

**Всероссийская олимпиада школьников 2021-2022**

**физика ( муниципальный этап )**

**Калининград,**

**8 класс**

Общее время выполнения работы – **3 часа**.

Максимальное количество баллов – **40 баллов**

При выполнении работы можно пользоваться непрограммируемым калькулятором.

**ЗАДАЧА 1. "Саша и Маша" (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. Саша и Маша сидят во втором поезде и смотрят в противоположные окна. Саша наблюдает, как его обгоняет первый поезд: за некоторый промежуток времени  $t$  мимо него проходят шесть вагонов первого поезда. Перед Машей 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  $v_2 = 0$ .

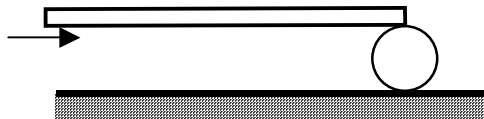
**ОТВЕТ:**  $v_2 = 0$

Критерии оценивания 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. "Эквилибрист" (10 баллов)



Доска длиной  $l$  одним концом лежит на цилиндре радиуса  $R$ , а другой конец удерживается человеком. Устанавливая конструкцию, эквилибрист начинает толкать доску вперед,

вследствие чего цилиндр катится без проскальзывания. Какой путь должен пройти эквилибрист, чтобы второй конец доски оказался над осью цилиндра?

РЕШЕНИЕ.

Допустим, что цилиндр делает  $n$  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  $2l$ .

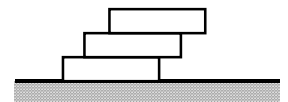
ОТВЕТ:  $2l$

Критерии оценивания 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 эквилибриста	2

### ЗАДАЧА 3. "Гена строит дом" (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.). Лестница опрокинется, если координата  $x_0$  центра масс кирпичей, лежащих на нижнем кирпиче, выйдет за основание, т.е.

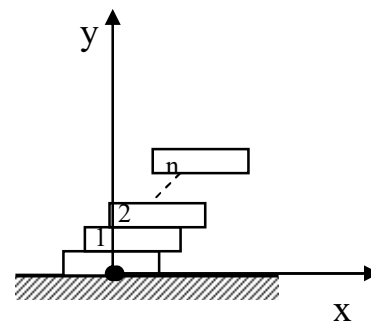


Рис.

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

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

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

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

ОТВЕТ: максимальное число кирпичей в конструкции  $N$ .

Критерии оценивания 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. "Умка" (10 баллов)

Умка любит умываться холодной водой. В ведёрко он налил  $V_1 = 2$  л воды при  $t_1 = +5^\circ\text{C}$  и положил кусок льда массы  $m_2 = 5$  кг при  $t_2 = -40^\circ\text{C}$ . Водой какой температуры умывается Умка после установления теплового равновесия содержимого ведёрка. Теплоемкостью ведёрка 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, плотность воды  $\rho = 1$  г/см<sup>3</sup>.

#### 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 равновесие, посчитаем количество теплоты  $Q_1$ , необходимое для охлаждения воды до  $t = 0^\circ\text{C}$ :

масса воды  $m_1 = \rho V_1 = 2$  кг ,

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

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

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

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

Количество замерзшей воды  $\Delta m$  найдем из условия теплового баланса

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

В правой части этого уравнения второе слагаемое – количество теплоты, выделившееся при замерзании воды массой  $\Delta m$ .

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 оценивания 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 $\Delta m$	2
5	Определена температура после установления теплового равновесия	2