

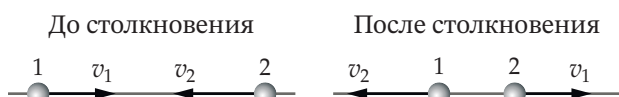


## Условия задач, авторские решения и критерии оценивания

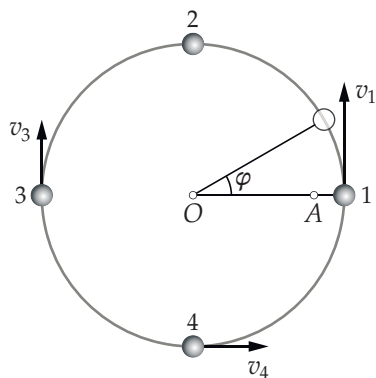
### 1. Кольцо с бусами (11 баллов)

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.



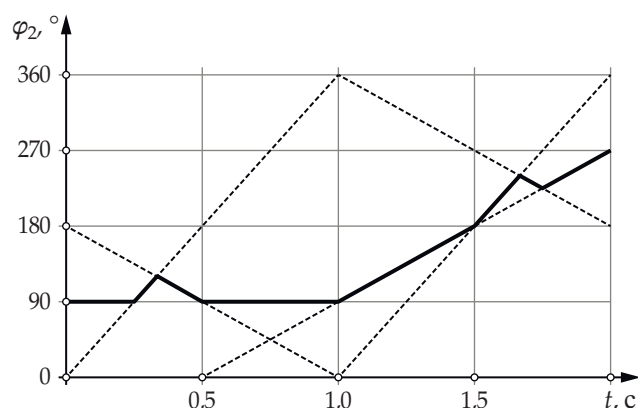
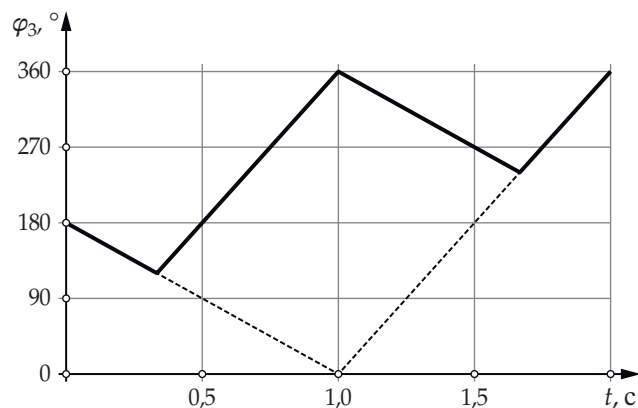
**А. А1)** Если бы второй и четвертой бусинок не было, то как выглядел бы график зависимости угла  $\varphi_3(t)$ , определяющего положение третьей бусинки, от времени для первых двух секунд движения? (1 балл)

**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)

**Ответ:** А) Искомые графики изображены на рисунках ниже линиями чёрного цвета; В)  $180^\circ$ , 7 столкновений; С) верно,  $T = 4$  с.



### Критерии

При выставлении баллов за решения, представленные школьниками, предлагается ориентироваться на распределение баллов, данное в формулировке задачи, учитывая следующие соображения.

Не важно каким образом получен график или численный ответ. Верный ответ должен оцениваться полным баллом, если предшествующие ответу рассуждения выглядят непротиворечиво.

Если в ответе на вопрос п. А2) верно изображено не менее половины графика — 1,5 балла.

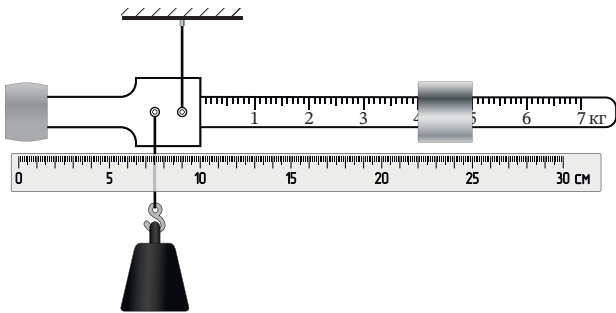
Каждый из ответов на вопросы части **В** оценивается в 1 балл.

В части **С** утвердительный ответ на первый вопрос при наличии доказательства утверждения оценивается в 2 балла. Правильное вычисление периода, таким образом, оценивается в 3 балла, при этом вычислительные ошибки приводят к снижению балла за расчёт периода на 50 %.

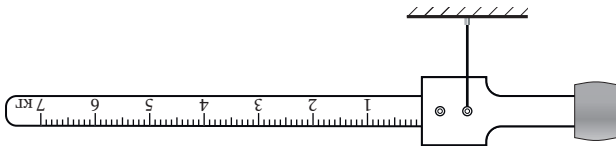
**2. Безмен** (8 баллов)

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).

Ответ:  $m = 0,5$  кг,  $M \approx 0,83$  кг.

**Критерии**

Правильные ответы, подкреплённые непротиворечивыми, доказательными рассуждениями, оцениваются полным баллом, даже если решение отличается от авторского. Промежуточные результаты, полученные в процессе решения, предлагается оценивать по схеме, изложенной ниже.

Найдено положение по горизонтали центра тяжести безмена без гири и груза — 2 балла.

Правильно указывается положение центра тяжести гири — 1 балл.

Правильно записаны два уравнения моментов для двух произвольных масс груза и соответствующих положений гири — 4 балла. Если правильно записано только одно уравнение моментов — 2 балла.

Получены верные числовые ответы — 1 балл.

Рекомендуется не учитывать распространение ошибки при определении положения центра тяжести гири на полученные в результате ответы.

**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 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.

Ответ:  $\approx 20$  мин.

**Критерии**

Правильные ответы, подкреплённые непротиворечивыми, доказательными рассуждениями, оцениваются полным баллом, даже если решение отличается от авторского. Промежуточные результаты, полученные в процессе решения, предлагается оценивать по схеме, изложенной ниже.

Приводится формула  $A = FS$  для работы силы  $F$  — 1 балл.

Устанавливается, что работа, совершаемая мотором самоката против силы сопротивления воздуха за время  $t$ , пропорциональна  $v^3 t$  — 3 балла.

Найден правильный числовой ответ — 2 балла.

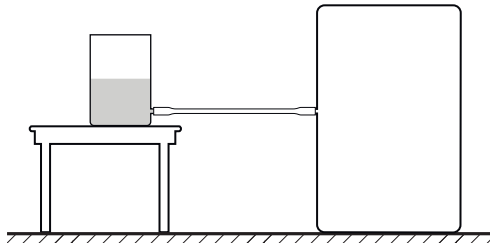
Оценка за любые разумные рассуждения выставляется на усмотрение проверяющего на основе схемы распределения баллов, изложенной выше.

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

Бычков А. И.

На столе стоит цилиндрический сосуд с вертикальными стенками, заполненный водой примерно наполовину. Площадь сечения сосуда равна  $S = 400$  см<sup>2</sup>, 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).

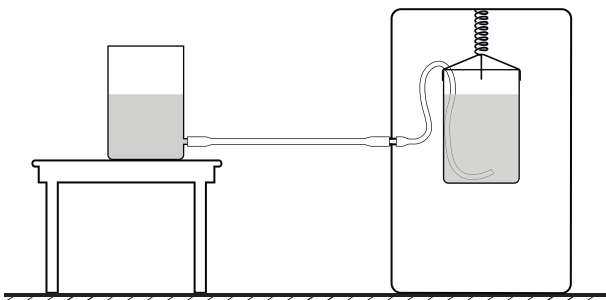


Неизвестное устройство действует следующим образом. Если в сосуд доливают немного воды ( $\Delta m$  порядка 100 г), уровень жидкости в сосуде опускается (!) по сравнению с первоначальным. Если же после этого из сосуда зачерпывают такую же порцию воды, то уровень поднимается до первоначальной высоты. 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.

**Ответ:** Схема одного из вариантов конструкции, которая могла бы содержаться в чёрном ящике, изображена на рис. ниже. 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.



### Критерии

Любые решения задачи, удовлетворяющие условиям, подкреплённые непротиворечивыми,

доказательными рассуждениями, оцениваются полным баллом, даже если решение отличается от авторского. В случае схожего с авторским решения, промежуточные результаты предлагается оценивать по схеме, изложенной ниже.

Изображена схема конструкции устройства, работающего в соответствии с условиями задачи, — 4 балла.

Приводится физически верное объяснение принципа работы устройства на качественном уровне — 3 балла.

Доказывается, что использование пружины из предоставленного набора оборудования обеспечивает работу устройства в соответствии с условиями задачи — 3 балла.

Рассуждения и результаты в решениях, отличающихся от авторского, оцениваются на усмотрение проверяющего.