайшего соседа в направлении по часовой стрелке: первый – на второго, второй – на третьего, и т.д, шестой – на первого. Все муравьи одновременно начинают двигаться с одинаковыми по модулю скоростями V , при этом в любой момент каждый из них движется в направлении того муравья, на которого смотрит. На каком расстоянии от муравейника будет находиться первый муравей в момент, когда он пробежит путь $s = 10$ м? Ответ дайте в метрах (м), округлив его до десятых.

Ответ. 5,0

Решение. Из симметрии задачи следует, что в любой момент времени муравьи будут находиться в вершинах правильного шестиугольника, а встретятся в его центре. Рассмотрим два соседних муравья, например 1 и 2. В системе отсчета, связанной с одной из них, например, с муравьем 2, проекция относительной скорости их сближения на линию 12, соединяющую этих муравьев, равна $v_{отн12} = V - V \cos 60^\circ = V - \frac{1}{2}V = \frac{1}{2}V$. Это верно для любого момента времени. Обозначим искомое расстояние от муравья 1 до муравейника через x , таким же будет расстояние между муравьями 1 и 2, в момент, когда

Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»

по общеобразовательному предмету «физика», осень 2020 г.

каждый муравей пробежит путь $s = R$. Тогда время, за которое муравей проделает этот

путь, равно $t = \frac{R-x}{v_{отн12}} = \frac{s}{V}$. $\Rightarrow x = \frac{R}{2} = 5$ м.

8. (17 баллов) В электрическую цепь, содержащую источник и резистор включили последовательно с ними лампу с регулировкой силы тока. Ток через лампу изменяется от $I_1 = 1$ А до $I_2 = 4$ А. При этих значениях силы тока мощность лампы равна соответственно $P_1 = 50$ Вт и $P_2 = 80$ Вт. Определите какая максимальная мощность может выделяться в лампе в указанном диапазоне токов. Ответ дайте в ваттах (Вт), округлив его до целых.

Ответ. 90

Решение. В первом случае сопротивление лампы равно $R_{л1} = \frac{P_1}{I_1^2} = 50$ Ом, во втором

$R_{л2} = \frac{P_2}{I_2^2} = 5$ Ом. Найдем напряжение U источника и сопротивление R резистора в цепи.

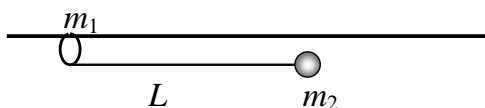
$$\begin{cases} U = I_1 R + I_1 R_{л1}, \\ U = I_2 R + I_2 R_{л2}. \end{cases}$$

Подставим числовые значения и решим линейную систему, получим $U = 60$ В, $R = 10$ Ом.

Зависимость мощности через лампу от силы тока $P(I) = UI - I^2 R$ – квадратичная функция. Максимальное значение этой функции достигается при силе тока $I = \frac{U}{2R} = 3$ А.

Указанное значение тока лежит в диапазоне токов лампы. Поэтому максимальная мощность достигается при этом значении и равна $P_{\max} = \frac{U^2}{4R} = 90$ Вт.

9. (18 баллов) Один конец невесомого стержня длиной $L = 24$ см соединен шарнирно с кольцом, а на другом конце стержня укреплен шарик (см. рисунок). Радиусы шарика и кольца малы по сравнению с длиной стержня. Кольцо может скользить без трения по неподвижной горизонтальной спице. Вначале стержень удерживают горизонтально, а затем отпускают. Когда стержень оказывается в вертикальном положении, кольцо имеет скорость $v_1 = 0,4$ м/с. Чему равно отношение массы кольца к массе шарика m_1/m_2 ? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Ответ округлите до десятых.



Первый (заочный) онлайн-этап академического соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее»
по общеобразовательному предмету «физика», осень 2020 г.

Ответ. 5,0

Решение. Обозначим скорости кольца и шарика в момент, когда стержень оказывается в вертикальном положении v_1 и v_2 соответственно. Запишем законы сохранения импульса в проекции на горизонтальное направление и энергии.

$$\begin{cases} m_1 v_1 - m_2 v_2 = 0, \\ \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - m_2 g L = 0. \end{cases} \Rightarrow x^2 + x - \gamma = 0,$$

где $x = \frac{m_1}{m_2}$, $\gamma = \frac{2gL}{v_1^2} = 30$. Тогда, решая квадратное уравнение, получим

$$x = \frac{\sqrt{1+4\gamma} - 1}{2} = 5.$$