

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2021 – 2022 учебный год

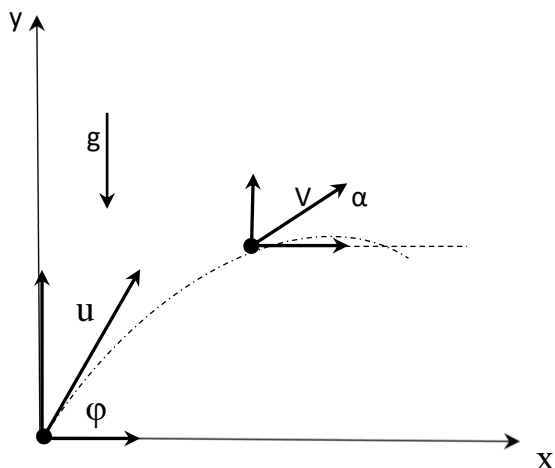
11 класс

Возможное (авторское) решение

Задача 1.

С горизонтального участка поверхности земли бросают тело под углом φ к горизонту. Начальная скорость тела равна u . Через какое минимальное время скорость тела будет составлять угол α с горизонтом? Сопротивление воздуха не учитывать. Изменением значения ускорения свободного падения g при изменении высоты подъёма можно пренебречь.

Решение.



Так как в условии задачи просят найти минимальный промежуток времени, то необходимо рассмотреть положение тела на траектории до достижения максимальной высоты подъёма. Пусть через искомый промежуток времени скорость тела будет равна V . Эта скорость имеет составляющие по вертикальной и горизонтальной осям (V_y , V_x). Горизонтальная составляющая скорости имеет постоянное значение во время всего полёта так как сопротивление воздуха отсутствует ($V_x = u \cos \varphi$). По вертикали тело движется равноускоренно под действием силы тяжести. Следовательно,

$V_y = u \sin \varphi - gt$ (в проекции на ось OY). Отношение составляющих скорости тела в любой момент времени: $\frac{V_y}{V_x} = \operatorname{tg} \alpha$.

Таким образом: $V_y = V_x \operatorname{tg} \alpha = (u \cos \varphi) \operatorname{tg} \alpha$;

$$u \sin \varphi - gt = (u \cos \varphi) \operatorname{tg} \alpha$$

Ответ: $t = \frac{u(\sin \varphi - (\operatorname{tg} \alpha) \cos \varphi)}{g}$

Ориентировочные критерии оценивания:

Выполнен рисунок, на котором правильно показано положение тела на траектории и составляющие скорости по координатным осям – **2 балла**.

Найдены уравнения, позволяющие определить значение проекций скорости тела на каждую из координатных осей – **4 балла**.

Определено отношение составляющих скорости тела в каждый момент времени и получено уравнение для вычисления времени движения – **4 балла**.

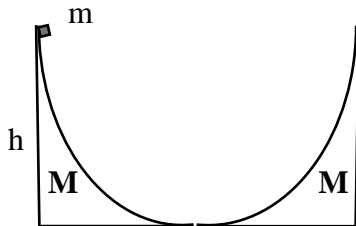
Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2021 – 2022 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

Задача 2.

На горизонтальной поверхности вплотную друг к другу приставлены два подвижных клина. Массы клиньев одинаковы и равны M . Клинья имеют плавные переходы на горизонтальную плоскость. С левого клина соскальзывает шайба массой m с высоты h (смотри рисунок). На какую максимальную высоту поднимется шайба на правом клине? Трением во всех частях системы пренебречь.



Решение.

Так как трение в системе отсутствует, то в горизонтальном направлении на систему не действуют внешние силы. Для определения скорости v левого клина и скорости u шайбы в самой низкой точке траектории можно использовать закон сохранения энергии и закон сохранения импульса. $\frac{Mv^2}{2} + \frac{mu^2}{2} = mgh$, $Mv = tu$.

В момент наивысшего подъёма шайбы на правый клин на максимальную высоту h_m их скорости будут одинаковы и закон сохранения импульса запишется в виде $tu = (M + m)V$, где V – общая скорость шайбы и правого клина. Закон сохранения энергии в этом случае $\frac{mu^2}{2} = \frac{M+m}{2}V^2 + mgh_m$.

Совместное решение уравнений позволяет вычислить максимальную высоту $h_m = h \frac{M^2}{(M+m)^2}$.

Ответ: $h_m = h \frac{M^2}{(M+m)^2}$

Примерные критерии оценивания

Правильно записаны законы сохранения для первой части задачи – **4 балла**.

Правильно записаны законы сохранения для второй части задачи – **4 балла**.

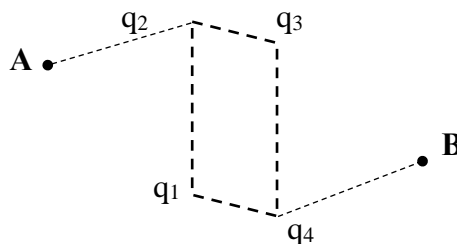
Проведены необходимые математические преобразования и получен ответ – **2 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2021 – 2022 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

Задача 3. Четыре электрических заряда расположены в углах квадрата диагональ которого 6 см. Значения зарядов соответственно равны: $q_1 = 10$ мкКл, $q_2 = -5$ мкКл, $q_3 = 10$ мкКл, $q_4 = -5$ мкКл. В точке А находится заряд $q = 20$ мкКл. Расстояние от точки А до заряда q_2 равно 4 см. Рассчитайте какую минимальную работу необходимо совершить для того, чтобы переместить заряд q из точки А в точку В (смотри рисунок). Расстояние от точки В до заряда q_4 равно 4 см. По какой траектории необходимо перемещать заряд для выполнения условия задачи? Действие силы тяжести при перемещении заряда не учитывать.



Решение.

Работа электрического поля при перемещении заряда из точки А в точку В равна 0 потому, что в этих точках потенциал электростатического поля, созданного зарядами, одинаковый. Вид траектории не имеет значения.

Основные формулы: $A = q(\varphi_A - \varphi_B)$; $\varphi = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_3 - \varphi_4$; $\varphi = k \frac{q}{\epsilon r}$

Ответ: $A = 0$ Дж. Вид траектории не имеет значения.

Примерные критерии оценивания

Правильно записана формула для вычисления работы электрического поля при перемещении заряда из одной точки поля в другую – **2 балла**.

Правильно рассчитаны потенциалы точек А и В и работа поля – **5 баллов**.

Сделан верный вывод о виде траектории движения – **3 балла**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2021 – 2022 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

Задача 4. Трубка, запаянная с одного конца, состоит из трёх колен длиной $l = 25$ см каждое, согнутых под прямыми углами. В трубку налили ртуть так, что вертикальные колена трубки заполнены ровно наполовину. В запаянном колене над ртутью находится неизвестный газ. Медленно нагревая газ, отделённый от атмосферы ртутью, можно вытеснить из трубки всю ртуть. Вычислите работу, которую совершит при этом процессе газ. Атмосферное давление 10^5 Па, плотность ртути равна $13,6 \cdot 10^3$ кг/м³, площадь поперечного сечения трубки 1 см².

Решение.

Совершаемая газом работа A складывается из двух частей: работы A_1 против силы атмосферного давления и работы A_2 против силы тяжести. Граница раздела газ-ртуть до полного вытеснения ртути перемещается на $2l + \frac{l}{2} = \frac{5}{2}l$. Следовательно $A_1 = \frac{5}{2}p_0Sl$ где p_0 – атмосферное давление. Работа A_2 против силы тяжести равна изменению потенциальной энергии ртути при её вытеснении. Вся ртуть в результате вытеснения поднимается на высоту l относительно горизонтального участка; это и надо считать конечной высотой центра масс ртути. Начальное положение центра масс ртути $h_0 = \frac{l}{8}$. Следовательно $A_2 = mg \left(l - \frac{l}{8} \right)$ где $m = 2lS\rho$ – масса ртути. Окончательно находим $A = A_1 + A_2 = \frac{5}{2}p_0Sl + \frac{7}{4}\rho gSl^2 \approx 7,7$ Дж

Ответ: $A \approx 7,7$ Дж

Примерные критерии оценивания

Определены составляющие части полной работы – **2 балла**.

Определена работа против сил атмосферного давления – **3 балла**.

Определена работа против силы тяжести – **4 балла**.

Получен верный ответ – **1 балл**.

Всероссийская олимпиада школьников по физике
муниципальный этап 2021 – 2022 учебный год

11 класс

Возможное (авторское) решение

Задача 5. Для регулирования напряжения на нагрузке собрана электрическая схема, изображённая на рисунке. Сопротивления нагрузки и регулировочного реостата равны R . Нагрузка подключена к половине реостата. Входное напряжение неизменно и равно U . Определите, как изменится напряжение на нагрузке, если её сопротивление увеличить в два раза?

Решение.

Сопротивление реостата вместе с нагрузкой эквивалентно сопротивлению $R_1 = \frac{R}{2} + \frac{R \frac{R}{2}}{R + \frac{R}{2}} = \frac{5}{6} R$

Общий ток в цепи $I_1 = \frac{U}{\frac{5}{6} R} = \frac{6U}{5R}$. Напряжение на нагрузке $U_{1н} = U - I_1 \frac{R}{2} = \frac{2U}{5}$. Если сопротивление

нагрузки стане равным $2R$, общий ток $I_2 = \frac{U}{\frac{R}{2} + \frac{(\frac{R}{2})(2R)}{\frac{R}{2} + 2R}} = \frac{10U}{9R}$. Напряжение на нагрузке в этом случае

станет равным $U_{2н} = U - I_2 \frac{R}{2} = \frac{4U}{9}$. Таким образом, напряжение на нагрузке изменится $n = \frac{U_{2н}}{U_{1н}} = \frac{10}{9}$

Ответ: $n = \frac{U_{2н}}{U_{1н}} = \frac{10}{9}$

Примерные критерии оценивания

Определено эквивалентное сопротивление цепи в первом случае – **2 балла**.

Определено напряжение на нагрузке в первом случае – **2 балла**.

Определено эквивалентное сопротивление цепи во втором случае – **2 балла**.

Определено напряжение на нагрузке во втором случае – **2 балла**.

Правильно рассчитано изменение напряжения на нагрузке – **2 балла**.