Всероссийская олимпиада школьников
II (муниципальный) этап
Физика
11 класс
Решения. Критерии проверки

Общее время выполнения работы – 3 часа 20 минут.

Задание 1

Тело соскальзывает по внутренней поверхности полусферы с верхней ее точки. Одна часть полусферы абсолютно гладкая $\mu_1 = 0$, вторая – шероховатая с коэффициентом трения $\mu_2 = 0{,}15$ (рис.1). Определить ускорение тела в момент перехода его на шероховатую поверхность.

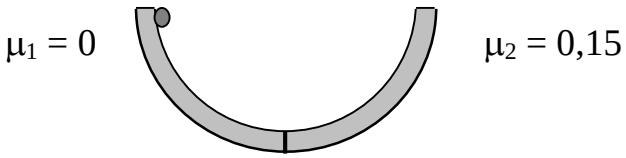


Рис. 1

Решение

В самой нижней точке тело имеет квадрат скорости $v^2 = 2gR$, где R – радиус сферической поверхности, следовательно, центростремительное ускорение равно 2g. Сила давления тела на поверхность в этой точке равна 3mg , а сила трения 3mgμ. Тогда тангенциальное ускорение равно 3gμ. Полное ускорение будет равно:

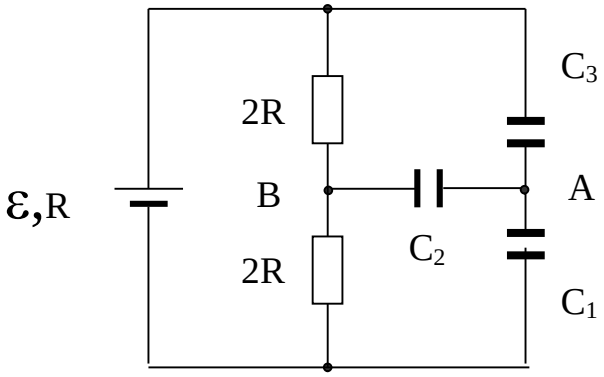
$$a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2} = g\sqrt{4 + 9\mu^2}$$

Максимальный балл – 60. Получено решение с правильным ответом.
50 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.
До 20 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 2

Определить в схеме на рис. 2 разность потенциалов между точками A и B.

$C_2 = C_3 = C$; $C_1 = 2C$



Решение

В цепи течет ток $I = \varepsilon/(R+4R) = \varepsilon/5R$. Тогда напряжение на внешней цепи $U = 4\varepsilon/5$. Потенциал точки В будет равен: $\varphi_B = U - 2RI = 2\varepsilon/5$. Чтобы найти потенциал точки А, учтем, что суммарный заряд на тех обкладках конденсаторов, которые обращены к точке А, равен нулю. Тогда:

$$q_{c1} + q_{c2} - q_{c3} = 0,$$

$$C(4/5\mathcal{E} - \varphi_A) + C(\varphi_B - \varphi_A) = \varphi_A\, 2C,$$

$$4/5\mathcal{E} - \varphi_A + 2/5\mathcal{E} - \varphi_A = 2\varphi_A,$$

$$\varphi_A = 3\mathcal{E}/10;$$

$$\varphi_B - \varphi_A = \mathcal{E}/10.$$

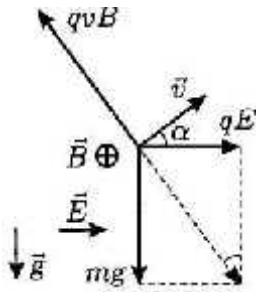
Максимальный балл – 80. Проведен анализ. Получено правильное решение.
60 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.
До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 3

Заряженная частица двигалась в некоторой области пространства, где имеются взаимно перпендикулярные однородные поля: электрическое – с напряжённостью *E*, магнитное – с индукцией *B* и поле силы тяжести. Вектор скорости частицы при этом был постоянным и перпендикулярным магнитному полю. После того, как частица покинула эту область пространства и начала движение в другой области, где имеется только поле силы тяжести, её скорость начала уменьшаться. Через какое время после вылета частицы из первой области её скорость достигнет минимального значения?

Решение

После того, как частица начала двигаться в области пространства, в которой есть только поле g, её скорость начала уменьшаться. Это означает, что скорость частицы имеет составляющую, направленную противоположно вектору *g*, то есть движется «вверх» по отношению к полю силы тяжести. Следовательно, векторы ***E***, ***B***, ***g***, скорость частицы ***V*** и действующие на неё электрическая, магнитная и гравитационная силы направлены так, как показано на рисунке. Угол к горизонту, под которым частица двигалась, находясь во всех трёх полях, может быть найден из условия равенства нулю суммы действующих на неё сил:



$$\sin\alpha = \frac{qE}{qvB} = \frac{E}{vB}.$$

После попадания в ту область пространства, где есть только поле силы тяжести, частица будет двигаться по параболе. Её скорость будет минимальна в верхней точке траектории, тогда, когда вертикальная составляющая скорости обратится в ноль. Это произойдёт через время

$$t = \frac{v\sin\alpha}{g} = \frac{v}{g}\cdot\frac{E}{vB} = \frac{E}{gB}.$$

Максимальный балл – 80. Проведен анализ. Получено правильное решение.
60 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.
До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 4

В сферической лунке прыгает шарик (рис.3), упруго ударяясь о стенки в двух точках, расположенных на одной горизонтали. Промежуток времени при движении шарика слева направо – T_1, а справа налево – T_2. Определить радиус R лунки.

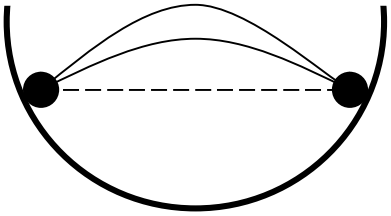
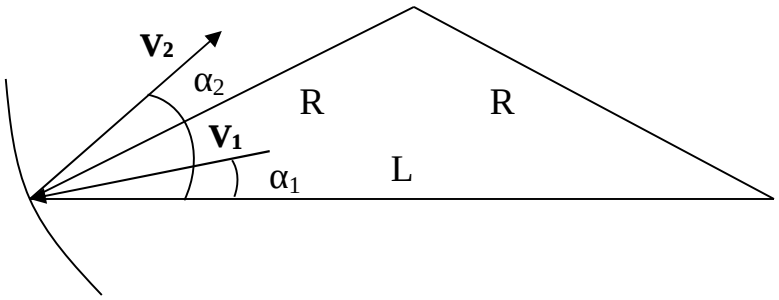


Рис. 3.

Решение

Рассмотрим точку отскока шарика



$\alpha_2 = \alpha_1 + 2\beta$, с другой стороны, так как дальность полета в обоих случаях одинаковая, имеем:

$$\alpha_2 = \pi/2 - \alpha_1 \quad \alpha_1 + 2\beta = \pi/2 - \alpha_1 \quad \alpha_1 + \beta = \pi/4.$$

Время полета шарика T_1 можем выразить через начальную скорость:

$$T_1 = 2v_0 \sin\alpha_1/g \qquad (1),$$

где v_0 – скорость шарика в момент удара.

Из треугольника $L = 2R\cos(\sim_1 + \quad)$, тогда

$$T_1 = \frac{2R\cos(\sim_1 + \quad)}{v_0 \cos\sim_1}$$

или

$$T_1 = \frac{2R\sqrt{2}}{2v_0 \cos\sim_1}$$

Соответственно

$$T_2 = \frac{2R\cos(\sim_1 + \quad)}{v_0 \cos\sim_2} = \frac{2R\sqrt{2}}{2v_0 \cos\sim_2} = \frac{2R\sqrt{2}}{2v_0 \sin\sim_1}$$

$v_0 \sin\alpha_1$ найдем из (1):

$$v_0 \sin\alpha_1 = gT_1/2,$$

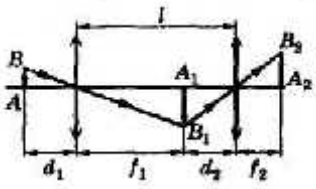
тогда

$$T_2 = \frac{2R\sqrt{2}}{gT_1} \quad \text{и} \quad R = g\,T_1\,T_2\,/(2\sqrt{2})\,.$$

Максимальный балл – 100. Проведен анализ. Получено решение с правильным ответом.
80 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.
40 баллов. Правильно написаны выражения для теплоты и работы в процессе.
До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.

Задание 5
Докажите, что оптическая сила двух соприкасающихся тонких линз равна сумме их оптических сил. Чему равно фокусное расстояние такой системы?

Решение



Расположим линзы на расстоянии *l* друг от друга (см. рисунок).
Предмет *AB* находится на расстоянии d_1 от первой линзы.

Формула линзы для этого случая:

$$\frac{1}{F_1} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1}$$

Изображение A_1B_1 является предметом для второй линзы, для нее формула линзы имеет вид:

$$\frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{l - f_1} + \frac{1}{f_2}$$

Сложим полученные равенства:

$$\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} + \frac{1}{l - f_1} + \frac{1}{f_2}$$

По условию задачи линзы сложены вместе, т. е. $l=0$, а $\frac{1}{F} = D$. Оптическая сила системы

$$D_0 = D_1 + D_2 = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_2},$$

где d_1 – расстояние от предмета до системы, f_2 – расстояние от системы до изображения, или

$$D_0 = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{1}{F}.$$

Отсюда находим фокусное расстояние системы:

$$F = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2}.$$

Максимальный балл – 100. Проведен анализ. Получено решение с правильным ответом.
80 баллов. Идея решения верна, но сделаны математические ошибки.
40 баллов. Правильно написаны выражения для теплоты и работы в процессе.
До 30 баллов, по усмотрению проверяющего, за разумные идеи или формулы.