

**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 $500\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Удельная теплоёмкость воды $4190\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. 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.

Решение варианта 4

1. (28 баллов) В железное ведро массой 1,7 кг и ёмкостью 15 л, доверху наполненное водой при температуре 26° С вливают 3,5 кг расплавленной стали при температуре плавления (1400° С). Удельная теплоёмкость стали 500 Дж/(кг·К). Удельная теплоёмкость воды 4190 Дж/(кг·К). Удельная теплота парообразования воды 2,26 МДж/кг. Плотность воды 1000 кг/м³. Плотность стали при температуре плавления 7830 кг/м³. Удельная теплота плавления стали 80 кДж/кг. Найти, какая часть первоначального количества воды превратится в пар?

Решение задачи 1

Дано:

$$m_{\text{ведра}}=1,7 \text{ кг}$$

$$V_{\text{ведра}}=15 \text{ л}$$

$$t_{\text{н}}=26^{\circ}\text{C}$$

$$m_{\text{с}}=3,5 \text{ кг}$$

$$t_{\text{пл}}=1400^{\circ}\text{C}$$

$$c_{\text{с}}=500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$$

$$c_{\text{в}}=4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$$

$$\rho_{\text{с}}=7830 \text{ кг/м}^3$$

$$r=2,26 \text{ МДж/кг}$$

$$\rho_{\text{в}}=1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{воды}}}=?$$

1 Вариант решения.

Решение: не вызывает сомнения, что расплавленная сталь должна нагреть ведро и воду в нём. Часть воды выльется. Сама сталь отвердеет, и её температура станет такой же, как и температура воды с ведром. Найдем эту температуру:

$$m_{\text{ведра}} \cdot c_{\text{с}} \cdot (\theta - t_{\text{н}}) + \rho_{\text{в}} \left(V_{\text{ведра}} - \frac{m_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}} \right) \cdot c_{\text{в}} \cdot (\theta - t_{\text{н}}) = \lambda m_{\text{с}} + c_{\text{с}} m_{\text{с}} (t_{\text{пл}} - \theta)$$

$$\theta = \frac{m_{\text{с}} \rho_{\text{ж}} (\lambda + c_{\text{с}} t_{\text{пл}}) + t_{\text{нач}} (m_{\text{вед}} c_{\text{с}} \rho_{\text{с}} + \rho_{\text{с}} \rho_{\text{в}} V_{\text{вед}} c_{\text{в}} - \rho_{\text{в}} c_{\text{с}} m_{\text{с}})}{m_{\text{вед}} c_{\text{с}} \rho_{\text{с}} + \rho_{\text{с}} \rho_{\text{в}} c_{\text{в}} V_{\text{вед}} - \rho_{\text{в}} c_{\text{с}} m_{\text{с}} + c_{\text{с}} m_{\text{с}} \rho_{\text{ж}}}$$

Ответ: установившаяся температура будет $\Theta=78^{\circ}\text{C}$, поэтому испарившейся частью воды можно пренебречь, доля испарившейся воды равно 0.

2 Вариант решения.

Решение: если ученик сразу предположил, что часть воды должна превратиться в пар, то тогда

$$m_{\text{ведра}} c_{\text{ж}} (\theta - t_{\text{н}}) + \rho_{\text{в}} \left(V_{\text{ведра}} - \frac{m_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}} \right) c_{\text{в}} (\theta - t_{\text{н}}) + r m_{\text{п}} = \lambda m_{\text{с}} + c_{\text{с}} m_{\text{с}} (t_{\text{пл}} - \theta)$$

$$r m_{\text{п}} = \lambda m_{\text{с}} + c_{\text{с}} m_{\text{с}} (t_{\text{пл}} - \theta) - m_{\text{ведра}} c_{\text{с}} (\theta - t_{\text{н}}) - \rho_{\text{в}} \left(V_{\text{ведра}} - \frac{m_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}} \right) c_{\text{в}} (\theta - t_{\text{н}})$$

$$\frac{m_{\text{п}}}{\rho_{\text{в}} V_{\text{вед}}} = \frac{\lambda m_{\text{с}} + c_{\text{с}} m_{\text{с}} (t_{\text{пл}} - \theta) - m_{\text{ведра}} c_{\text{с}} (\theta - t_{\text{н}}) - \rho_{\text{в}} \left(V_{\text{ведра}} - \frac{m_{\text{с}}}{\rho_{\text{с}}} \right) c_{\text{в}} (\theta - t_{\text{н}})}{r \rho_{\text{в}} V_{\text{вед}}}$$

Очевидно, что результат этой дроби будет отрицательный, что говорит о том, что в основном пар не выделится.

Критерии оценивания задачи 1.

№ п/п	Содержание критерия	Баллы, соответствующие этому критерию.
1.	Верно записано условие задачи	2
2.	Верно выполнен перевод единиц в СИ	1
3.	Учтено, что часть воды из ведра выльется при наливании железа.	3
4.	Верно составлено уравнение теплового баланса (в любом из двух видов).	6
5.	Есть решение в общем виде.	8
6.	Получен верный численный ответ	5

7.	Отмечено, что при контакте с раскалённым металлом часть воды испарится.	2
8.	Объяснено, что долей испарившейся воды можно пренебречь	4
		Итого: 28

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 .

Решение задачи 2

<p>Дано: $t_{y1}=5^\circ\text{C}$ $t_{c1}=18^\circ\text{C}$ $t_{y2}=-5^\circ\text{C}$ $t_{ж}=85^\circ\text{C}$ $t_{c2}=?$</p>	<p>Вариант решения. Решение: разница температур пропорциональна теплоотдаче, а количество теплоты полученное от охлаждающей жидкости равно количеству теплоты, вышедшему из салона автобуса на улицу: $Q_1=Q_2$ Введём коэффициент пропорциональности k: $(t_{ж} - t_{c1}) = (t_{c1} - t_{y1})k$ Очевидно, что при изменении температуры элементов этой системы, но не меняя самой системы, получим, что коэффициент теплопередачи сохранится. Тогда $(t_{ж} - t_{c2}) = (t_{c2} - t_{y2})k$ $k = \frac{t_{ж}-t_{c1}}{t_{c1}-t_{y1}}; k = \frac{t_{ж}-t_{c2}}{t_{c2}-t_{y2}}; \frac{t_{ж}-t_{c1}}{t_{c1}-t_{y1}} = \frac{t_{ж}-t_{c2}}{t_{c2}-t_{y2}}; t_{c2} = \frac{t_{ж}(t_{c1}-t_{y1})-t_{y2}(t_{ж}-t_{c1})}{t_{ж}-t_{y1}}; t_{c2} = 9,6^\circ\text{C}$ Ответ: температура в салоне будет $+10^\circ\text{C}$, когда температура на улице опустится до -5°C.</p>
---	---

Критерии оценивания задачи 2.

№ п/п	Содержание критерия	Баллы, соответствующие этому критерию.
1.	Верно записано условие и поставлен вопрос задачи	1
2.	Написано, что количество теплоты, переданное салону от охлаждающей жидкости равно количеству теплоты, переданное салоном автобуса улице.	1
3.	Учтено, что разность температур при переходе тепла пропорциональна теплоотдаче.	2
4.	Верно составлено уравнение для каждого из случаев	По 1 баллу за каждое
5.	Есть решение в общем виде.	3
6.	Получен верный численный ответ	2
7.	Проведено верное округление.	1
		Итого: 12

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 кг/м^3 , плотность глицерина 1250 кг/м^3 .

Решение задачи 3

<p>Дано: $\rho_{ст}=2500 \text{ кг/м}^3$ $\rho_{г}=1250 \text{ кг/м}^3$ $l_6=d$ $l_M=5d$ $\frac{r_6}{r_M} = 2$ $\rho_{ж} \text{ — ?}$</p>	<p>Вариант решения. Решение: Согласно правилу равновесия рычага $F_6 l_6 = F_M l_M$; $(m_6 g - \rho_{г} g V_6) l_6 = (m_M g - 0,5 \rho_{ж} g V_M) l_M$ $(m_6 - \rho_{г} V_6) l_6 = (m_M - 0,5 \rho_{ж} V_M) l_M$ $\rho_{ж} = 2 \rho_{ст} - 2(\rho_{ст} - \rho_{г}) \left(\frac{r_6}{r_M}\right)^3 \frac{l_6}{l_M}$; $\rho_{ж} = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ Ответ: плотность жидкости, в которую погружён малый шар равна 1000 кг/м^3, значит, он погружён в воду.</p>
---	---

Критерии оценивания задачи 3.

№ п/п	Содержание критерия	Баллы, соответствующие этому критерию.
1.	Верно записано условие и поставлен вопрос задачи	1
2.	Верно написано условие равновесия рычага.	3
3.	Учтена сила Архимеда	3
4.	Верно учтено, что малый шар погружён наполовину	3
5.	Есть решение в общем виде.	3
6.	Получен верный численный ответ	2
7.	Проведено верное опознавание жидкости по плотности.	1
Итого: 16		

4. (20 баллов) В паспорте автомобиля указана максимальная разрешённая скорость для транспортного средства 175 км/ч . Также там указана и мощность двигателя 108 л. с. ($1 \text{ л. с.} = 0,735 \text{ кВт}$). При оптимальной скорости движения в 80 км/ч расход топлива 54 л на 725 км . Удельная теплота сгорания бензина равна 45 МДж/кг . Плотность бензина 735 кг/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.

Решение задачи 4

<p>Дано: $v_{max}=175 \text{ км/ч}$ $N=108 \text{ л. с.}$ $v=80 \text{ км/ч}$ $V=54 \text{ л}$ $l=725 \text{ км}$ $q=45 \text{ МДж/кг}$ $V_0=55 \text{ л}$ $F \sim v$ $l_0 \text{ — ?}$</p>	<p>Вариант решения. Решение: по условию $F_{max} = kv_{max}$; $F = kv$; $\frac{F_{max}}{F} = \frac{v_{max}}{v}$; $N = \frac{Q}{t} \eta = \frac{qm\eta}{t} = \frac{q\rho V\eta}{t}$; $N = Fv$; $Fv = \frac{q\rho V\eta}{t}$; $F = \frac{q\rho V\eta}{l}$; $F_{max} = \frac{q\rho V_0\eta}{l_0}$; $\frac{q\rho V_0\eta}{l_0} = \frac{q\rho V\eta}{l} \frac{v_{max}}{v}$; $\frac{V_0}{l_0} = \frac{V}{l} \frac{v_{max}}{v}$; $l_0 = \frac{lV_0v}{Vv_{max}} = 337 \text{ км}$. Ответ: при скорости 175 км/ч и сопротивлению движению, пропорциональному скорости, автомобиль проедет только 337 км.</p>
---	--

Критерии оценивания задачи 4.

№ п/п	Содержание критерия	Баллы, соответствующие этому критерию.
1.	Верно записано условие и поставлен вопрос задачи	1
2.	Верно написано условие зависимости силы сопротивления от скорости	За каждый по 2
3.	Выведено соотношение между силами сопротивления и мощностями.	2
4.	Выведена зависимость мощности от расхода топлива и времени движения	3
5.	Выведена зависимость силы сопротивления от пути	4
6.	Получена зависимость между путём при низкой и высокой скоростях	5
7.	Получен верный численный ответ	1
		Итого: 20

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.

Решение задачи 5

<p>Дано: $L=5$ см $l=88$ см $\frac{D}{d} = N = 4$</p> <hr/> <p>$\frac{R_{max}}{R_{min}} ?$</p>	<p>Вариант решения.</p> <p>Решение: ртуть не сжимаема, поэтому $V_1 = V_2$; $S_1 l_1 = S_2 L_2$; $\frac{\pi d^2}{4} l_1 = \frac{\pi D^2}{4} L_2$</p> $d^2 l_1 = D^2 L_2; l_1 = \frac{D^2}{d^2} L_2; l_1 = N^2 L_2; l_1 = 80$ см, что означает, что ртуть может быть в крайних положениях или только в толстой или только в тонкой трубке. $\frac{R_{max}}{R_{min}} = \frac{\frac{\rho l_1}{S_1}}{\frac{\rho L_2}{S_2}} = \frac{N^2}{\frac{1}{N^2}} = N^4 = 256$ <p>Ответ: в таких трубках сопротивление можно менять в 256 раз.</p>
---	--

Критерии оценивания задачи 5.

№ п/п	Содержание критерия	Баллы, соответствующие этому критерию.
1.	Верно записано условие и поставлен вопрос задачи	2
2.	Верно сформулировано и написано условие несжимаемости ртути	За каждый по 2
3.	Записано соотношение зависимости сопротивления от геометрических параметров проводника.	4
4.	Найдено, что ртуть в крайних положениях может быть полностью только в левой или только в правой трубке.	4
5.	Есть решение в общем виде	7
6.	Получен верный численный ответ	3
		Итого: 24