

Всероссийская олимпиада школьников 2016-2017
физика (муниципальный этап)
Калининград,
8 класс

Общее время выполнения работы – 3 часа.

Максимальное количество баллов - 40

При выполнении работы можно пользоваться непрограммируемым калькулятором.

ЗАДАЧА 1. (10 баллов)

По трем параллельным путям железной дороги едут три поезда, первый и второй поезд в одну сторону, а третий - им навстречу. Скорость первого поезда v_1 в два раза больше, чем скорость третьего поезда. Коля и Саша сидят во втором поезде и смотрят в противоположные окна. Коля наблюдает, как его обгоняет первый поезд: за некоторый промежуток времени t мимо него проходят шесть вагонов первого поезда. Перед Сашей за этот промежуток времени проходят три вагона третьего поезда. Длина вагонов у всех трех поездов одинакова и равна L . Найдите скорость второго поезда.

РЕШЕНИЕ.

Скорость первого поезда относительно второго равна

$$v_1 - v_2 = 6L/t, \quad (1)$$

где v_1, v_2, v_3 - скорости трех поездов соответственно, L – длина вагона, t – время наблюдения.

Скорость третьего поезда относительно второго равна

$$v_3 + v_2 = 3L/t. \quad (2)$$

Так как по условию: $v_1 = 2 v_3$, то из уравнений (1), (2) легко получить, что второй поезд стоит на месте и $v_2 = 0$.

ОТВЕТ: $v_2 = 0$

Критерии оценки задачи № 1:

1	Получено выражение скорости первого поезда относительно второго (1)	3
2	Получено выражение скорости третьего поезда относительно второго (2)	3
3	Получено выражение значение v_2	4

ЗАДАЧА 2. (10 баллов)



Доска длиной l одним концом лежит на цилиндре радиуса R , а другой конец удерживается человеком. Человек начинает толкать доску вперед, вследствие чего цилиндр катится без проскальзывания. Какой путь должен пройти человек, чтобы второй конец доски оказался над осью цилиндра?

РЕШЕНИЕ.

Допустим, что цилиндр сделает n оборотов, прежде чем второй конец доски окажется над осью цилиндра. Тогда $l = 2\pi Rn$. За это же время ось цилиндра тоже переместится на расстояние $2\pi Rn = l$. Следовательно, человек должен пройти путь, равный $2l$.

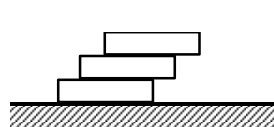
ОТВЕТ: $2l$

Критерии оценки задачи № 2:

1	Установлено соотношение между длиной доски, длиной окружности цилиндра и количеством оборотов цилиндра	4
2	Получено выражение перемещения оси цилиндра	4
3	Получено значение пути человека	2

ЗАДАЧА 3. (10 баллов)

Крокодил Гена решил сложить лестницу из кирпичей, складывая их в стопку на горизонтальной поверхности земли со смещением в одном направлении по отношению



друг к другу на величину $\frac{L}{N}$, N – целое число, L – длина кирпича

(см.рис.) Сколько кирпичей максимально ему удастся сложить, прежде чем лестница опрокинется?

РЕШЕНИЕ.

Выберем систему координат посередине первого кирпича(рис.2.1). Лестница опрокинется, если координата x_0 центра масс кирпичей, лежащих на нижнем кирпиче,

выйдет за основание, т.е. когда $x_0 \geq \frac{L}{2}$ (знак равенства

соответствует неустойчивому равновесию).

Координаты центров масс кирпичей

$$x_1 = \frac{L}{N}, \quad x_2 = 2 \frac{L}{N}, \quad \dots \quad x_n = n \cdot \frac{L}{N}.$$

Тогда результирующий момент силы тяжести

$$nm gx_0 = mgx_1 + mgx_2 + \dots + mgx_n$$

Откуда координата x_0 центра масс кирпичей

$$x_0 = \frac{x_1 m + x_2 m + \dots + x_n m}{mn} = \frac{L}{Nn} (1 + 2 + \dots + n) = \frac{L}{Nn} \frac{n(n+1)}{2} = \frac{L}{N} \frac{(n+1)}{2}$$

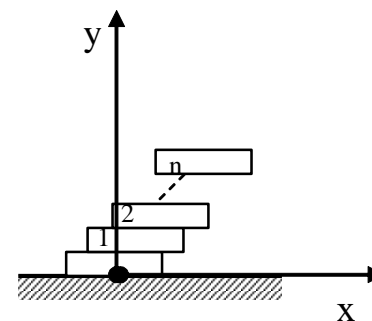


Рис.2

При неустойчивом равновесии $x_0 = \frac{L}{2}$, откуда $n=N-1$.

ОТВЕТ: максимальное число кирпичей в конструкции N .

Критерии оценки задачи № 3:

1	Получены координаты центра масс отдельных кирпичей	2
2	Записано выражение для результирующего момента силы тяжести	2
3	Получено выражение координаты центра масс всей стопки x_0	2
4	Найдено значение $n=N-1$	2

5	Определено полное число кирпичей в стопке	2
---	---	---

ЗАДАЧА 4. (10 баллов)

В калориметр налито $m_1 = 2$ кг воды при $t_1 = +5^\circ\text{C}$ и положен кусок льда массы $m_2 = 5$ кг при $t_2 = -40^\circ\text{C}$. Определите температуру содержимого калориметра после установления теплового равновесия. Теплоемкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c_1 = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К), удельная теплоемкость льда $c_2 = 2,1 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К) и удельная теплота плавления льда равны $\lambda = 3,3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

РЕШЕНИЕ.

В начале в калориметре будут происходить следующие два разнонаправленных процесса: охлаждение воды и нагревание льда. Дальнейшее зависит от того, какая из субстанций – лед или вода – первой достигнет температуры фазового перехода и затем либо вода, остывшая до температуры фазового перехода $t = 0^\circ\text{C}$, будет превращаться в лед, отдавая тепло на нагревание куска льда, либо кусок льда, достигший $t = 0^\circ\text{C}$, начнет таять, получая тепло от остывшей воды. Чтобы определить, каким путем устанавливается равновесия, посчитаем количество теплоты Q_1 , необходимое для охлаждения воды до $t = 0^\circ\text{C}$

$$Q_1 = m_1 c_1 (t_1 - t) = 4,2 \cdot 10^4 \text{ Дж}, \quad (1)$$

и количество теплоты Q_2 , необходимое для нагревания льда до $t = 0^\circ\text{C}$

$$Q_2 = m_2 c_2 (t - t_2) = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Дж}. \quad (2)$$

Сравнивая Q_1 и Q_2 , заключаем, что первой остынет вода и начнет замерзать, отдавая тепло на нагревание льда.

Количество замерзшей воды Δm найдем из условия теплового баланса

$$Q_2 = m_1 c_1 (t_1 - t) + \Delta m \cdot \lambda. \quad (3)$$

В правой части этого уравнения второе слагаемое – количество теплоты, выделившееся при замерзании воды массой Δm .

Отсюда $\Delta m \approx 1,15$ кг.

Таким образом, при нагревании куска льда до $t = 0^\circ\text{C}$ замерзнет только часть налитой в калориметр воды, и в калориметре будет находиться $m'_2 = m_2 + \Delta m \approx 6,15$ кг льда и $m'_1 = m_1 - \Delta m = 0,85$ кг воды при температуре $t = 0^\circ\text{C}$. Следовательно, температура содержимого калориметра составит $t = 0^\circ\text{C}$.

ОТВЕТ: $t = 0^\circ\text{C}$.

Критерии оценки задачи № 4:

1	Записано выражение и получено значение Q_1	2
2	Записано выражение и получено значение Q_2	2
3	Записано уравнение теплового баланса	2
4	Найдено значение Δm	2
5	Определена температура после установления теплового равновесия	2