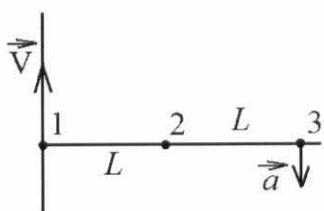


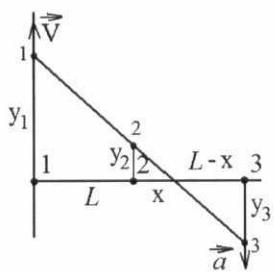
10 класс



1. Три точки в момент времени $t = 0$ находятся на одной горизонтальной прямой на одинаковом расстоянии $L = 20 \text{ см}$ друг от друга. Первая точка начинает двигаться вертикально вверх со скоростью $V = 2 \text{ см}/\text{с}$, третья без начальной скорости вертикально вниз с ускорением $a = 1 \text{ см}/\text{с}^2$. Как движется по вертикали вторая точка, если в любой момент времени все точки находятся на одной прямой? Все точки начинают двигаться одновременно.

Ответ: 1 см/с вверх, $a = 0,5$ вниз

РЕШЕНИЕ



Через некоторое время точки займут новое положение, оставаясь на одной прямой. Из подобия треугольников сле-

$$\frac{y_1}{L+x} = \frac{y_2}{x} \quad (1);$$

$$\frac{y_3}{L-x} = \frac{y_2}{x} \quad (2). \text{ Решая эту систему уравнений, получаем}$$

$$y_2 = \frac{y_1 - y_3}{2}. \text{ Подставляя } y_1 = Vt; y_3 = \frac{at^2}{2}, \text{ получим}$$

$y_2 = \frac{1}{2} \left(Vt - \frac{at^2}{2} \right)$. Следовательно, скорость равна $V_2 = V/2 = 1 \text{ см}/\text{с}$, ускорение направлено вниз и равно $a_2 = a/2 = 0,5 \text{ см}/\text{с}^2$.

	Критерии оценки	Балл
1	Нарисован рисунок	4
2	Записаны уравнения кинематики для первой и третьей точек	5
3	Записана связь между координатами (из подобия треугольников или другими способами)	5
4	Получено уравнение кинематики для второй точки	4
5	Из уравнения кинематики определены скорость и ускорение	2

2. Космонавт затратил время $t_1 = 10 \text{ мин}$ на осмотр солнечных батарей. Давление воздуха в скафандре первоначально равно $P_1 = 160 \text{ атм}$. За время осмотра давление воздуха в баллоне скафандра упало на 25%. После осмотра космонавт приступил к ремонтным работам и расход воздуха возрос в 2 раза. Через какое время после осмотра батарей космонавт должен закончить ремонтные работы, если давление в баллоне не должно упасть ниже $P_2 = 20 \text{ атм}$? Ответ: 12,5 мин

РЕШЕНИЕ

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона для воздуха в скафандре в начальный момент, после осмотра батарей и после ремонта.

$$\left. \begin{array}{l} \nu_1 RT = P_1 V \\ \nu_2 RT = 0,75 P_1 V \\ \nu_3 RT = P_2 V \end{array} \right\} \text{Из (1) и (2) получаем, что при осмотре в единицу времени}$$

космонавт расходовал $\frac{\nu_1 - \nu_2}{t_1} = \frac{0,25 P_1 V}{RT t_1}$. Из (2) и (3) получаем

$\nu_2 - \nu_3 = \frac{(0,75 P_1 - P_2)V}{RT}$. Так как при ремонте расход воздуха вырос в 2 раза, то

$$\frac{(\nu_2 - \nu_3)}{t_2} = \frac{(\nu_1 - \nu_2)2}{t_1}.$$

$$\text{Следовательно } t_2 = \frac{(0,75 P_1 - P_2)t_1}{2 \cdot 0,25 P_1} = \frac{(120 - 20)10}{0,5 \cdot 160} = 12,5 \text{ мин}$$

	Критерии оценки	Балл
1	Записаны уравнения состояния идеального газа для трех моментов времени	6
2	Определен расход воздуха при осмотре	4
3	Определен расход воздуха при ремонте	4
4	Определено время ремонта	6

3. Два мальчика, массы которых $m_1 = 45 \text{ кг}$, $m_2 = 55 \text{ кг}$, стоят на коньках на льду.

Один мальчик отталкивается от второго, действуя на него горизонтальной силой $F = 50 \text{ Н}$ в течение $\Delta t = 1 \text{ с}$. Через какое время после толчка расстояние между мальчиками станет $S = 10 \text{ м}$? Трением коньков о лед можно пренебречь. Ответ: 4,95 с

РЕШЕНИЕ

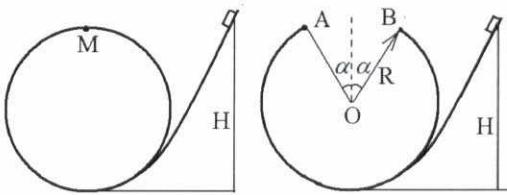
Используя закон изменения импульса, получаем

$$\left. \begin{array}{l} F\Delta t = m_1 V_1 \\ F\Delta t = m_2 V_2 \end{array} \right\} S = (V_1 + V_2)t = t \left(\frac{F\Delta t}{m_1} + \frac{F\Delta t}{m_2} \right).$$

$$\text{Тогда искомое время } t = \frac{m_1 m_2}{F\Delta t(m_1 + m_2)} 4,95 \text{ с} \approx 5 \text{ с}$$

	Критерии оценки	Балл
1	Записан закон изменения импульса	5
2	Определены скорости мальчиков	5
3	Записана формула для определения расстояния между мальчиками	5

	ми	
4	Определено время	5



4. Небольшую шайбочку пускают по наклонной плоскости, переходящей в мертвую петлю радиуса $R = 20\text{ см}$ с минимальной высоты, при которой она не отрывается от поверхности в точке М. Затемпускают шайбочку с этой высоты, а в петле делают симметричный вырез такой, что она попадает из точки А в точку В, проделав часть пути по воздуху. Определить угол α , при котором это возможно. Ответ: $\alpha = 60^\circ$

РЕШЕНИЕ

Из уравнения динамики для шайбочки в верхней точке петли $mg - N = m \frac{V_0^2}{R}$. Так как высота должна быть минимальной, то $N = 0$ и скорость $V_0^2 = Rg$.

Из закона сохранения энергии $mgH = mg2R + \frac{mV_0^2}{2}$, отсюда высота $H = 2,5R$.

Во втором случае пускают с той же высоты, закон сохранения энергии $mgH = mgh + \frac{mV^2}{2}$.

Высота $h = (R + R \cos \alpha)$, расстояние между точками А и В равно $S = \frac{V^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = 2R \sin \alpha$, следовательно $V^2 = \frac{Rg}{\cos \alpha}$. Подставляем эти величины в

закон сохранения энергии

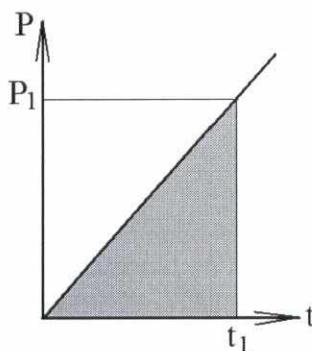
$$mg2,5R = mgR(1 + \cos \alpha) + \frac{mRg}{2 \cos \alpha} \Rightarrow 2,5 = 1 + \cos \alpha + \frac{1}{2 \cos \alpha} \Rightarrow 2 \cos^2 \alpha - 3 \cos \alpha + 1 = 0$$

Решая последнее уравнение получаем $\cos \alpha = \frac{1}{2}$, $\alpha = 60^\circ$.

	Критерии оценки	Балл
1	Для тела в верхней точке петли нарисован рисунок с обозначением действующих сил, записано уравнение динамики	4
2	Из закона сохранения энергии определена высота, с которойпускают груз	4
3	Определено расстояние между точками А и В и записана его связь с радиусом	4
4	Записан закон сохранения энергии для второго случая	4
5	Определен угол	4

5. Напряжение на резисторе меняется со временем по закону $U = \sqrt{At}$, где $A = 4B^2 \cdot c$. Найти количество теплоты, выделившееся на резисторе сопротивлением $R = 80 \text{ Ом}$ за одну минуту. Ответ: 90 Дж

РЕШЕНИЕ



Мощность равна $P = \frac{U^2}{R} = \frac{At}{R}$. Так как мощность линейно зависит от времени, то количество теплоты можно найти графически (как заштрихованную на графике площадь).

$$P_1 = \frac{At_1}{R} = \frac{4 \cdot 60}{80} = 3 \text{ Вт}, \quad Q = \frac{1}{2} P_1 t_1 = \frac{3 \cdot 60}{2} = 90 \text{ Дж}.$$

$$\text{2 способ: } Q = \int \frac{U^2}{R} dt = \int \frac{Atdt}{R} = \frac{At^2}{2R} = 90 \text{ Дж}$$

	Критерий оценки	Балл
1	Записана формула для определения мощности	5
2	Понято, что мощность зависит от времени	5
3	Предложен способ определения количества выделившейся теплоты при переменной мощности	5
4	Определено количество теплоты	5