

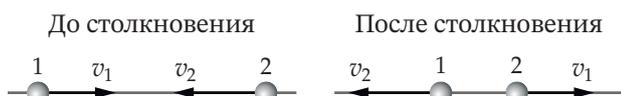


## Условия задач, авторские решения и критерии оценивания

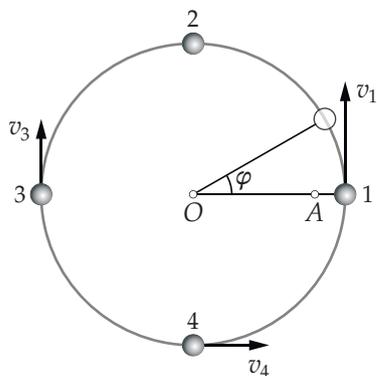
### 1. Кольцо с бусами (11 баллов)

Крюков П. А.

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  $\varphi$ , который отсчитывается от линии  $OA$  против часовой стрелки и может принимать значения от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ . 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.



**А. 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).

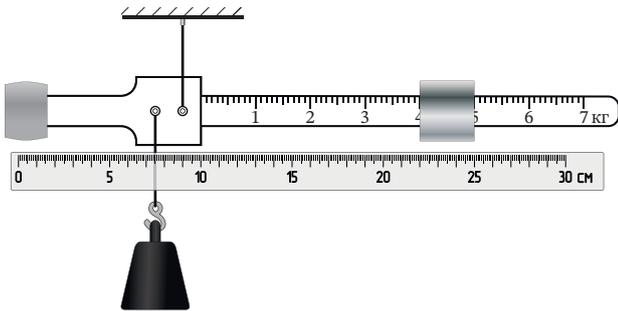
**В.** В какой точке кольца будет находиться через 2 секунды после начала движения первая бусинка? Сколько столкновений она испытает за это время? (2 балла)

**С.** 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)

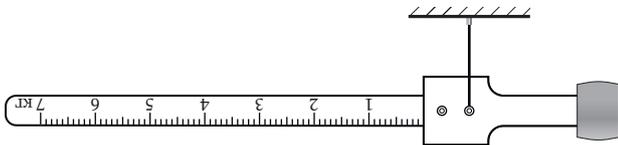
**2. Безмен** (8 баллов)

Ромашка М. Ю.

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).

**3. Про электросамокат** (6 баллов)

Ромашка М. Ю., Крюков П. А.

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 км/ч по той же дороге на том же самокате того же самоката человека, что и в первом случае?

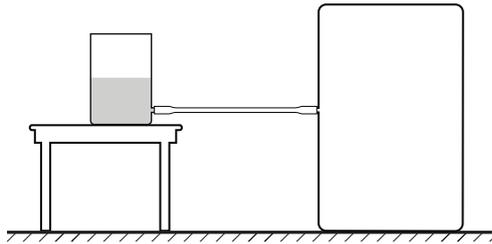
*Пояснение.* Когда мы говорим «работа совершается против силы сопротивления воздуха», то имеем в виду, что работа сил, заставляющих самокат двигаться, равна по абсолютной величине работе силы сопротивления.

**4. Предложите конструкцию** (10 баллов)

Бычков А. И.

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 ко-

торому 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 ( $\Delta m$  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  $k = 300$  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:  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup> и  $g = 10$  Н/кг.