

ВсОШ, 2025/26, заключительный этап, 9 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике [Условия и ответы](#)

Задача 1 Фотография

На горизонтальной поверхности вплотную друг к другу расположены два небольших шарика 1 и 2. Им одновременно сообщили скорости во взаимно перпендикулярных направлениях, в результате чего шарики начали двигаться в одной вертикальной плоскости, не сталкиваясь. В момент, близкий к падению шарика 1, была сделана фотография, зафиксировавшая положения обоих шариков (см. рисунок). При этом ни один из них ещё не касался горизонтальной поверхности. Соппротивлением воздуха пренебречь, ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.



Фотография с положениями шариков приведена в заданном масштабе на отдельном листе. Все необходимые построения выполняйте прямо на ней.

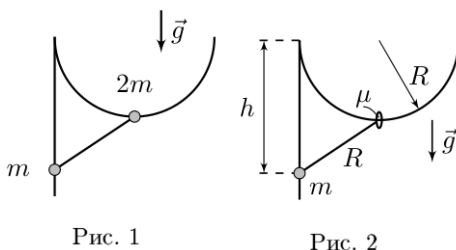
1. Найдите время t полёта шарика 1, если известно, что оно является максимально возможным.
2. Какие скорости v_1 и v_2 сообщили шарикам 1 и 2 соответственно?

Ответ

1) $t \approx 0,71 \text{ с}$; 2) $v_1 \approx 6,0 \text{ м/с}$, $v_2 \approx 10,0 \text{ м/с}$.

Задача 2 Спица

Проволока закреплена в вертикальной плоскости и состоит из прямого отрезка и полуокружности радиусом R , которые касаются друг друга в верхней точке (см. рисунок 1). На прямом участке расположен груз массой m , на полуокружности — груз массой $2m$. Грузы соединены невесомой нерастяжимой нитью, трение отсутствует. На дополнительном бланке изображены положения грузов при равновесии системы, показано направление ускорения свободного падения и начерчена масштабная сетка.



1. Восстановите расположение проволоки по изображённой системе грузов и определите, чему равен радиус R полуокружности.
2. Не изменяя форму проволоки, груз массой $2m$ заменили на невесомое колечко, соединённое с телом m нитью длиной R (см. рисунок 2). Коэффициент трения между проволокой и колечком равен μ . При каких расстояниях h между изломом проволоки и грузом m система может находиться в равновесии?

Ответ

- 1) $R \approx 8,1$ см (центр полуокружности — на горизонтали через точку излома, на расстоянии R от прямого участка); 2) $R\sqrt{1 + \frac{2}{\sqrt{1 + \mu^2}}} \leq h \leq R\sqrt{3}$.

Задача 3 Наезд

Из гладкой проволоки, закреплённой в вертикальной плоскости, изготовлена горка высотой H , состоящая из двух четвертей окружности, соединяющих горизонтальные участки (см. рисунок 1). В начальной точке горки покоится маленькая бусинка массой m , надетая на проволоку. К ней приложена постоянная по модулю и направлению сила $\vec{F}$.

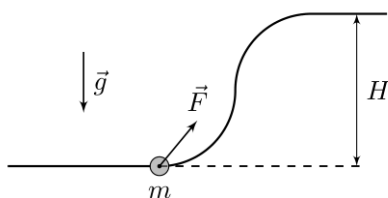


Рис. 1

1. Найдите минимальное значение модуля силы $F_{\min 1}$, при котором бусинка может преодолеть горку, если сила направлена горизонтально.
2. Найдите минимальный модуль силы $F_{\min 2}$, при котором бусинка может преодолеть горку. Под каким углом α_{opt} к горизонтали должна быть направлена сила в этом случае?
3. Пусть теперь модуль силы постоянен, а её направление может изменяться в процессе движения. Бусинка находится на расстоянии s от начала горки (см. рисунок 2). При $F = |\vec{F}| = mg/2$ найдите минимальное значение s , при котором бусинка может преодолеть горку. Опишите как должно меняться направление силы $\vec{F}$, чтобы это стало возможным.

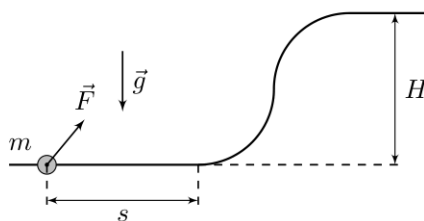


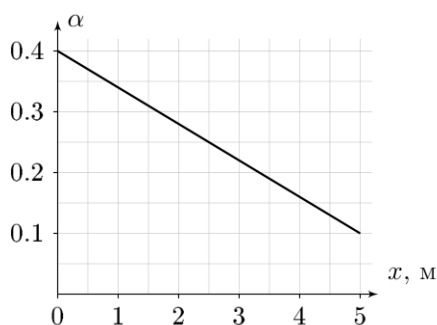
Рис. 2

Ответ

- 1) $F_{\min 1} = \frac{4}{3}mg$; 2) $F_{\min 2} = \frac{4}{5}mg$, $\alpha_{opt} = \arcsin \frac{4}{5} = \arctg \frac{4}{3}$ (сила направлена по касательной к горке); 3) $s_{\min} = \frac{H}{2} \left(2 + \sqrt{3} - \frac{5\pi}{6} \right) \approx 0,56 H$, сила всё время направлена вдоль траектории.

Задача 4 Теплообменник

Теплообменник состоит из двух коаксиальных труб длиной $L = 5$ м. По внутренней трубе в положительном направлении оси x течёт смесь воды и льда с массовым расходом $\mu_x = 0,70$ кг/с. По внешней трубе встречным потоком течёт горячая вода с $\mu_T = 0,50$ кг/с, температура T_T которой при $x = L$ составляет 60°C . Устройство теплообменника таково, что зависимость массовой доли $\alpha(x)$ льда от координаты x имеет вид, показанный на графике. Площадь поперечного сечения внутренней трубы постоянна и равна $S = 100$ см².



Удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг · К), плотности воды и льда равны $\rho_v = 1000$ кг/м³ и $\rho_l = 900$ кг/м³ соответственно. Теплопотерями в окружающую среду и теплоёмкостью стенок пренебречь.

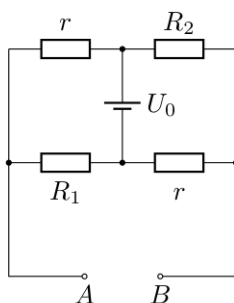
1. Найдите температуру горячей воды T_T в сечении с координатой $x = 0$.
2. Постройте график зависимости температуры $T_T(x)$ горячей воды от координаты.
3. Получите зависимость скорости $v(x)$ смеси воды и льда от координаты. Считайте, что скорость течения смеси одинакова по всему поперечному сечению.

Ответ

1) $T_T(0) = 26,5^\circ\text{C}$; 2) прямая $T_T(x) = 26,5^\circ\text{C} + 6,7 \frac{^\circ\text{C}}{\text{м}} \cdot x$; 3) $v(x) = \frac{\mu_x}{S\rho_v\rho_l} (0,6\rho_l + 0,4\rho_v - 0,06x(\rho_v - \rho_l))$ (x в метрах).

Задача 5 Мосты

Электрическая цепь, схема которой изображена на рисунке, состоит из резисторов сопротивлением R_1, R_2, r ($R_1 \neq R_2$) и идеального источника постоянного напряжения U_0 . К выводам A и B подключают второй идеальный источник постоянного напряжения. При одной его полярности на резисторах R_1 и R_2 мощность не выделяется, а при другой полярности на них выделяются одинаковые ненулевые мощности.



Считая заданными сопротивления R_1 , R_2 и напряжение U_0 , определите:

1. напряжение источника, подключаемого к A и B ;
2. сопротивление r ;
3. показание R омметра, подключенного к выводам A и B , если ЭДС и внутреннее сопротивление омметра равны $\mathcal{E}_0$ и r_0 .

Омметр показывает отношение напряжения на его выводах к силе тока, протекающего через него.

Ответ

1) U_0 (при нужной полярности $\varphi_B - \varphi_A = U_0$); 2) $r = \sqrt{R_1 R_2}$; 3) $R = \sqrt{R_1 R_2}$ при любой полярности подключения омметра.