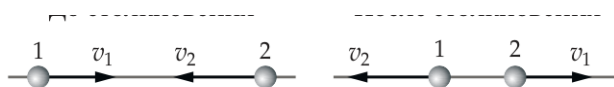


МОШ, 2020/21, заключительный этап, 8 класс

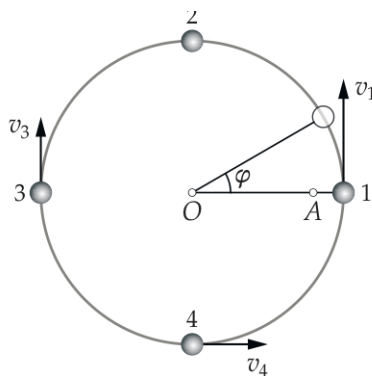
Условия, ответы и решения

1 Кольцо с бусами

Известно, что упругие бусинки одинаковой массы, насаженные на горизонтальную спицу, по которой они могут скользить без трения, в процессе столкновения обмениваются скоростями, что схематично иллюстрирует рисунок ниже.



Пусть на гладкое, расположенное в горизонтальной плоскости кольцо радиусом 1 м, насажены 4 упругие бусинки одинаковой массы (рис. ниже). Положение любой бусинки в любой момент времени определяется углом φ , который отсчитывается от линии OA против часовой стрелки и может принимать значения от 0° до 360° . В нулевой момент времени углы, задающие положение бусинок на кольце, равны: $\varphi_1(0) = 0$, $\varphi_2(0) = 90^\circ$, $\varphi_3(0) = 180^\circ$ и $\varphi_4(0) = 270^\circ$. Скорости бусинок в нулевой момент равны: $v_1 = 2\pi$ м/с, $v_2 = 0$, $v_3 = \pi$ м/с, $v_4 = \pi$ м/с и направлены так, как показано на рисунке.



- А1) Если бы второй и четвёртой бусинок не было, то как выглядел бы график зависимости угла $\varphi_3(t)$, определяющего положение третьей бусинки, от времени для первых двух секунд движения? (1 балл)

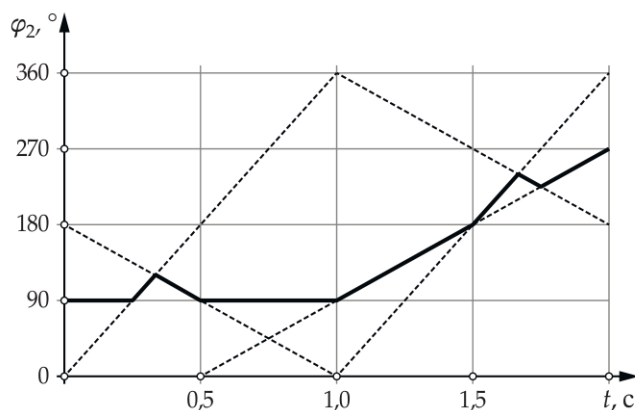
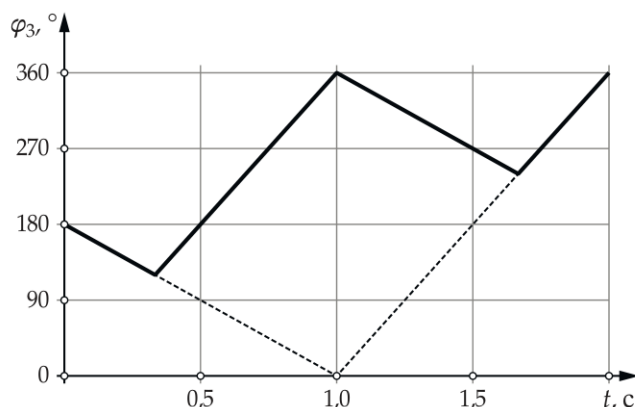
А2) Изобразите график зависимости угла $\varphi_2(t)$, определяющего положение второй бусинки, от времени для первых двух секунд движения (на кольце четыре бусинки). (3 балла)
- В какой точке кольца будет находиться через 2 секунды после начала движения первая бусинка? Сколько столкновений она испытает за это время? (2 балла)
- Верно ли, что углы, характеризующие положение бусинок, а также скорости бусинок через некоторое время T будут такими же, как в начальный момент? Если да, то найдите время T . (5 баллов)

Подсказка

При столкновении бусинки обмениваются скоростями, поэтому набор скоростей на кольце всё время тот же, а меняются лишь «имена» бусинок. Следите за тем, как движутся не сами бусинки, а «скорости».

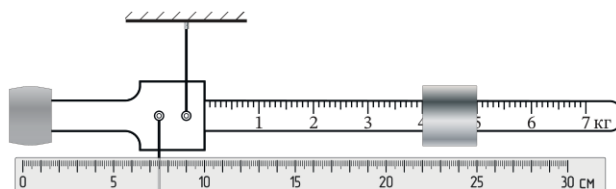
Ответ

А) искомые графики $\varphi_3(t)$ и $\varphi_2(t)$ показаны ниже сплошными линиями (штриховые — движение без учёта столкновений); Б) 180° , 7 столкновений; В) верно, $T = 4$ с.

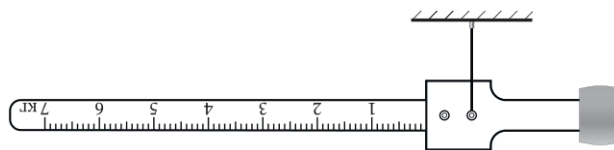


2 Безмен

Безмен — это ручные весы для взвешивания грузов небольшой массы. Один из вариантов конструкции безмена можно видеть на рисунке. Безмен состоит из металлического коромысла, закреплённого на коромысле противовеса (на левом конце коромысла) и подвижной гири (справа). На крючок подвешивается груз, массу которого надо узнать, а положение гири подбирается таким образом, чтобы в равновесии коромысло располагалось горизонтально. Показания безмена, изображённого на рисунке, равны 4 кг. Рядом с ним находится сантиметровая линейка.



Известно, что если с этого безмена снять гирию и подвесить его за ось, к которой был привязан крючок, иначе говоря, перевернуть (рис. ниже), то в положении равновесия коромысло будет располагаться горизонтально.



Определите по этим данным массу гири m и массу M остальной конструкции (безмена без гири и взвешиваемого груза).

Подсказка

Запишите правило моментов относительно точки подвеса для двух положений гири (с разными грузами на крючке), а положение центра тяжести безмена без гири найдите из второго рисунка.

Ответ

$m = 0,5 \text{ кг}$, $M \approx 0,83 \text{ кг}$.

3 Про электросамокат

В электросамокате в качестве источника энергии используется батарея литий-ионных аккумуляторов. При помощи специального устройства, которое называется контроллером, и мотора электрическая энергия, запасённая в аккумуляторе, преобразуется в механическую работу без потерь. Можно считать, что при движении с постоянной скоростью вся механическая работа совершается мотором самоката против силы сопротивления воздуха, которая пропорциональна квадрату скорости самоката. Уровень заряда батареи пропорционален электрической энергии, запасённой в аккумуляторе.

При движении на самокате со скоростью 15 км/ч по горизонтальной дороге уровень заряда батареи уменьшается от 80% до 70% за 20 минут. За какое время произойдёт такое же уменьшение заряда батареи, при движении со скоростью $18,9 \text{ км/ч}$ по той же дороге на том же самокате того же самого человека, что и в первом случае?

Пояснение. Когда мы говорим «работа совершается против силы сопротивления воздуха», то имеем в виду, что работа сил, заставляющих самокат двигаться, равна по абсолютной величине работе силы сопротивления.

Подсказка

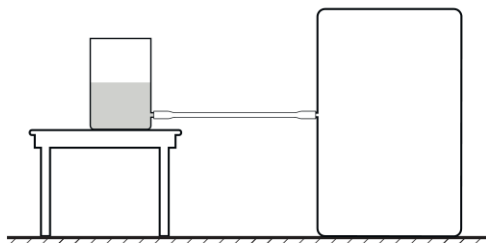
Работа против силы сопротивления за время t равна Fvt , а $F \propto v^2$. Расходуемая энергия в обоих случаях одна и та же.

Ответ

Примерно 20 минут.

4 Предложите конструкцию

На столе стоит цилиндрический сосуд с вертикальными стенками, заполненный водой примерно наполовину. Площадь сечения сосуда равна $S = 400 \text{ см}^2$, внизу сосуда имеется штуцер, к которому присоединён горизонтально расположенный шланг. Другой конец шланга соединён со штуцером «чёрного ящика», в котором находится неизвестное устройство (см. рисунок).



Неизвестное устройство действует следующим образом. Если в сосуд доливают немного воды (Δm порядка 100 г), уровень жидкости в сосуде опускается (!) по сравнению с первоначальным. Если же после этого из сосуда зачерпывают такую же порцию воды, то уровень поднимается до первоначальной высоты. Предложите конструкцию устройства, которое может находиться внутри чёрного ящика. Изобразите схему устройства и коротко объясните принцип его работы.

Известно, что в конструкции устройства используется некоторое оборудование из следующего списка: цилиндрический сосуд — такой же, как на столе, нерастяжимые нити, пружина жёсткостью $k = 300 \text{ Н/м}$, набор грузов разных масс, резиновый шланг с внутренним диаметром, соответствующим диаметру штуцера на стенке ящика. Все грузы и сосуд снабжены крючками, которые могут быть использованы для крепления нитей и пружины. Крепления для нитей и пружины имеются также на потолке и стенах ящика.

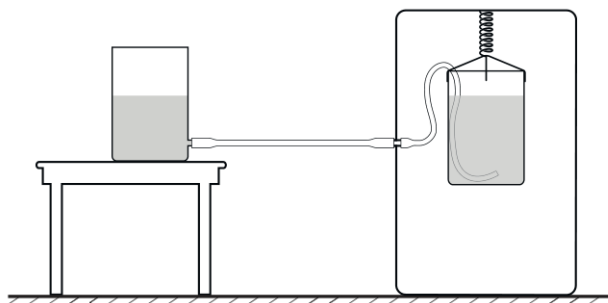
Плотность воды и ускорение свободного падения равны: $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ и $g = 10 \text{ Н/кг}$.

Подсказка

Уровень в сосуде на столе определяется давлением у штуцера, то есть уровнем воды в сосуде внутри ящика (сообщающиеся сосуды). Как сделать так, чтобы этот внутренний уровень падал при доливании воды снаружи? Обратите внимание на пружину.

Ответ

Схема одного из вариантов конструкции, которая могла бы содержаться в чёрном ящике, изображена на рисунке. При помощи ниток и крючков сосуд с водой подвешивается на пружине к потолку чёрного ящика. Гибкий шланг одним концом присоединяется к штуцеру. Другой конец шланга погружается в воду. Из обоих шлангов предварительно удаляется воздух.



Источник: Московская олимпиада школьников по физике, 2020/21, заключительный этап, 8 класс — условия, решения. Задачи перенабраны на botay.pro, решения — по официальным.