

Условие

Задание 9-1. «Разминка»

1. **«Посмотри и объясни»** На Рис. 1 изображен популярный физический опыт. Вырезанное из пластиковой бутылки кольцо поставили на широкое горлышко пустой бутылки. На вершину кольца положили небольшую монету (или гайку) (см. Рис. 1). Резким горизонтальным ударом линейки выбьем пластиковое кольцо из-под монеты. Что, по вашему мнению, произойдет с монетой далее? Проанализируйте Рис. 1, в Листе ответов кратко опишите результат данного опыта и обоснуйте его с физической точки зрения. 2. **«Путь частицы»** Частица, движущаяся прямолинейно (Рис. 2) и равноускоренно (равнопеременно), прошла за промежуток времени t_1 путь l_1 , а за промежуток времени $t_2 = 2t_1$ путь $l_2 = 2l_1$. Какой путь l_3 пройдет частица за промежуток времени $t_3 = 3t_1$? Чему будет равна скорость v частицы в этот момент? Начальная скорость $\vec{v}_0$ частицы неизвестна. 3. **«Зеркальный шар»** Луч света падает на поверхность зеркального шара параллельно оси, проходящей через центр этого шара (Рис. 3). После отражения от шара луч поворачивается на угол $\alpha = 100^\circ$. Найдите радиус R шара, если расстояние между падающим лучом и осью $h = 55,5$ мм.

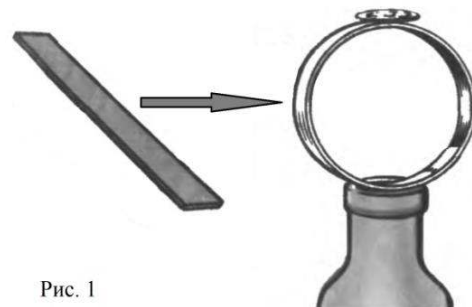


Рис. 1

Решение

Задание 9-1. «Разминка»

1. **«Посмотри и объясни»** На Рис. 1 изображен популярный физический опыт. Вырезанное из пластиковой бутылки кольцо поставили на широкое горлышко пустой бутылки. На вершину кольца положили небольшую монету (или гайку) (см. Рис. 1). Резким горизонтальным ударом линейки выбьем пластиковое кольцо из-под монеты. Что, по вашему мнению, произойдет с монетой далее? Проанализируйте Рис. 1, в Листе ответов кратко опишите результат данного опыта и обоснуйте его с физической точки зрения.

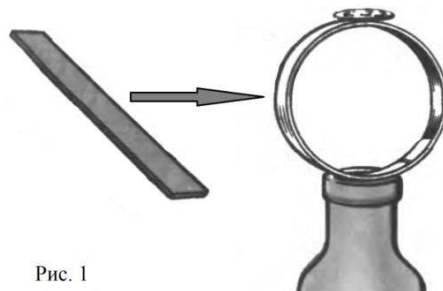


Рис. 1

2. **«Путь частицы»** Частица, движущаяся прямолинейно (Рис. 2) и равноускоренно (равнопеременно), прошла за промежуток времени t_1 путь l_1 , а за промежуток времени $t_2 = 2t_1$

путь $l_2 = 2l_1$. Какой путь l_3 пройдет частица за промежуток времени $t_3 = 3t_1$? Чему будет равна скорость v частицы в этот момент?

3. «Зеркальный шар» Луч света падает на поверхность зеркального шара параллельно оси, проходящей через центр этого шара (Рис. 3). После отражения от шара луч поворачивается на угол $\alpha = 100^\circ$. Найдите радиус R шара, если расстояние между падающим лучом и осью $h = 55,5$ мм.



Рис. 2

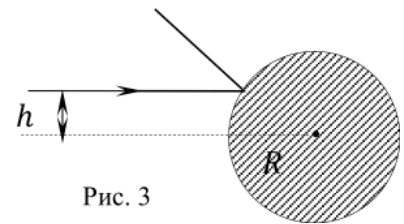


Рис. 3

Возможные решения:

Задание 9-1. «Разминка»

1. «Посмотри и объясни» На Рис. 1 изображен известный опыт по механике, демонстрирующий особенности деформации тела при механическом воздействии.

При горизонтальном ударе линейкой (см. Рис. 1) пластиковое кольцо будет испытывать деформацию сжатия в горизонтальном направлении. Поскольку периметр кольца при ударе остается практически неизменным, то в вертикальном направлении на кольце возникнет «выпуклость».

Эффект «выпуклости», точнее сила реакции $\vec{N}$ со стороны кольца, будет стремиться подбросить монету вверх (см. Рис. 1). Однако, помимо силы реакции, в системе возникнет ещё и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, которая будет двигать монету вперед (см. Рис. 1).

Одновременное действие этих сил (равнодействующая $\vec{F}$ на Рис. 1) подбросит монету вверх и вперед, в результате чего она полетит под некоторым углом к горизонту (см. Рис. 1).

Таким образом, качественный анализ данного физического явления приводит к выводу, что после такого удара линейкой монета опишет параболу и приземлится где-то недалеко на полу (см. Рис. 1).

После теоретического тура олимпиады несложно провести этот забавный эксперимент, и убедиться, что «физика рулит», т.е. монета действительно улетает вперед и вверх, в соответствии с нашими теоретическими выводами (а не предсказаниями!, :)).

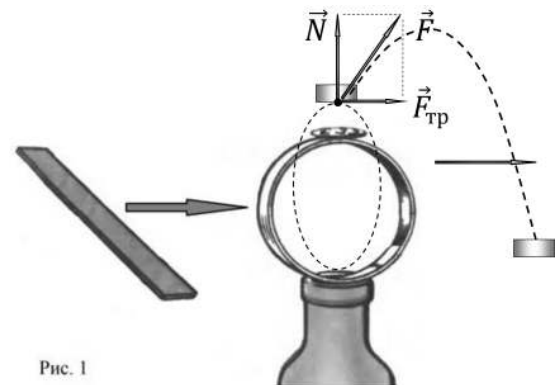


Рис. 1

2. «Путь частицы» Из условия задачи неясно, как «направлено» ускорение a движущейся частицы: «по» её начальной скорости v_0 или «против».

Предположим, что «по», т.е. проекция ускорения на ось начальной скорости положительна ($a > 0$).

Тогда за промежуток времени t_1 частица пройдет путь l_1 , равный

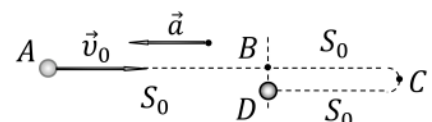


Рис. 2

$$l_1 = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2}. \quad (1)$$

А за промежуток времени $t_2 = 2t_1$ путь

$$l_2 = v_0(2t_1) + \frac{a(4t_1^2)}{2} = 2 \left(v_0 t_1 + 2 \frac{at_1^2}{2} \right). \quad (2)$$

Из (1) и (2) следует, что в этом случае

$$l_2 = 2 \left(v_0 t_1 + 2 \frac{at_1^2}{2} \right) = 2l_1 + at_1^2 > 2l_1. \quad (3)$$

Поскольку неравенство (3) строгое ($a > 0$), то наше исходное предположение неверно, и в данном случае должно быть «против» (Рис. 2), а не «по». Иными словами, ситуация «похожа» на движение камешка, подброшенного вертикально вверх ($a < 0$) с некоторой начальной скоростью v_0 ($v_0 > 0$).

Теперь возникает следующий вопрос: где могут «находиться» моменты времени t_1 и t_2 : на восходящей ветви траектории (движение «вверх») камешка или на нисходящей (движение «вниз»)?

Предположим, что на восходящей. Тогда справедливо равенство

$$l_1 = v_0 t_1 - \frac{at_1^2}{2}, \quad (4)$$

и

$$l_2 = v_0 t_2 - \frac{at_2^2}{2} = 2 \left(v_0 t_1 - 2 \frac{at_1^2}{2} \right). \quad (5)$$

Из (4) – (5) получим

$$t_1 = \frac{2v_0}{3a}. \quad (6)$$

Как следует из (6), $t_2 = 2t_1 = \frac{4v_0}{3a}$, т.е. временная точка t_2 находится уже на нисходящей ветви траектории камешка, поскольку $t_2 > \frac{v_0}{a}$. Получили противоречие, что говорит о несправедливости ранее сделанного предположения. Следовательно, моменты времени t_1 и t_2 оба не могут находиться на восходящей ветви траектории.

Рассмотрим вариант, когда в верхней точке траектории. Тогда момент времени t_1 соответствует верхней точке траектории, т.е.

$$t_1 = \frac{v_0}{a}$$

$$l_1 = \frac{v_0^2}{2a}. \quad (7)$$

Путь, пройденный за промежуток времени $3t_1$ будет в три раза больше пути за промежуток времени t_1 , т.е.

$$t_1 = 3 \frac{2v_0}{3a}. \quad (8)$$

Следовательно, полный путь, пройденный частицей с начала движения будет равен

$$l_3 = 3l_1 + 2l_1 = 5l_1. \quad (9)$$

Соответственно, скорость частицы в этот момент будет равна

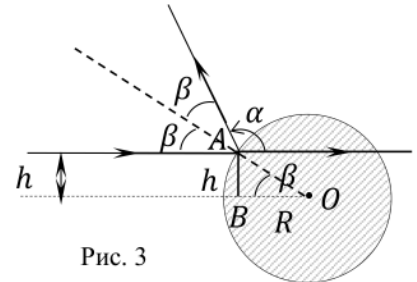
$$v = \frac{4l_1}{t_1}. \quad (10)$$

3. «Зеркальный шар» Пусть световой луч падает на зеркальный шар в точке A (Рис. 3) под углом β и, соответственно, отражается от него тоже под углом β .

Угол поворота светового луча α при отражении от шара есть угол между его начальным и конечным направлениями распространения (см. Рис.3).

Из Рис. 3 следует, что для развернутого угла (светового луча) справедливо равенство

$$\beta + \beta + \alpha = \pi. \quad (1)$$



Из (1) найдем величину угла β падения светового луча на шар

$$\beta = \frac{\pi - \alpha}{2}. \quad (2)$$

Для прямоугольного треугольника AOB справедливо равенство

$$\sin \beta = \frac{h}{R}. \quad (3)$$

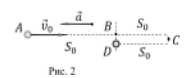
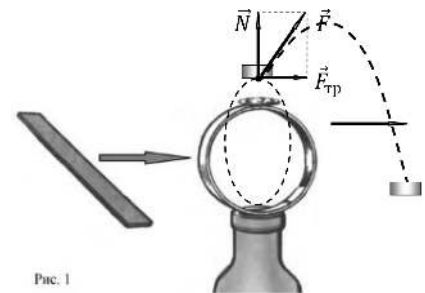
Из (1) – (3) находим

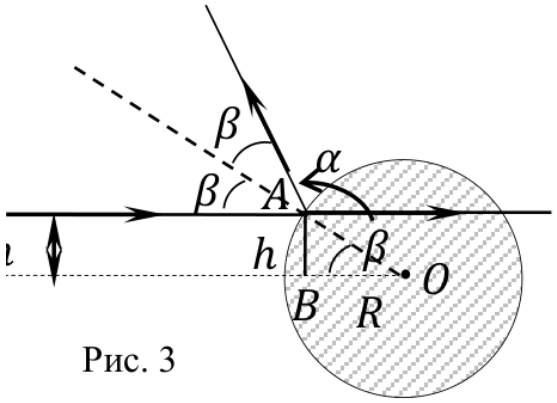
$$\frac{h}{R} = \sin \frac{\pi - \alpha}{2} = \cos \frac{\alpha}{2} \Rightarrow R = \frac{h}{\cos \left(\frac{\alpha}{2} \right)}. \quad (4)$$

Расчет по формуле (4) дает

$$R = \frac{5,55}{\cos\left(\frac{100^\circ}{2}\right)} (\text{мм}) = \{86,34267239\} = 86,3 \text{ мм} . \quad (5)$$

В соответствии с правилами округления (см. данные условия) окончательный ответ приводим с точностью до трех значащих цифр.



ные положения точек на Получено (6) или	3	
е траектории. Получены скорость частицы : $5l_1$,	2	
о, с необходимыми ениями.	2	
 Рис. 3	4	
адения и поворота луча т .	2	
	3	
еугольника	2	
а	3	
сленный ответ (до трех	2	