

Посмотри и объясни

Условие

Задание 10-1. 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 и равноускоренно (равнопеременно), за промежуток времени t_1 прошла путь l_1 , а за промежуток времени $t_2 = 2t_1$ прошла путь $l_2 = 4l_1/3$. Какой путь l_3 пройдет частица за промежуток времени $t_3 = 3t_1$? Чему будет равна скорость v частицы в конце этого промежутка времени? 3. **«Зеркальный шар»** Световой луч AB (Рис. 3) от неподвижного лазера L ориентирован «горизонтально». Зеркальный шар BC радиусом $R = 12$ см движется перпендикулярно световому лучу AB («сверху вниз») со скоростью $v = 1,5$ м/с. При движении зеркального шара отраженный луч поворачивается относительно «неподвижного» падающего луча. Чему равна угловая скорость ω вращения отраженного луча в момент, когда падающий световой луч AB ориентирован вдоль диаметра BC (см. Рис. 3) зеркального шара?

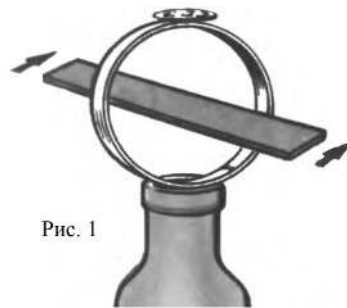


Рис. 1

Решение

Задание 10-1. 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 и равноускоренно (равнопеременно), за промежуток времени t_1 прошла путь l_1 , а за промежуток времени $t_2 = 2t_1$ прошла путь $l_2 = 4l_1/3$. Какой путь l_3 пройдет частица за промежуток времени $t_3 = 3t_1$? Чему будет равна скорость v частицы в конце этого промежутка времени?

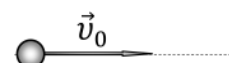
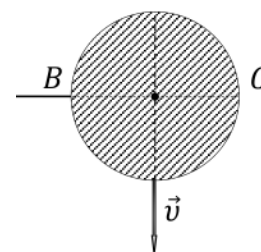


Рис. 2



3. «Зеркальный шар» Световой луч AB (Рис. 3) от неподвижного лазера $\mathcal{L}$ ориентирован «горизонтально». Зеркальный шар радиусом $R = 12$ см движется перпендикулярно световому лучу AB («сверху вниз») со скоростью $v = 1,5$ м/с. При движении зеркального шара отраженный луч поворачивается относительно «неподвижного» падающего луча. Чему равна угловая скорость ω вращения отраженного луча в момент, когда падающий световой луч AB ориентирован вдоль диаметра BC (см. Рис. 3) зеркального шара?

Возможные решения:

Задание 10-1. «Разминка»

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

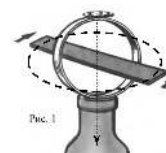


Рис. 1

При горизонтальном ударе линейкой «изнутри» пластиковое кольцо будет испытывать деформацию растяжения в горизонтальном направлении (см. Рис. 1). Поскольку периметр кольца при ударе остается практически неизменным, то в вертикальном направлении кольцо фактически мгновенно «сожмется» (см. Рис. 1).

Эффект быстрого сжатия легкого пластикового кольца приведет к тому, что монета на мгновение «зависнет» в воздухе и «оторвется» от поверхности кольца.

За это «мгновение» кольцо улетит вместе с линейкой по горизонтали, а монета свободно упадет в бутылку и окажется на ее дне.

Таким образом, качественный анализ данного физического явления приводит к выводу, что после удара линейкой «изнутри» монета практически свободно упадет в бутылку (см. Рис. 1).

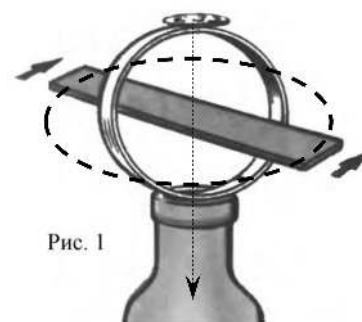


Рис. 1

После теоретического тура несложно провести этот забавный эксперимент, и убедиться, что «физика рулит», т.е. монета в данном случае действительно окажется на дне бутылки, в полном соответствии с нашими теоретическими выводами (а не предсказаниями!, :)).

Как видим, результат этого опыта существенно отличается от варианта горизонтального удара «со стороны» (см. Задание 9-1.), когда монета улетела по параболе.

Наблюдаемое различие результатов опыта объясняется различными направлениями деформации пластикового кольца при различных точках приложения горизонтального удара (удар «изнутри», удар «снаружи»). В зависимости от направления деформации кольца в системе возникают различающиеся силы, логично приводящие к различным механическим движениям монеты в пространстве.

2. «Путь частицы» Поскольку путь частицы за второй промежуток времени t_1 уменьшается (в три раза), то понятно, что ускорение a движущейся частицы «направлено против» её начальной скорости v_0 . Тогда для промежутка времени t_1 справедливо равенство

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

Аналогично для промежутка времени $t_2 = 2t_1$ имеем

$$l_2 = \frac{4l_1}{3} = 2v_0 t_1 - 2at_1^2. \quad (2)$$

Избавляясь от l_1 в системе уравнений (1) – (2), получим выражение ($t_1 = 0$ отбрасываем)

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

Тогда для скорости частицы в момент времени $2t_1$ имеем

$$v(2t_1) = v_0 - at = v_0 - 2a \frac{v_0}{2a} = 0. \quad (4)$$

Из (4) следует, что через промежуток времени $t = 2t_1$ частица остановится и далее начнет движение «назад». Следовательно, за третий промежуток времени t_1 частица пройдет такой же путь, как и за второй ($\frac{l_1}{3}$), только «в другую сторону».

Теперь легко сообразить, что её путь за промежуток времени $3t_1$ частица пройдет путь

$$l_3 = l_2 + \frac{l_1}{3} = \frac{5l_1}{3}. \quad (5)$$

Скорость частицы в конце движения (на третьем промежутке времени) найдем из равенств

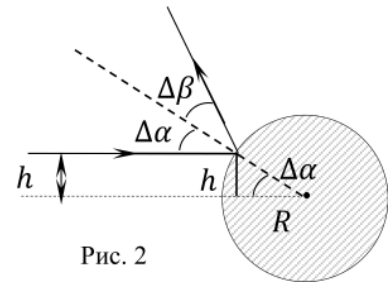
$$\frac{l_1}{3} = \frac{0 + v}{2} t_1 \implies v = \frac{2l_1}{3t_1}. \quad (6)$$

3. «Зеркальный шар» Согласно принципу относительности Галилея (Эйнштейна), все инерциальные системы отсчета (ИСО) тождественны в том смысле, что решать задачу можно в любой из них.

В данном случае удобно перейти в инерциальную систему отсчета, связанную с движущимся шаром. В ней шар будет «покоится», а лазер (и луч AB) – двигаться «снизу вверх» с постоянной скоростью v .

При прохождении падающего луча через диаметр BC отраженный луч будет совпадать с падающим лучом.

За малый промежуток времени Δt лазер сместится по вертикали на малое расстояние (Рис. 2)



$$h = v\Delta t. \quad (1)$$

При этом нормаль к шару повернется на малый угол (угол падения)

$$\Delta\alpha = \frac{h}{R} = \frac{v\Delta t}{R}. \quad (2)$$

Поскольку угол отражения $\Delta\beta$ равен углу падения $\Delta\alpha$ (закон отражения света), отраженный луч за это время повернулся на угол

$$\Delta\varphi = \Delta\alpha + \Delta\beta = 2\Delta\alpha = \frac{2h}{R} = \frac{2v\Delta t}{R}. \quad (3)$$

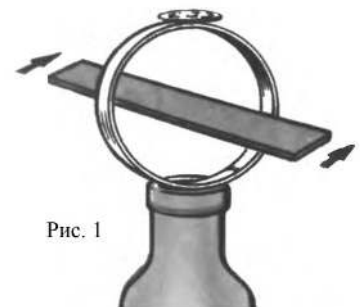
Соответственно, угловая скорость отраженного луча за время поворота

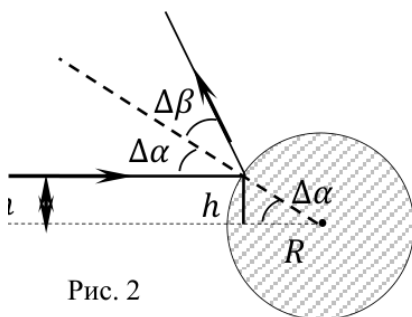
$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \frac{2v\Delta t}{R\Delta t} = \frac{2v}{R}. \quad (4)$$

Расчет по (4) дает

$$\omega = \frac{2 \cdot 1,5}{0,12} \left(\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right) = 25 \text{ рад/с}. \quad (5)$$

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



ни $2t_1$ $= 0$.	2	
	2	
.	3	
перейти в систему уч лазера движется	2	
 Рис. 2	4	
уток времени Δt	2	
МЯ	2	
га $\Delta\varphi$ отраженного	2	
$\frac{2v\Delta t}{R}$.		
уча (4)	2	
	2	
необходимыми	2	
Всего за решением	42	Σ

