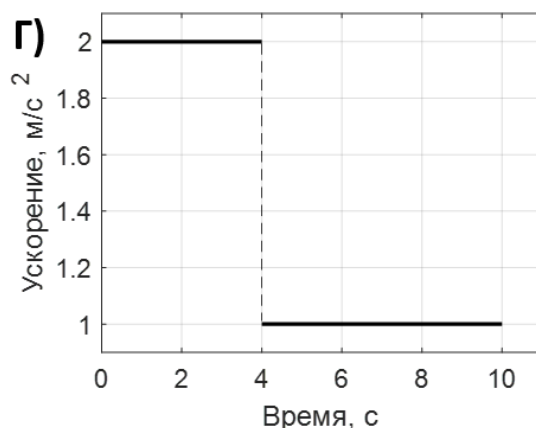
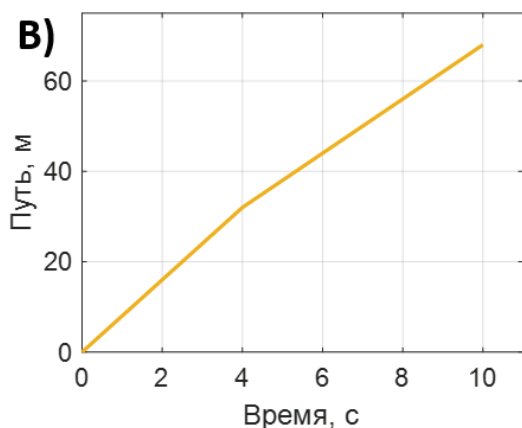
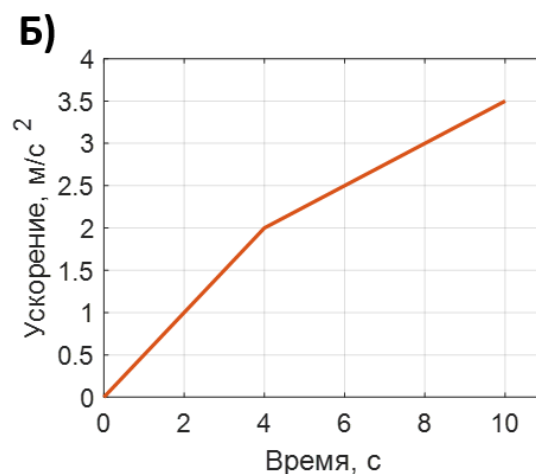
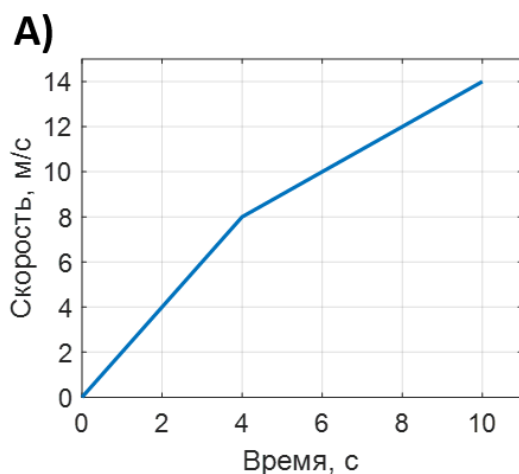


10 класс, задача 1, вариант 1

Мешок с песком спускают по наклонной плоскости, состоящей из двух прямых сегментов, имеющих разный угол наклона к горизонту – первый из них более крутой, чем второй. Переход между сегментами плавный, его длина много меньше длины каждого из сегментов. Определите, какие из графиков, представленных ниже, корректно описывают движение мешка, и определите по ним среднюю скорость. Мешок скользит без трения, размерами мешка пренебрегите. Ответ приведите в м/с, округлив до ближайшего целого.



Решение:

По условию сказано, что мешок движется без трения. Следовательно, он будет двигаться равноускоренно, значение ускорение будет равно проекции ускорения свободного падения на плоскость, по которой движется мешок. Поскольку сегментов плоскости два, то будет два участка движения, по каждому из которых мешок движется с постоянным ускорением. Этому условию соответствуют графики А и Г. График Б неверный, поскольку он показывает меняющееся со временем ускорение. График В неверный, поскольку он показывает, что пройденным мешком путь во времени растёт линейно, т. е. равномерное движение.

Из графика А по углу наклона можно найти значения ускорения мешка на разных сегментах, они равны 2 и 1 м/с², соответственно. Значения ускорений и отрезки времени в точности

совпадают с графиком Г, поэтому анализ каждого из них даст одинаковые значения средней скорости.

Найдем среднюю скорость:

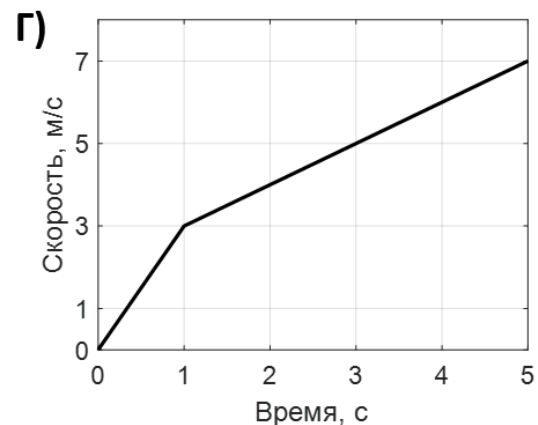
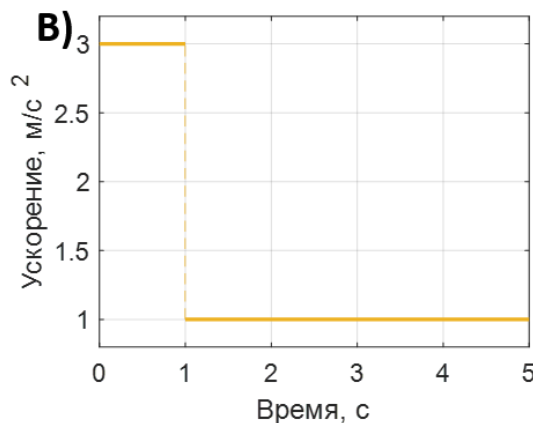
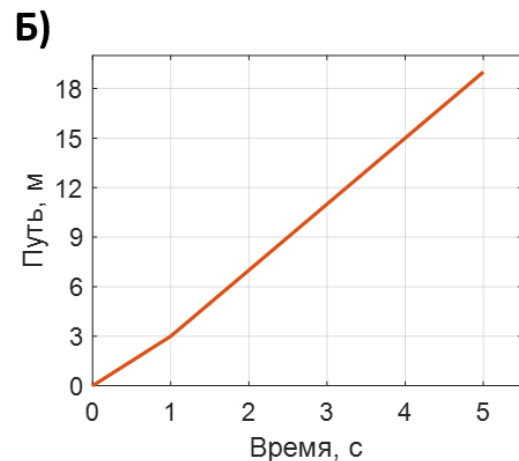
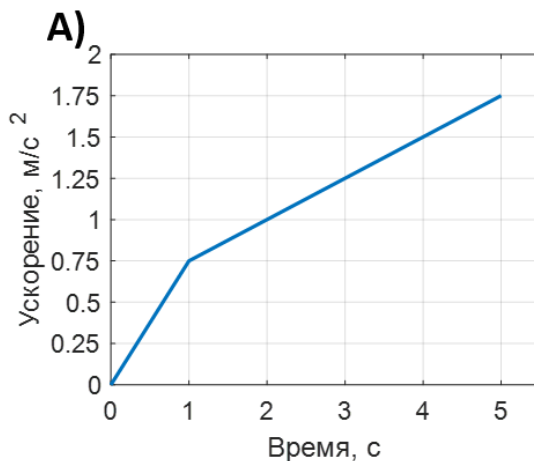
$$v_{\text{cp}} = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} = \frac{1 a_1 t_1^2 + 2 a_1 t_1 t_2 + a_2 t_2^2}{2(t_1 + t_2)} = \frac{1 \cdot 2 \cdot 4^2 + 2 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 6 + 1 \cdot 6^2}{2 \cdot (4 + 6)} = 8.2 \text{ м/с}$$

Ответ: 8 м/с

10 класс, задача 1, вариант 2

Вариант 2

Мешок с песком спускают по наклонной плоскости, состоящей из двух прямых сегментов, имеющих разный угол наклона к горизонту – первый из них более крутой, чем второй. Переход между сегментами плавный, его длина много меньше длины каждого из сегментов. Определите, какие из графиков, представленных ниже, корректно описывают движение мешка, и по определите по ним среднюю скорость. Мешок скользит без трения, размерами мешка пренебрегите. Ответ приведите в м/с, округлив до ближайшего целого.



Решение:

По условию сказано, что мешок движется без трения. Следовательно, он будет двигаться равноускоренно, значение ускорение будет равно проекции ускорения свободного

падения на плоскость, по которой движется мешок. Поскольку сегментов плоскости два, то будет два участка движения, по каждому из которых мешок движется с постоянным ускорением. Этому условию соответствуют графики В и Г. График А неверный, поскольку он показывает меняющееся со временем ускорение. График Б неверный, поскольку он показывает, что пройденным мешком путь во времени растет линейно, т. е. равномерное движение.

Из графика А по углу наклона можно найти значения ускорения мешка на разных сегментах, они равны 3 и 1 м/с², соответственно. Значения ускорений и отрезки времени в точности совпадают с графиком Г, поэтому анализ каждого из них даст одинаковые значения средней скорости.

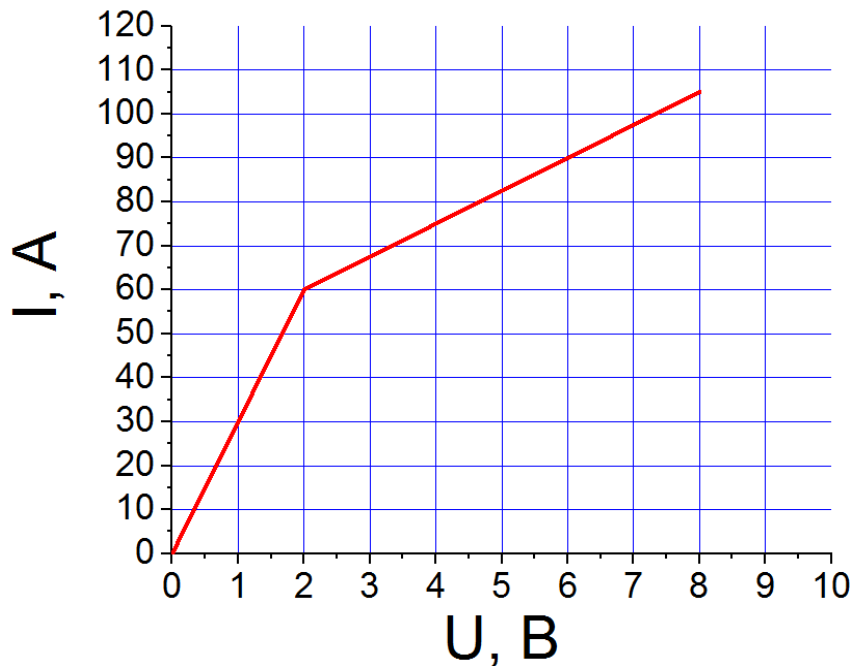
Найдем среднюю скорость:

$$v_{\text{cp}} = \frac{S}{t} = \frac{S_1 + S_2}{t_1 + t_2} = \frac{1 a_1 t_1^2 + 2 a_1 t_1 t_2 + a_2 t_2^2}{2 (t_1 + t_2)} = \frac{1 \cdot 3 \cdot 1^2 + 2 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 4 + 1 \cdot 4^2}{2 \cdot (1 + 4)} \approx 4.3 \text{ м/с}$$

Ответ: 4 м/с

10 класс, задача 2, вариант 1

Электрический прибор, вольт-амперная характеристика которого изображена на рисунке, подключен в цепь постоянного тока. Найдите ток, проходящий через прибор, если известно, что им потребляется мощность в 540 Вт.



Решение:

Прибор потребляет мощность в 540 Вт, поэтому для прибора справедливо выражение: $I \cdot U = 540$.

Составим уравнение для первого линейного участка вольт амперной характеристики вида $y_1 = k_1 * x_1$. Получим: $y_1 = 30 * x_1$.

И для второго участка вида $y_2 = k_2 * x_2 + b$ по двум точкам с координатами (2, 60) и (6, 90):

$$\begin{cases} 60 = k_2 * 2 + b \\ 90 = k_2 * 6 + b, \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 60 - k_2 * 2 \\ b = 90 - k_2 * 6, \end{cases}$$

$$60 - k_2 * 2 = 90 - k_2 * 6,$$

$$k_2 * 4 = 30,$$

$$k_2 = 7,5,$$

Найдем далее b и получим уравнение для второго участка: $y_2 = 7,5 * x_2 + 45$.

Таким образом вольт амперная характеристика состоит из двух линейных участков:

$$\begin{cases} y = 30 * x, 0 \leq x \leq 2 \\ y = 7,5 * x + 45, 2 \leq x \leq 8, \end{cases}$$

Таким образом получаем две системы уравнений:

$$\begin{cases} U = \frac{540}{I} \\ I = 30 * U, \end{cases}$$

$$I^2 = 30 * 540 = 16200,$$

$$I \approx \pm 127,$$

Очевидно, данные значения тока не удовлетворяют представленной вольт амперной характеристике. И вторая система уравнений:

$$\begin{cases} U = \frac{540}{I} \\ I = 7,5 * U + 45, \end{cases}$$

$$I = \frac{7,5 * 540}{I} + 45,$$

$$I^2 - 45 * I - 4050 = 0,$$

$$D = (-45)^2 - 4 * 1 * (-4050) = 2025 + 16200 = 18225,$$

$$I_1 = \frac{45 - \sqrt{18225}}{2 * 1} = -45,$$

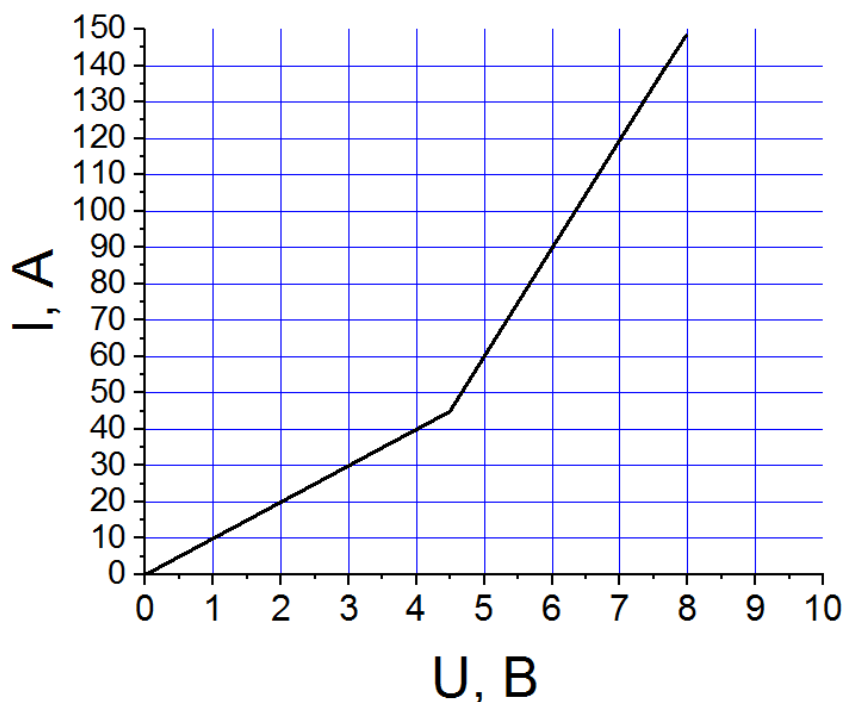
$$I_2 = \frac{45 + \sqrt{18225}}{2 * 1} = 90.$$

Таким образом получается $I = 90$ А.

Ответ: $I = 90$ А.

10 класс, задача 2, вариант 2

Электрический прибор, вольт-амперная характеристика которого изображена на рисунке, подключен в цепь постоянного тока. Найдите напряжение на приборе, если им потребляется мощность 840 Вт.



Решение:

Прибор потребляет мощность в 840 Вт, поэтому для прибора справедливо выражение: $I * U = 840$.

Составим уравнение для первого линейного участка вольт амперной характеристики вида $y_1 = k_1 * x_1$. Получим: $y_1 = 10 * x_1$.

И для второго участка вида $y_2 = k_2 * x_2 + b$ по двум точкам с координатами (5, 60) и (6, 90):

$$\begin{cases} 60 = k_2 * 5 + b \\ 90 = k_2 * 6 + b, \end{cases}$$

$$\begin{cases} b = 60 - k_2 * 5 \\ b = 90 - k_2 * 6, \end{cases}$$

$$60 - k_2 * 5 = 90 - k_2 * 6,$$

$$k_2 = 30,$$

Найдем далее b и получим уравнение для второго участка: $y_2 = 30 * x_2 - 90$.

Таким образом вольт амперная характеристика состоит из двух линейных участков:

$$\begin{cases} y = 10 * x, 0 \leq x \leq 4,5 \\ y = 30 * x - 90, 4,5 \leq x \leq 8, \end{cases}$$

Таким образом получаем две системы уравнений:

$$\begin{cases} I = \frac{840}{U} \\ I = 10 * U, \end{cases}$$

$$U^2 = 84,$$

$$U \approx \pm 9,$$

И вторая система уравнений:

$$\begin{cases} I = \frac{840}{U} \\ I = 30 * U - 90, \end{cases}$$

$$30U^2 - 90 * U - 840,$$

$$D = (-90)^2 - 4 \cdot 30 \cdot (-840) = 8100 + 100800 = 108900,$$

$$U_1 = \frac{90 - \sqrt{108900}}{2 * 30} = -4,$$

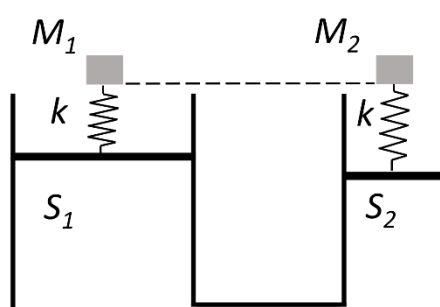
$$U_2 = \frac{90 + \sqrt{108900}}{2 * 30} = 7.$$

Таким образом получается набор напряжений: $U = \pm 9, -4, 7$ В. Вольт-амперной характеристике удовлетворяет значение $U = 7$ В.

Ответ: $U = 7$ В.

10 класс, задача 3, вариант 1

Два цилиндрических сообщающихся сосуда с площадями оснований S_1 и S_2 заполнены водой (плотность ρ). В каждом сосуде на поверхности воды находится по невесомой платформе, плотно прилегающей к стенкам сосуда. На каждой платформе установлено по невесомой пружине с одинаковыми жёсткостями k и длинами L_0 . На пружину на первой платформе кладут груз массой M_1 . Определите, груз какой массы M_2 надо положить на пружину на второй платформе, чтобы оба груза оказались на одной высоте? Ответ приведите в килограммах, округлив до ближайшего целого. Положение грузов отсчитывается по их нижней поверхности. Ускорение свободного падения примите равным g . Силами трения пренебрегите, пружины всегда остаются вертикальными.



Решение:

Пружина давит на платформу с той же силой, что и груз давит на пружину. Поэтому для того, чтобы понять, как изменится положение платформ, пружины можно не учитывать.

Пусть H_1 и H_2 - это высоты платформ над дном стакана, тогда справедливо соотношение:

$$\rho g H_1 + \frac{M_1 g}{S_1} = \rho g H_2 + \frac{M_2 g}{S_2}$$

Тогда разница высот платформ

$$H_1 - H_2 = \frac{1}{\rho} \left(\frac{M_2}{S_2} - \frac{M_1}{S_1} \right)$$

Пусть L_1 и L_2 - это длины пружин после того, как на них положили грузы. Для пружин можно записать соотношения

$$M_1 g = k(L_0 - L_1)$$

$$M_2 g = k(L_0 - L_2)$$

$$L_1 = L_0 - \frac{M_1 g}{k}$$

$$L_2 = L_0 - \frac{M_2 g}{k}$$

Условие, что грузы находятся на одной высоте, запишется как

$$H_1 + L_1 = H_2 + L_2$$

Откуда

$$H_1 - H_2 = L_2 - L_1 = \frac{g}{k} (M_1 - M_2)$$

Приравнивая два выражения для разницы высот, получаем

$$M_1 \left(\frac{g}{k} + \frac{1}{\rho S_1} \right) = M_2 \left(\frac{g}{k} + \frac{1}{\rho S_2} \right)$$

И ответ

$$M_2 = M_1 \frac{S_2}{S_1} \frac{\rho g S_1 + k}{\rho g S_2 + k}$$

Наборы чисел и ответы:

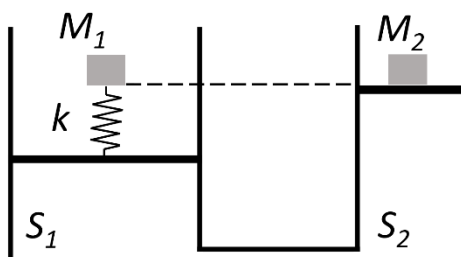
$$S_1 = 0.2 \text{ м}^2, S_2 = 0.1 \text{ м}^2, \rho = 1000 \text{ кг/м}^3, k = 1000 \text{ Н/м}, M_1 = 8 \text{ кг}, g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow M_2 = 6 \text{ кг}$$

$$S_1 = 0.3 \text{ м}^2, S_2 = 0.2 \text{ м}^2, \rho = 1000 \text{ кг/м}^3, k = 1000 \text{ Н/м}, M_1 = 9 \text{ кг}, g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow M_2 = 8 \text{ кг}$$

$$S_1 = 0.3 \text{ м}^2, S_2 = 0.1 \text{ м}^2, \rho = 1000 \text{ кг/м}^3, k = 1000 \text{ Н/м}, M_1 = 24 \text{ кг}, g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow M_2 = 16 \text{ кг}$$

10 класс, задача 3, вариант 2

Два цилиндрических сообщающихся сосуда с площадями оснований S_1 и S_2 заполнены водой (плотность ρ). В каждом сосуде на поверхности воды находится по невесомой платформе, плотно прилегающей к стенкам сосуда. На первую платформу установлена пружина с жёсткостью k и длиной L_0 в недеформированном состоянии, и поверх этой пружины установлен груз массой M_1 . Какой массы M_2 надо положить груз на вторую платформу, чтобы после установления равновесия грузы оказались на одной высоте? Ответ приведите в килограммах, округлив до ближайшего целого. Положение грузов отсчитывается по их нижней поверхности. Ускорение свободного падения примите равным g . Силами трения пренебрегите, пружина всегда остается вертикальной.



Решение:

Пружина давит на платформу с той же силой, что и груз давит на пружину. Поэтому для того, чтобы понять, как изменится положение платформ, пружину можно не учитывать.

Пусть H_1 и H_2 - это высоты платформ над дном стакана, тогда справедливо соотношение:

$$\rho g H_1 + \frac{M_1 g}{S_1} = \rho g H_2 + \frac{M_2 g}{S_2}$$

Тогда разница высот платформ

$$H_1 - H_2 = \frac{1}{\rho} \left(\frac{M_2}{S_2} - \frac{M_1}{S_1} \right)$$

Длина пружины после деформации составит

$$L_1 = L_0 - \frac{M_1 g}{k}$$

Условие, что грузы находятся на одной высоте, запишется как

$$H_1 + L_1 = H_2$$

Откуда

$$H_2 - H_1 = L_1$$

Приравнивая два выражения для разницы высот, получаем ответ

$$M_2 = M_1 \left(\frac{S_2}{S_1} + \frac{\rho g S_2}{k} \right) - \rho S_2 L_0$$

Наборы чисел и ответы:

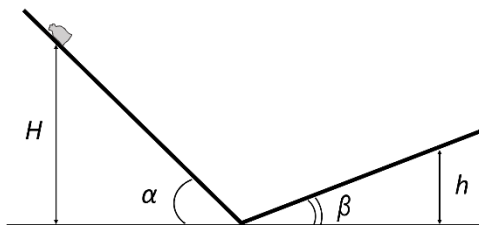
$$S_1 = 0.2 \text{ м}^2, S_2 = 0.1 \text{ м}^2, \rho = 1000 \text{ кг/м}^3, k = 1000 \text{ Н/м}, L_0 = 0.5 \text{ м}, M_1 = 38 \text{ кг}, g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow M_2 = 7 \text{ кг}$$

$$S_1 = 0.3 \text{ м}^2, S_2 = 0.1 \text{ м}^2, \rho = 1000 \text{ кг/м}^3, k = 1000 \text{ Н/м}, L_0 = 0.5 \text{ м}, M_1 = 45 \text{ кг}, g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow M_2 = 10 \text{ кг}$$

$$S_1 = 0.3 \text{ м}^2, S_2 = 0.2 \text{ м}^2, \rho = 1000 \text{ кг/м}^3, k = 1000 \text{ Н/м}, L_0 = 0.4 \text{ м}, M_1 = 48 \text{ кг}, g = 10 \text{ м/с}^2 \Rightarrow M_2 = 48 \text{ кг}$$

10 класс, задача 4, вариант 1

Мешок с зерном ставят на наклонную плоскость, изображённую на рисунке (слева). С какой высоты H его надо спустить без начальной скорости по этой плоскости, чтобы на правой он поднялся до высоты h ? Левая плоскость расположена под углом α градусов к горизонту, а правая - под углом β градусов. Мешок скользит без трения, при переходе с одной плоскости на другую он испытывает неупругий удар, при котором не отскакивает, а компонента скорости вдоль нового направления движения остается неизменной. Размерами мешка можно пренебречь по сравнению с остальными геометрическими размерами в задаче.



Решение:

Непосредственно перед ударом мешок имеет скорость v_1 вдоль левой поверхности, для которой выполняется соотношение

$$mgH = \frac{mv_1^2}{2}$$

При этом скорость мешка вдоль правой поверхности в момент соударения составляет

$$v_2 = v_1 \cos(\alpha + \beta)$$

После столкновения скорость мешка становится равной v_2 , и тогда условие, что он поднимется на высоту h :

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2}$$

Подставив выражение для v_2 через v_1 , получаем ответ

$$h = H (\cos(\alpha + \beta))^2$$

$$H = \frac{h}{(\cos(\alpha + \beta))^2}$$

Числовые данные и ответы:

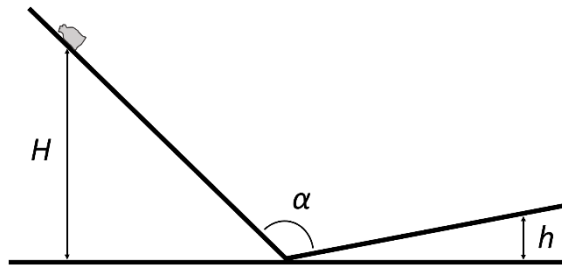
$$\alpha = 45^\circ, \beta = 15^\circ, h = 1 \text{ м} \Rightarrow H = 4 \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ, \beta = 15^\circ, h = 1 \text{ м} \Rightarrow H = 2 \text{ м}$$

$$\alpha = 40^\circ, \beta = 20^\circ, h = 0.5 \text{ м} \Rightarrow H = 2 \text{ м}$$

10 класс, задача 4, вариант 2

Мешок с зерном ставят на наклонную плоскость, изображённую на рисунке (слева) и отпускают. Определите угол между плоскостями α , если известно, что мешок поднялся по правой плоскости на высоту в k раз меньшую, чем высота, с которой его отпустили. Мешок скользит без трения, при переходе с одной плоскости на другую он испытывает неупругий удар, при котором не отскакивает, а компонента скорости вдоль нового направления движения остается неизменной. Размерами мешка можно пренебречь по сравнению с остальными геометрическими размерами в задаче.



Решение:

Обозначим начальную высоту на левой плоскости за H , а конечную на правой за h .

Непосредственно перед ударом мешок имеет скорость v_1 вдоль левой поверхности, для которой выполняется соотношение

$$mgH = \frac{mv_1^2}{2}$$

При этом скорость вдоль правой поверхности составляет

$$v_2 = v_1 \cos(180 - \alpha) = -v_1 \cos(\alpha)$$

После столкновения скорость мешка становится равной v_2 , и тогда условие, что он поднимется на высоту h :

$$mgh = \frac{mv_2^2}{2}$$

Откуда

$$(\cos(\alpha))^2 = \frac{h}{H} = \frac{1}{k} \Rightarrow \cos(\alpha) = \mp \sqrt{\frac{1}{k}}$$

Угол должен быть тупым, поэтому

$$\cos(\alpha) = -\sqrt{\frac{1}{k}}$$

Или для смежного угла

$$\cos(180^\circ - \alpha) = \sqrt{\frac{1}{k}}$$

Откуда можно найти значение угла

$$\alpha = 180^\circ - \arccos\left(\sqrt{\frac{1}{k}}\right)$$

Числовые данные и ответы:

$$k = 4 \Rightarrow \alpha = 180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$$

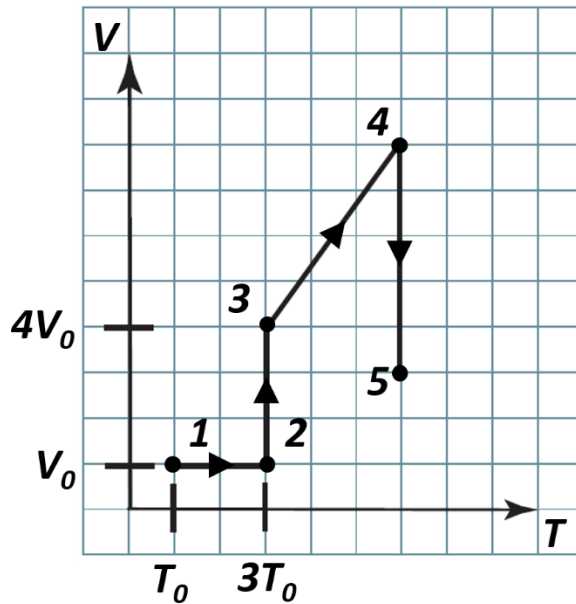
$$k = 2 \Rightarrow \alpha = 180^\circ - 45^\circ = 135^\circ$$

$$k = 4/3 \Rightarrow \alpha = 180^\circ - 30^\circ = 150^\circ$$

10 класс, задача 5, вариант 1

Изменение состояния идеального газа проиллюстрировано на VT -диаграмме. Из приведенных ниже утверждений выберите верные:

- А) процесс 1-2 – изохорное охлаждение;
- Б) процесс 3-4 – изобарный;
- В) процесс 4-5 – изотермическое расширение;
- Г) давление газа в состоянии, соответствующей точке 5 на графике, в 2 раза больше давления газа в состоянии в точке 1;
- Д) давление газа в состоянии, соответствующей точке 3 на графике, в 2 раза меньше давления газа в состоянии в точке 2.



Решение:

А) Процесс 1-2 изохорный нагрев, а не охлаждение, так как конечная температура больше начальной. Утверждение А неверное.

Б) Процесс 3-4 действительно изобарный, в чем можно удостовериться, записав соотношения для термодинамических величин, описывающих состояние идеального газа в точках 3 и 4 и подставив соответствующие значения из графика:

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} \Rightarrow P_3 \cdot \frac{4V_0}{3T_0} = P_4 \cdot \frac{8V_0}{6T_0} \Rightarrow P_3 = P_4$$

Утверждение Б верное.

В) Процесс 4-5 – изотермическое сжатие, а не расширение, так как конечный объем меньше начального. Утверждение В неверное.

Г) Запишем соотношение для состояний идеального газа 1 и 5:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_5 V_5}{T_5} \Rightarrow P_1 \frac{V_0}{T_0} = P_5 \frac{3V_0}{6T_0} \Rightarrow P_1 = \frac{1}{2} P_5 \Rightarrow P_5 = 2P_1$$

Утверждение Г верное.

Д) Процесс 2-3 – изотермическое расширение. Запишем соотношение для состояний идеального газа 2 и 3:

$$P_2 V_2 = P_3 V_3 \Rightarrow \frac{P_3}{P_2} = \frac{V_2}{V_3} = \frac{V_0}{4V_0} \Rightarrow P_3 = \frac{1}{4} P_2$$

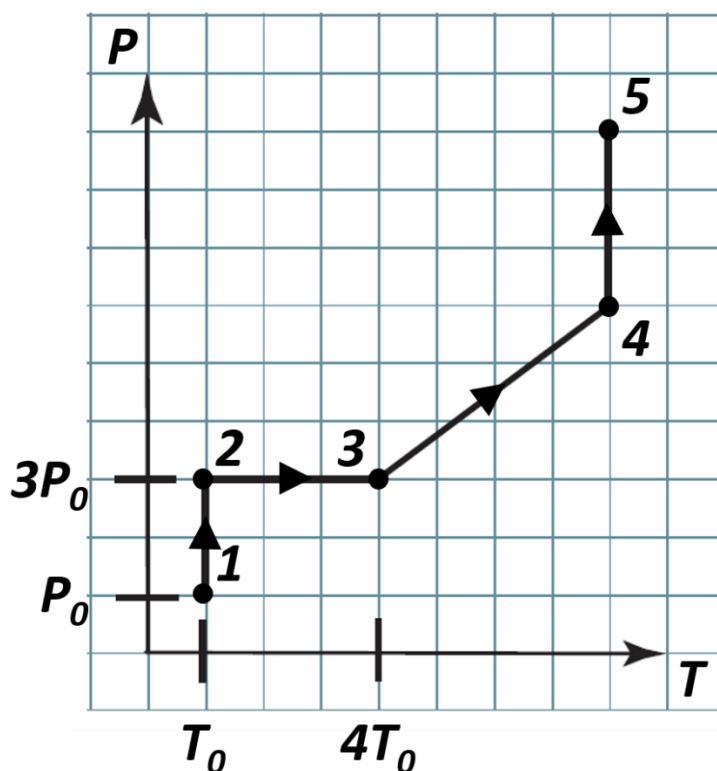
Давление в состоянии 3 в четыре раза меньше давления в состоянии 2. Утверждение Д неверное.

Ответ: верные утверждения Б и Г.

10 класс, задача 5, вариант 2

Изменение состояния идеального газа проиллюстрировано на P T -диаграмме. Из приведенных ниже утверждений выберите верные:

- А) процесс 2-3 – изобарное охлаждение;
- Б) процесс 3-4 – изохорный;
- В) процесс 4-5 – изотермическое расширение;
- Г) объем газа в состоянии, соответствующей точке 5 на графике, в 2 раза больше объема газа в состоянии в точке 1;
- Д) объем газа в состоянии, соответствующей точке 3 на графике, в 4 раза больше объема газа в состоянии в точке 2.



Решение

А) Процесс 2-3 – изобарный нагрев, а не охлаждение, так как конечная температура больше начальной. Утверждение А неверное.

Б) Процесс 3-4 действительно изохорный, в чем можно удостовериться, записав соотношения для термодинамических величин, описывающих состояние идеального газа в точках 3 и 4 и подставив соответствующие значения из графика:

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_4 V_4}{T_4} \Rightarrow V_3 \cdot \frac{3P_0}{4T_0} = V_4 \cdot \frac{6P_0}{8T_0} \Rightarrow V_3 = V_4$$

Утверждение Б верное.

В) Процесс 4-5 изотермическое сжатие, а не расширение, так как при постоянной температуре и увеличивающемся давлении объем идеального газа должен уменьшаться.

Утверждение В неверное.

Г) Запишем соотношение для состояний идеального газа 1 и 5:

$$V_1 \frac{P_1}{T_1} = V_5 \frac{P_5}{T_5} \Rightarrow V_1 \frac{P_0}{T_0} = V_5 \frac{9P_0}{8T_0} \Rightarrow V_1 = \frac{9}{8} V_5 \Rightarrow V_5 = \frac{8}{9} V_1$$

Утверждение Г неверное.

Д) Процесс 2-3 изобарический, для него справедливо соотношение:

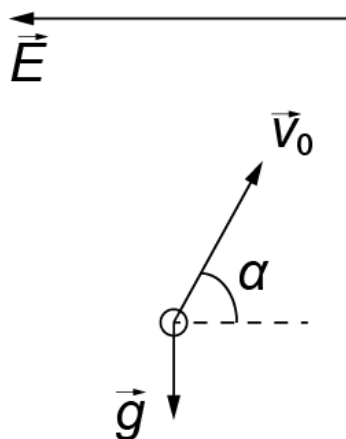
$$\frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} \Rightarrow V_3 = 4V_2$$

Утверждение Д верное.

Ответ: верные утверждения Б и Д.

10 класс, задача 6, вариант 1

Массивной пылевой частице положительного заряда, находящейся в вакууме в однородном электрическом поле, в начальный момент времени сообщили скорость $v_0=10$ м/с, направленную под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту. Известно, что электрическое поле придает частице ускорение, которое в $\sqrt{3}$ раз больше ускорения свободного падения. Направление поля и начальной скорости частицы изображены на рисунке. Какой путь пройдет частица за время $t=2$ с? Считать ускорение свободного падения $g=10$ м/с². Результат выразить в метрах, округлив до целого значения.



Решение:

По условию дано, что горизонтальная компонента ускорения (обусловленная силой Кулона) в $\sqrt{3}$ раз больше ускорения свободного падения. Векторная суммируя эти компоненты обнаруживаем, что направление результирующего ускорения лежит на той же прямой, что и вектор начальной скорости, направленный в противоположную сторону и численно равный 20 м/с^2 (находим по теореме Пифагора). Следовательно, частица будет двигаться прямолинейно, и можно рассматривать движение вдоль этой прямой.

Тогда скорость через 2с после начала рассмотрения будет равна:

$$v = v_0 - at = 10 - 40 = -30 \text{ м/с}$$

Значит, частица за указанный промежуток времени повернется в сторону, обратную первоначальному направлению движения. Момент поворота:

$$v_0 - at_1 = 0 \Rightarrow t_1 = 0.5 \text{ с}$$

Пройденный за это время путь может быть найден как:

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = 10 * 0.5 - 20 * \frac{0.25}{2} = 2.5 \text{ м}$$

Через оставшиеся 1.5 с пройденный путь составит:

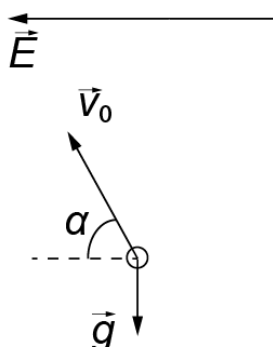
$$S_2 = \frac{at_2^2}{2} = 10 * 1.5^2 = 22.5$$

Складывая, получаем ответ.

Ответ: $S=25 \text{ м}$.

10 класс, задача 6, вариант 2

Массивной пылевой частице отрицательного заряда, находящейся в вакууме в однородном электрическом поле, в начальный момент времени сообщили скорость $v_0=20 \text{ м/с}$, направленную под углом $\alpha=60^\circ$ к горизонту. Известно, что электрическое поле придает частице ускорение, которое в $\sqrt{3}$ раз меньше ускорения свободного падения. Направление поля и скорости частицы изображены на рисунке. Какой путь пройдет частица за время $t=4 \text{ с}$? Считать ускорение свободного падения $g=10 \text{ м/с}^2$. Результат выразить в метрах, округлив до целого значения.



Решение

По условию дано, что горизонтальная компонента ускорения (обусловленная силой Кулона) в $\sqrt{3}$ раз меньше ускорения свободного падения. Векторная суммируя эти компоненты обнаруживаем, что направление результирующего ускорения лежит на той же прямой, что и вектор начальной скорости, направлено в противоположную сторону и численно равно $20/\sqrt{3}$ м/с² (находим по теореме Пифагора). Следовательно, частица будет двигаться прямолинейно, и можно рассматривать движение вдоль этой прямой.

Тогда скорость через 2с после начала рассмотрения будет равна:

$$v = v_0 - at = 20 - \frac{80}{\sqrt{3}} = 20 \left(1 - \frac{4}{\sqrt{3}} \right) < 0$$

Значит, частица за указанный промежуток времени повернется в сторону, обратную первоначальному направлению движения. Момент поворота:

$$v_0 - at_1 = 0 \Rightarrow t_1 = \sqrt{3}c$$

Пройденный за это время путь может быть найден как:

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = 20\sqrt{3} - \frac{20}{\sqrt{3}} \frac{3}{2} = 20\sqrt{3} \left(1 - \frac{1}{2} \right) = 10\sqrt{3} \text{ м}$$

Через оставшиеся $4 - \sqrt{3}$ с пройденный путь составит:

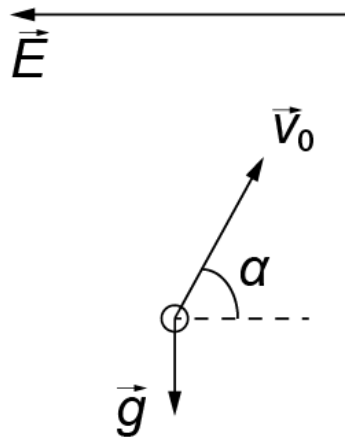
$$S_2 = \frac{at_2^2}{2} \approx 29.7 \text{ м}$$

Складывая и округляя до целого, получаем ответ.

Ответ: $S \approx 47$ м.

10 класс, задача 6, вариант 3

Массивной пылевой частице положительного заряда, находящейся в вакууме в однородном электрическом поле, в начальный момент времени сообщили скорость $v_0=20$ м/с, направленную под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту. Известно, что электрическое поле придает частице ускорение, которое в $\sqrt{3}$ раз больше ускорения свободного падения. Направление поля и начальной скорости частицы изображены на рисунке. За какое время частица преодолеет путь $S=20$ м? Считать ускорение свободного падения $g=10$ м/с². Результат выразить в секундах, округлив до первого знака после запятой.



Решение

По условию дано, что горизонтальная компонента ускорения (обусловленная силой Кулона) в $\sqrt{3}$ раз больше ускорения свободного падения. Векторная суммируя эти компоненты обнаруживаем, что направление результирующего ускорения лежит на той же прямой, что и вектор начальной скорости, направлено в противоположную сторону и численно равно 20 м/с^2 (находим по теореме Пифагора). Следовательно, частица будет двигаться прямолинейно, и можно рассматривать движение вдоль этой прямой.

Ускорение направлено против начальной скорости частицы. Определим, через какое время скорость обратится в ноль:

$$v_0 - at_1 = 0 \Rightarrow t_1 = 1 \text{ с}$$

Пройденный за это время путь может быть найден как:

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = 20 * 1 - 20 * \frac{1}{2} = 10 \text{ м}$$

Это меньше пути, про который спрашивают в задаче. Найдем время после поворота, за которое частица пройдет оставшиеся 10 м:

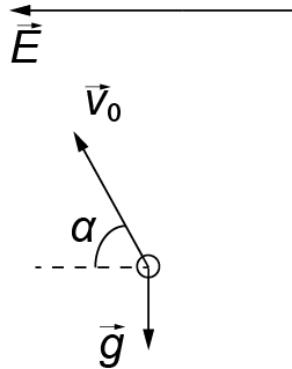
$$S_2 = \frac{at_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1 \text{ с}$$

Складывая эти времена, получаем ответ.

Ответ: $t = 2 \text{ с}$.

10 класс, задача 6, вариант 4

Массивной пылевой частице отрицательного заряда, находящейся в вакууме в однородном электрическом поле, в начальный момент времени сообщили скорость $v_0=30$ м/с, направленную под углом $\alpha=30^\circ$ к горизонту. Известно, что электрическое поле придает частице ускорение, которое в $\sqrt{3}$ раз больше ускорения свободного падения. Направление поля и скорости частицы изображены на рисунке. За какое время частица преодолеет путь $S=42.5$ м? Считать ускорение свободного падения $g=10$ м/с². Результат выразить в секундах, округлив до первого знака после запятой.



Решение:

По условию дано, что горизонтальная компонента ускорения (обусловленная силой Кулона) в $\sqrt{3}$ раз больше ускорения свободного падения. Векторная суммируя эти компоненты обнаруживаем, что направление результирующего ускорения лежит на той же прямой, что и вектор начальной скорости, направлено в противоположную сторону и численно равно 20 м/с² (находим по теореме Пифагора). Следовательно, частица будет двигаться прямолинейно, и можно рассматривать движение вдоль этой прямой.

Ускорение направлено против начальной скорости частицы. Определим, через какое время скорость обратится в ноль:

$$v_0 - at_1 = 0 \Rightarrow t_1 = 1.5 \text{ с}$$

Пройденный за это время путь может быть найден как:

$$S_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2} = 30 * 1.5 - 20 * \frac{2.25}{2} = 22.5 \text{ м}$$

Это меньше пути, про который спрашивают в задаче. Найдем время после поворота, за которое частица пройдет оставшиеся 20 м:

$$S_2 = \frac{at_2^2}{2} \Rightarrow t_2 = \sqrt{\frac{2S_2}{a}} = \sqrt{\frac{40}{20}} = \sqrt{2} \text{ с}$$

Складывая эти времена, получаем ответ.

Ответ: $t \approx 3$ с.