ОЛИМПИАДА “БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ” 2022-2023

Физика, I тур, вариант 1

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

9 класс

1. (40 баллов) Частица движется прямолинейно с постоянным ускорением. Пройденный частицей путь и ее перемещение за промежуток времени $0 \le t \le t_1$ отличаются в три раза, скорость в момент t_1 больше по величине скорости при $t = 0$. В какой момент скорость частицы обращалась в нуль?

Ответ. В момент $t_1/\left(1+\sqrt{2}\right)$.

Решение. Ясно, что вектор ускорения частицы направлен против вектора начальной скорости и на интервале времени $0 \le t \le t_1$ частица движется сначала в одну сторону, затем, после остановки, в обратную. Большая величина скорости в момент t_1 по сравнению с начальной (в момент $t = 0$) означает, что частица успевает пройти через начальную точку в обратном направлении к моменту t_1. Обозначим через L перемещение частицы к моменту t_1, т.е. ее удаление от начальной точки в этот момент. Тогда, очевидно, пройденный путь $3L$ можно разделить следующим образом: L – это путь от начальной точки до точки остановки и $2L$ – путь в обратном направлении. Обозначив время движения от начальной точки до точки остановки через t_0 и ускорение частицы через a, запишем соотношения

$$\frac{at_0^2}{2} = L, \qquad \frac{a(t_1-t_0)^2}{2} = 2L,$$

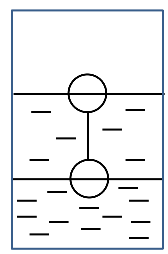
откуда находим, что $t_0 = t_1/\left(1+\sqrt{2}\right)$.

2. (30 баллов) Для изготовления модели глобуса взяли два проволочных кольца радиуса a, расположили их во взаимно перпендикулярных плоскостях как меридианы и спаяли на «полюсах». Третье кольцо расположили как экватор и спаяли в точках касания с «меридианами». Найти сопротивление между «полюсами» получившегося «глобуса», если сопротивление единицы длины проволоки равно R_1.

Решение. Из соображений симметрии следует, что ток не течет по участкам экваториального кольца. Их можно для наглядности удалить. При этом получаем четыре полукольца длины πa, параллельно включенных между полюсами. Их общее сопротивление равно

$$\frac{1}{4}\pi a R_1.$$

3. (30 баллов) В цилиндрический сосуд налиты две жидкости разной плотности. Два связанных нитью шара одинакового радиуса R плавают в них так, что половина каждого шара находится в менее плотной жидкости (см. рис.). После того, как в сосуд долили менее плотной жидкости, оба шара стали плавать в ней целиком, касаясь границ раздела с более плотной жидкостью и воздухом. Чему равно отношение плотностей жидкостей? Какой объем жидкости долили в сосуд, если радиус его дна равен $2R$?



Ответ. Отношение плотностей жидкостей равно 2. Объем долитой жидкости равен $20\pi R^3/3$.

Решение. Запишем условия плавания связанных нитью шаров вначале

$$(m_1+m_2)g = \rho_1 V g + \rho_2 \frac{V}{2} g$$

и после доливания жидкости

$$(m_1+m_2)g = 2\rho_1 V g.$$

Здесь через m_1, m_2 и V обозначены массы и объемы ($V = 4\pi R^3/3$) шаров, а через ρ_1 и ρ_2 – плотности жидкостей, $\rho_2 > \rho_1$. Из записанных уравнений находим, что $\rho_2 = 2\rho_1$. После доливания жидкости с плотностью ρ_1 толщина слоя этой жидкости увеличилась на $2R$, при этом объем, занимаемый шарами в этой жидкости, увеличился на V. Следовательно, объем долитой жидкости равен $2RS - V$, где $S = 4\pi R^2$ – площадь сечения сосуда, т.е. $20\pi R^3/3$.

ОЛИМПИАДА "БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ – БУДУЩЕЕ НАУКИ" 2022-2023

Физика, I тур, вариант 2

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ

9 класс

1. (40 баллов) Частица движется прямолинейно с постоянным ускорением. Пройденный частицей путь и ее перемещение за промежуток времени $0 \le t \le t_1$ отличаются в три раза, скорость в момент t_1 меньше по величине скорости при $t = 0$. В какой момент скорость частицы обращалась в нуль?

Ответ. В момент $t_1/(1+1/\sqrt{2})$.

Решение. Ясно, что вектор ускорения частицы направлен против вектора начальной скорости и на интервале времени $0 \le t \le t_1$ частица движется сначала в одну сторону, затем, после остановки, в обратную. Меньшая величина скорости в момент t_1 по сравнению с начальной (в момент $t = 0$) означает, что частица не успевает вернуться в начальную точку к моменту t_1. Обозначим через L перемещение частицы к моменту t_1, т.е. ее удаление от начальной точки в этот момент. Тогда, очевидно, пройденный путь $3L$ можно разделить следующим образом: $2L$ – это путь от начальной точки до точки остановки и L – путь в обратном направлении. Обозначив время движения от начальной точки до точки остановки через t_0 и ускорение частицы через a, запишем соотношения

$$\frac{at_0^2}{2} = 2L, \qquad \frac{a(t_1-t_0)^2}{2} = L,$$

откуда находим, что $t_0 = t_1/(1+1/\sqrt{2})$.

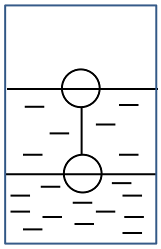
2. (30 баллов) Для изготовления модели глобуса взяли два проволочных кольца радиуса a, расположили их во взаимно перпендикулярных плоскостях как меридианы и спаяли на «полюсах». Третье кольцо расположили как экватор и спаяли в точках касания с «меридианами». Найти сопротивление между «полюсами» получившегося «глобуса», если сопротивление единицы длины проволоки равно R_1.

Ответ. Сопротивление равно $\frac{\pi a R_1}{4}$.

Решение. Из соображений симметрии следует, что ток не течет по участкам экваториального кольца. Их можно для наглядности удалить. При этом получаем четыре полукольца длины πa, параллельно включенных между полюсами. Их общее сопротивление равно

$$\frac{1}{4}\pi a R_1.$$

3. (30 баллов) В цилиндрический сосуд налиты две жидкости разной плотности. Два связанных нитью шара одинакового радиуса R плавают в них так, что половина каждого шара находится в менее плотной жидкости (см. рис.). После того, как в сосуд долили менее плотной жидкости, оба шара стали плавать в ней целиком, касаясь границ раздела с более плотной жидкостью и воздухом. Чему равно отношение плотностей жидкостей? На сколько изменилась сила натяжения нити после доливания жидкости, если плотность жидкости равна ρ? Ускорение свободного падения равно g.



Ответ. Отношение плотностей жидкостей равно 2. Сила натяжения нити возросла на $2\pi R^3\rho g/3$.

Решение. Запишем условия плавания связанных нитью шаров вначале

$$(m_1+m_2)g = \rho_1 V g + \rho_2 \frac{V}{2} g$$

и после доливания жидкости

$$(m_1+m_2)g = 2\rho_1 V g.$$

Здесь через m_1, m_2 и V обозначены массы и объемы ($V = 4\pi R^3/3$) шаров, а через ρ_1 и ρ_2 – плотности жидкостей, $\rho_2 > \rho_1$. Из записанных уравнений находим, что $\rho_2 = 2\rho_1$.

Записывая условия равновесия любого из шаров, например, верхнего, вначале

$$m_1 g + F_1 = \rho_1 \frac{V}{2} g$$

и после доливания жидкости

$$m_1 g + F_2 = \rho_1 V g$$

и исключая из этих уравнений $m_1 g$, находим разницу сил натяжения нити:

$$F_2 - F_1 = \rho_1 \frac{V}{2} g = \frac{2}{3}\pi R^3 \rho_1 g.$$