

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

**8 класс**

**Вариант 2**

**1. (15 баллов)** К сосуду, в котором находится смесь воды и льда в соотношении 1:4 соответственно, прикладывают количество теплоты, такое, что ко времени  $t$  смесь получает  $Q(t) = 1,5 \cdot t^2$  Дж. Найдите время, за которое вся смесь испарится, если её масса 2 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. (25 баллов)** Каким должен быть зазор между пятидесятиметровыми рельсами, чтобы при нагреве с 20 до 50 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/м<sup>3</sup>, один метр рельса весит 65 кг. Ответ выразите в миллиметрах и округлите до целых.

**3. (20 баллов)** Газовый котёл сжигает 1 м<sup>3</sup> природного газа за 1 час, при этом температура стен дома повышается с 20 до 21 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/м<sup>3</sup>. Ответ дайте в Дж/кг·°С и округлите до целых.

**4. (20 баллов)** Чугунный кубик вывели на орбиту Марса 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 600 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<sup>-4</sup>. Определите, до какой температуры нагреется кубик. Ответ дайте в градусах Цельсия и округлите до целых.

**5. (20 баллов)** Современный электрокар с одним пассажиром расходует 62 кВт·ч энергии при перемещении на 425 км, а современный троллейбус имеет двигатель мощностью 180 кВт и перевозит до 115 пассажиров со скоростью 40 км/ч. Оцените отношение энергии, затраченной на перемещение одного пассажира в троллейбусе на расстояние 100 км к энергии, затраченной на перемещение одного пассажира в электрокаре на то же расстояние. Ответ округлите до десятых долей.

## Решение варианта 2

**1. (15 баллов)** К сосуду, в котором находится смесь воды и льда в соотношении 1:4 соответственно, прикладывают количество теплоты, такое, что ко времени  $t$  смесь получает  $Q(t) = 1,5 \cdot t^2$  Дж. Найдите время, за которое вся смесь испарится, если её масса 2 кг. Удельная теплоёмкость воды  $4200 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$ , удельная теплота плавления льда  $3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$ , удельная теплота парообразования воды  $2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$ . Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

**Возможное решение:**

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

$$Q = 1,5\tau^2 = m_{\text{л}}\lambda_{\text{л}} + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})c_{\text{в}}\Delta T + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})r_{\text{в}}$$

откуда выразим  $\tau$ :

$$\tau = \sqrt{\frac{m_{\text{л}}\lambda_{\text{л}} + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})c_{\text{в}}\Delta T + (m_{\text{в}} + m_{\text{л}})r_{\text{в}}}{1,5}} \approx 1997 \text{ с} \approx 33 \text{ мин}$$

**Критерии оценки:**

Записаны выражения для нагрева, плавления и испарения – 3 балла за каждое.

Верно составлено уравнение теплового баланса – 3 балла.

Верно посчитан числовой ответ – 3 балла.

**2. (25 баллов)** Каким должен быть зазор между пятидесятиметровыми рельсами, чтобы при нагреве с 20 до 50 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  $20^\circ\text{C}$   $7850 \text{ кг/м}^3$ , один метр рельса весит 65 кг. Ответ выразите в миллиметрах и округлите до целых.

**Возможное решение:**

Увеличение длины рельса при нагреве на  $\Delta T$  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  $\Delta l$ :

$$\Delta l = l \cdot k \cdot \Delta T - l \approx 18 \text{ мм}$$

**Критерии оценки:**

Верно записано выражение для изменения длины рельса – 10 баллов.

Верно записано условие заполнения зазора – 10 баллов (без обоснования увеличения рельса в обе стороны – 5 баллов).

Верно посчитан численный ответ – 5 баллов.

**3. (20 баллов)** Газовый котёл сжигает  $1 \text{ м}^3$  природного газа за 1 час, при этом температура стен дома повышается с 20 до 21 градусов Цельсия. Определите среднюю удельную теплоёмкость дома массой 50 т без учёта потерь и нагрева воздуха. Удельная теплота сгорания природного газа  $4 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$ , плотность природного газа  $0,75 \text{ кг/м}^3$ . Ответ дайте в  $\text{Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$  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:

$$c_{\text{дома}} = \frac{q_{\text{газа}} V_{\text{газа}} \rho_{\text{газа}}}{m_{\text{дома}} \Delta T} \approx 600 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$$

**Критерии оценки:**

Верно записано выражение для количества теплоты, выделенного в ходе сгорания топлива – 7 баллов.

Верно составлено выражение для количества теплоты, полученного домом – 3 балла.

Верно составлено уравнение теплового баланса и выражена удельная теплоёмкость дома – 7 баллов.

Верно посчитан численный ответ – 3 балла.

**4. (20 баллов)** Чугунный кубик вывели на орбиту Марса 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 600 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:

$$T = \sqrt[4]{\frac{N_{\text{погл}}}{6\sigma}} \approx 205 \text{ К} = -68^\circ\text{C}$$

**Критерии оценки:**

Верно составлено уравнение баланса поглощённой и излучаемой энергии – 12 баллов (без учёта соотношения поглощающей и излучающей площадей 6 баллов).

Верно выражена искомая температура – 4 балла.

Верно посчитан численный ответ – 4 балла.

**5. (20 баллов)** Современный электрокар с одним пассажиром расходует 62 кВт·ч энергии при перемещении на 425 км, а современный троллейбус имеет двигатель мощностью 180 кВт и перевозит до 115 пассажиров со скоростью 40 км/ч. Оцените отношение энергии, затраченной на перемещение одного пассажира в троллейбусе на расстояние 100 км к энергии, затраченной на перемещение одного пассажира в электрокаре на то же расстояние. Ответ округлите до десятых долей.

**Возможное решение:**

Выразим количество тепловой энергии, необходимое для перемещения одного пассажира электрокара на  $S = 100$  км, если на 425 км он расходует  $Q$  кВт·ч:

$$Q_1 = Q \frac{S}{S_{425}}$$

Выразим количество энергии, необходимое для перемещения одного пассажира троллейбуса на 100 км со скоростью  $v$ , если двигатель имеет мощность  $N$ :

$$Q_2 = \frac{N \frac{S}{v}}{115}$$

Составим отношение:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\frac{N \frac{S}{v}}{115}}{Q \frac{S}{S_{425}}} \approx 0,27$$

**Критерии оценки:**

Верно выражено количество тепловой энергии в случае с электрокаром – 6 баллов.

Верно выражено количество тепловой энергии в случае с троллейбусом – 6 баллов.

Верно составлено отношение энергий – 4 балла..

Верно посчитан численный ответ – 4 балла.