

**Заключительный (очный) этап научно-образовательного соревнования
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по профилю «Инженерное дело» специализации
«Техника и технологии» (общеобразовательный предмет физика), весна 2019 г.
8 класс**

Вариант 2

- 1. (13 баллов)** К сосуду, в котором находится смесь воды и льда в соотношении 1:2 соответственно, прикладывают количество теплоты, такое, что ко времени t смесь получает $Q(t) = 2,25 \cdot t^2$ Дж. Найдите время, за которое вся смесь испарится, если её масса 1,5 кг. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/кг·°С, удельная теплота плавления льда $3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплота парообразования воды $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Ответ выразите в минутах и округлите до целых.
- 2. (21 баллов)** Каким должен быть зазор между рельсами длиной 25 метров, чтобы при нагреве с 20 до 60 градусов Цельсия рельсы полностью его заместили? При нагреве на 1 градус рельсы увеличиваются в длине в $(1+12 \cdot 10^{-6})$ раз, плотность стали при 20°С 7850 кг/м³, один метр рельса весит 65 кг. Ответ выразите в миллиметрах и округлите до целых.
- 3. (18 баллов)** Газовый котёл сжигает 0,5 м³ природного газа за 1 час, при этом температура стен дома повышается с 19 до 22 градусов Цельсия. Определите среднюю теплоёмкость дома массой 50 т без учёта потерь и нагрева воздуха. Удельная теплота сгорания природного газа $4 \cdot 10^7$ Дж/кг, плотность природного газа 0,75 кг/м³. Ответ дайте в Дж/кг·°С и округлите до целых.
- 4. (18 баллов)** Чугунный кубик вывели на орбиту Венеры и расположили так, что только одна его грань освещена Солнцем. На таком расстоянии от Солнца каждый квадратный метр абсолютно чёрного тела, расположенного перпендикулярно направлению солнечных лучей, поглощает 2600 Вт солнечной энергии; при этом каждый квадратный метр абсолютно чёрного тела излучает тепловую энергию по закону: $N = \sigma \cdot T^4$, где N – выделяемая мощность в ваттах, T – температура в кельвинах, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт·К⁻⁴. Определите, до какой температуры нагреется кубик. Ответ дайте в градусах Цельсия и округлите до целых.

Вариант 2.

1. (13 баллов) К сосуду, в котором находится смесь воды и льда в соотношении 1:2 соответственно, прикладывают количество теплоты, такое, что ко времени t смесь получает $Q(t) = 2,25 \cdot t^2$ Дж. Найдите время, за которое вся смесь испарится, если её масса 1,5 кг. Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/кг·°С, удельная теплота плавления льда $3,4 \cdot 10^5$ Дж/кг, удельная теплота парообразования воды $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

Возможное решение:

Выразим количество теплоты, которое получит смесь воды и льда к моменту времени τ , когда вся смесь испарится, через затраты на плавление льда, нагрев и испарение всей воды:

$$Q = 2,25\tau^2 = m_{\text{л}}\lambda_{\text{л}} + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})c_{\text{в}}\Delta T + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})r_{\text{в}}$$

откуда выразим τ :

$$\tau = \sqrt{\frac{m_{\text{л}}\lambda_{\text{л}} + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})c_{\text{в}}\Delta T + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})r_{\text{в}}}{2,25}} \approx 1402 \text{ с} \approx 23 \text{ мин}$$

2. (21 баллов) Каким должен быть зазор между рельсами длиной 25 метров, чтобы при нагреве с 20 до 60 градусов Цельсия рельсы полностью его заместили? При нагреве на 1 градус рельсы увеличиваются в длине в $(1+12 \cdot 10^{-6})$ раз, плотность стали при 20°C 7850 кг/м³, один метр рельса весит 65 кг. Ответ выразите в миллиметрах и округлите до целых.

Возможное решение:

Увеличение длины рельса при нагреве на ΔT составит:

$$\Delta l = l \cdot k \cdot \Delta T - l$$

При этом увеличение длины у каждого рельса происходит равномерно в обе стороны, и зазоры размещены с обеих сторон; то есть половина увеличения длины рельса должна соответствовать половине длины зазора, а искомая длина зазора и есть Δl :

$$\Delta l = l \cdot k \cdot \Delta T - l \approx 12 \text{ мм}$$

3. (18 баллов) Газовый котёл сжигает 0,5 м³ природного газа за 1 час, при этом температура стен дома повышается с 19 до 22 градусов Цельсия. Определите среднюю удельную теплоёмкость дома массой 50 т без учёта потерь и нагрева воздуха. Удельная теплота сгорания природного газа $4 \cdot 10^7$ Дж/кг, плотность природного газа 0,75 кг/м³. Ответ дайте в Дж/кг·°С и округлите до целых.

Возможное решение:

Выразим количество теплоты, выделяемое в ходе сгорания природного газа за 1 час:

$$Q = q_{\text{газа}} V_{\text{газа}} \rho_{\text{газа}}$$

Всё это количество теплоты пойдёт на нагрев дома:

$$Q = c_{\text{дома}} m_{\text{дома}} \Delta T$$

откуда выразим среднюю удельную теплоёмкость дома:

$$c_{\text{дома}} = \frac{q_{\text{газа}} V_{\text{газа}} \rho_{\text{газа}}}{m_{\text{дома}} \Delta T} \approx 100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

4. (18 баллов) Чугунный кубик вывели на орбиту Венеры и расположили так, что только одна его грань освещена Солнцем. На таком расстоянии от Солнца каждый квадратный метр абсолютно чёрного тела, расположенного перпендикулярно направлению солнечных лучей, поглощает 2600 Вт солнечной энергии; при этом каждый квадратный метр абсолютно чёрного тела излучает тепловую энергию по закону: $N = \sigma \cdot T^4$, где N – выделяемая мощность в ваттах, T – температура в кельвинах, $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{К}^{-4}$. Определите, до какой температуры нагреется кубик. Ответ дайте в градусах Цельсия и округлите до целых.

Возможное решение:

Чугунный кубик будет поглощать тепловую энергию только одной своей гранью, при этом излучать он будет всеми гранями. При нагреве до искомой температуры вся поглощаемая мощность будет излучаться:

$$6 \cdot \sigma T^4 = N_{\text{погл}}$$

Откуда выразим температуру и переведём в градусы Цельсия:

$$T = \sqrt[4]{\frac{N_{\text{погл}}}{6\sigma}} \approx 296 \text{ К} = 23^\circ\text{C}$$