

**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 1

1. **(15 баллов)** Сосуд со смесью воды и льда в соотношении 1:1 получает к моменту времени t количество теплоты, равное $Q(t) = 1,25 \cdot t^2$. 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. **(25 баллов)** Ртутный термометр состоит из резервуара, в котором находится 1 грамм ртути, и капилляра диаметром 0,06 мм. До какой максимальной температуры можно проградуировать термометр, если его начальная отметка 30°С, а длина капилляра 50 мм? Коэффициент температурного расширения (показывающий, во сколько раз будет отличаться объём тела после нагрева на 1 К) ртути $1,82 \cdot 10^{-4} \text{ К}^{-1}$, плотность ртути при 30°С 13521 кг/м³. Ответ дайте в градусах Цельсия и округлите до десятых.

3. **(20 баллов)** Двигатель автомобиля массой 138 кг во время прогрева при -10°С расходует 1 литр бензина в час. Определите среднюю удельную теплоёмкость двигателя, если за 5 минут он достигает температуры 40°С. Удельная теплота сгорания бензина $4,6 \cdot 10^7$ Дж/кг, плотность бензина 750 кг/м³. Ответ дайте в Дж/кг·°С и округлите до целых.

4. **(20 баллов)** Чугунный кубик вывели на орбиту Земли 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 1300 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.

5. **(20 баллов)** Современный электрокар расходует 62 кВт·ч энергии при перемещении на 425 км, при этом для производства 1 кВт·ч энергии на электростанции сжигается 500 граммов угля. Оцените отношение тепловой энергии, затраченной на перемещения автомобиля с расходом бензина 6 литров на 100 км, к тепловой энергии, затраченной на перемещение электрокара на то же расстояние. Удельная теплота сгорания угля $3,6 \cdot 10^7$ Дж/кг, удельная теплота сгорания бензина $4,6 \cdot 10^7$ Дж/кг, плотность бензина 750 кг/м³. Ответ округлите до сотых.

**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 4

1. (28 баллов) В железное ведро массой 1,7 кг и ёмкостью 15 л, доверху наполненное водой при температуре 26°C вливают 3,5 кг расплавленной стали при температуре плавления (1400°C). Удельная теплоёмкость стали $500\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Удельная теплоёмкость воды $4190\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$. Удельная теплота парообразования воды $2,26\text{ МДж}/\text{кг}$. Плотность воды $1000\text{ кг}/\text{м}^3$. Плотность стали при температуре плавления $7830\text{ кг}/\text{м}^3$. Удельная теплота плавления стали $80\text{ кДж}/\text{кг}$. Найти, какая часть первоначального количества воды превратится в пар?

2. (12 баллов) В автобусе электронное табло показывает температуру на улице $+5^{\circ}\text{C}$ и в салоне — ($+18^{\circ}\text{C}$). Определите показания термометра в салоне, если температура на улице станет (-5°C)? Уровень работы печки не регулируется. Температуру охлаждающей жидкости для двигателя считать равной в среднем 85°C .

3. (16 баллов) На невесомом рычаге уравновешены два сплошных стеклянных шара. Отношение радиусов шаров равно 2. Большой шар располагается на расстоянии от оси вращения d и погружён в глицерин полностью. Малый шар располагается на расстоянии $5d$ и погружен в неизвестную жидкость на половину своего объёма. Определите плотность этой жидкости. Плотность стекла $2500\text{ кг}/\text{м}^3$, плотность глицерина $1250\text{ кг}/\text{м}^3$.

4. (20 баллов) В паспорте автомобиля указана максимальная разрешённая скорость для транспортного средства $175\text{ км}/\text{ч}$. Также там указана и мощность двигателя 108 л. с. ($1\text{ л. с.} = 0,735\text{ кВт}$). При оптимальной скорости движения в $80\text{ км}/\text{ч}$ расход топлива 54 л на 725 км . Удельная теплота сгорания бензина равна $45\text{ МДж}/\text{кг}$. Плотность бензина $735\text{ кг}/\text{м}^3$. Определите, какой путь может проделать автомобиль на предельной разрешённой скорости, заправленный указанным выше бензином при объёме бака 55 литров , если считать что сила сопротивления воздуха возрастает прямо пропорционально скорости движения.

5. **(24 балла)** Резистор для регулировки силы тока представляет собой две стеклянные трубки разного диаметра, сваренные между собой так, чтобы между ними могла находиться, не выливаясь, ртуть. Диаметры трубок отличаются в $N=4$ раза. С обоих концов трубки закрыты поршнями, к которым подсоединены электроды. При вдвигании поршня в трубку слева, он давит на ртуть и заставляет столбик передвигаться вправо, оказывая давление и отодвигая правый поршень. Если вдвигать в трубку правый поршень, то ртуть передвинется влево и отодвинет левый электрод с поршнем. Во сколько раз можно изменить сопротивление ртути в такой системе? В начальный момент времени ртуть сосредоточена только в толстой трубке и её длина составляет 5 см. Длина тонкой трубки равна 88 см. Размером места спайки трубок и толщиной поршней пренебречь.

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

Ситуационная задача

Вариант – 1

При литье может возникать ситуация, когда в литевой форме окажется вода. При соприкосновении с жидким металлом, масса которого намного больше массы воды, последняя исключительно быстро разогревается и испаряется, разбрасывая жидкий металл в стороны.

Определите опасное количество воды в глубокой литевой форме, в которую быстро выливают 1,5 литра расплавленного алюминия. Опасным считается количество воды, способное запасти в газообразной форме достаточно энергии для выброса половины алюминия со скоростью 5 м/с.

Решение:

1. Массы выбрасываемого алюминия

Зная заданный объём и плотность алюминия находим массу:

$$\rho_A = 2.7 \frac{\text{кг}}{\text{л}}$$

$$V_A = 15 \text{ л}$$

$$M = V_A \cdot \rho_A = 2.7 \cdot 15 = 40.5 \text{ кг}$$

Поскольку по условию выбрасывается половина алюминия, то интересующая нас масса равна:

$$M_A = \frac{M}{2} = \frac{40.5}{2} = 20.25 \text{ кг}$$

2. Определяем кинетическую энергию выбрасываемого алюминия:

$$E_A = \frac{M_A \cdot V_A^2}{2} = \frac{20.25 \cdot 15^2}{2} = 2278 \text{ Дж}$$

Энергию алюминию для движения передаёт горячий водяной пар.

Энергия пара, это та энергия, которая была сообщена воде для её нагрева до температуры кипения, теплота испарения, а также энергия, необходимая для нагрева водяных паров до температуры расплавленного алюминия. В общем виде энергию паров можно записать следующим образом:

$$E_{\Pi} = Q_{\text{нагр.воды}} + Q_{\text{испарения}} + Q_{\text{нагр.паров}}$$

$$Q_{\text{нагр.воды}} = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}})$$

Где: c_B – теплоёмкость воды

M_B - масса воды

$T_{\text{кип.}}$ – температура кипения воды

$T_{\text{комн.}}$ – комнатная температура (начальная температура воды)

$$Q_{\text{испарения}} = M_B \cdot r_B$$

r_B – теплота испарения воды

$$Q_{\text{нагр.паров}} = c_{\Pi} \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

Где: c_{Π} – теплоёмкость водяного пара

T_A – температура расплавленного алюминия

$T_{\text{кип.}}$ – температура кипения воды

$$E_{\Pi} = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + M_B \cdot r_B + c_{\Pi} \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

Из вышесказанного очевидно, что:

$$E_A = E_{\Pi}$$

$$E_A = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + M_B \cdot r_B + c_{\Pi} \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

$$E_A = M_B \cdot [c_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + r_B + c_{\Pi} \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})]$$

Из последней формулы выразим массу воды:

$$M_B = \frac{E_A}{c_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + r_B + c_{\Pi} \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})}$$

$$M_B = \frac{2278}{4200 \cdot (100 - 20) + 2260 \cdot 10^3 + 2.04 \cdot (660 - 100)}$$

$$M_B = 8.773 \cdot 10^{-4} \text{ кг}$$

$$M_B \approx 0.9 \text{ г}$$

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

Ситуационная задача

Вариант – 2

При литье может возникать ситуация, когда в литейной форме окажется вода. При соприкосновении с жидким металлом, масса которого намного больше массы воды, последняя исключительно быстро разогревается и испаряется, разбрасывая жидкий металл в стороны. Опасным считается количество воды, способное запасти в газообразной форме достаточно энергии для выброса половины алюминия со скоростью 5 м/с.

Определите, насколько необходимо перегреть алюминий для компенсации данных потерь тепла, если в глубокую литейную форму быстро выливают 1,5 литра расплавленного алюминия.

Решение:

Тепловую энергию вода берёт из алюминия. Определим, на сколько должен быть перегрет алюминий, чтобы скомпенсировать тепло, отданное воде, без учёта повышения температуры алюминия выше температуры плавления.

Тепловые потери в данном случае это и есть энергия пара, то есть энергия, которая была сообщена воде для её нагрева до температуры кипения, теплота испарения, а также энергия, необходимая для нагрева водяных паров до температуры расплавленного алюминия. В общем виде энергию паров можно записать следующим образом:

$$E_{\text{п}} = Q_{\text{нагр.воды}} + Q_{\text{испарения}} + Q_{\text{нагр.паров}}$$

$$Q_{\text{нагр.воды}} = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}})$$

Где: c_B – теплоёмкость воды

M_B – масса воды

$T_{\text{кип.}}$ – температура кипения воды

$T_{\text{комн.}}$ – комнатная температура (начальная температура воды)

$$Q_{\text{испарения}} = M_B \cdot r_B$$

r_B – теплота испарения воды

$$Q_{\text{нагр.паров}} = c_{\text{п}} \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

Где: $c_{\text{п}}$ – теплоёмкость водяного пара

T_A – температура расплавленного алюминия

$T_{\text{кип.}}$ – температура кипения воды

$$E_{\text{п}} = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + M_B \cdot r_B + c_{\text{п}} \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

Энергия, которую отдаёт алюминий, можно оценить по формуле:

$$E'_A = c_a \cdot M_A \cdot \Delta T$$

Где: c_a – теплоёмкость жидкого алюминия,

ΔT – перегрев алюминия свыше температуры плавления

M_A – масса алюминия

$$E'_A = E_{\text{п}}$$

$$c_a \cdot M_A \cdot \Delta T = c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + M_B \cdot r_B + c_{\text{п}} \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})$$

Откуда перегрев алюминия:

$$\Delta T = \frac{c_B \cdot M_B \cdot (T_{\text{кип.}} - T_{\text{комн.}}) + M_B \cdot r_B + c_{\text{п}} \cdot M_B \cdot (T_A - T_{\text{кип.}})}{c_a \cdot M_A}$$

Кроме того, можно заметить, что числитель равен кинетической энергии выбрасываемого алюминия E_A . Масса всего алюминия:

$$M = V_A \cdot \rho_A = 2.7 \cdot 15 = 40.5 \text{ кг}$$

Поскольку по условию выбрасывается половина алюминия, то интересующая нас масса равна:

$$M_A = \frac{M}{2} = \frac{40.5}{2} = 20.25 \text{ кг}$$

2 Определяем кинетическую энергию выбрасываемого алюминия:

$$E_A = \frac{M_A \cdot V_A^2}{2} = \frac{20.25 \cdot 15^2}{2} = 2278 \text{ Дж}$$

Поэтому перегрев можно записать как:

$$\Delta T = \frac{E_A}{c_a \cdot M_A}$$

$$\Delta T = \frac{2278}{1.09 \cdot 10^3 \cdot 20.25} = 0.103 \text{ градуса}$$